



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA RADIOELECTRÓNICA

DISEÑO DE UNA UNIDAD PARA DOCENCIA SOBRE EL CONTROL DE NIVEL EN DEPÓSITO

Gonzalo Porro Castro

Tutores:

Prof. Dr. Carlos Corrales Alba

Prof. Dr. Joaquín Moreno Marchal

Escuela de Ingenierías Marinas, Náutica y Radioelectrónica

Julio 2022

AGRADECIMIENTOS

A Agustín Carmona Lorente, por su ayuda desinteresada y aguantarme casi todas las semanas.

A mis tutores Carlos Corrales Alba y Joaquín Moreno Marchal por guiarme en este proyecto, sobre todo a Carlos por su continua ayuda.

Y en especial a mis padres y familia por la paciencia durante todo este tiempo, que gracias a ellos he logrado conseguir finalizar mis estudios.

DISEÑO DE UNA UNIDAD PARA DOCENCIA SOBRE EL CONTROL DE NIVEL EN DEPÓSITO

RESUMEN

En este trabajo se ha realizado el diseño y la automatización de una unidad para la docencia sobre el control de nivel en un depósito, y así poder realizar operaciones de control tipo manual, todo/nada y PID. Todo ello se ha llevado a cabo mediante un autómatas programable con su correspondiente software de programación, así como un SCADA para supervisar y controlar todo el sistema en tiempo real.

DESIGN OF A UNIT FOR TEACHING ON LEVEL CONTROL IN A TANK

ABSTRACT

In this work, the design and automation of a unit for teaching level control in a tank has been carried out, and this be able to carry out manual, all nothing and PID control operations. All this has been carried out by means of a programmable controller with its corresponding programming software, as well as a SCADA to supervise and control the entire system in real time.

INDICE

Contenido

1 OBJETIVO Y COMPETENCIAS ADQUIRIDAS.....	9
1.1 OBJETIVOS	9
1.2 COMPETENCIAS ADQUIRIDAS	9
1.2.1 COMPETENCIAS DE CARÁCTER BÁSICO	9
1.2.2 COMPETENCIAS DE CARÁCTER MARÍTIMO COMÚN	9
1.2.3 COMPETENCIAS DE CARÁCTER ESPECÍFICO	9
2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA A DISEÑAR	10
2.1 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL SISTEMA	11
2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA.....	12
2.3 SISTEMAS DE CONTROL	13
2.3.1 SISTEMA MANUAL	13
2.3.2 SISTEMA TODO/NADA	13
2.3.3 SISTEMA PID	14
2.4 MODELADO DE UN DEPÓSITO.....	14
3 DISEÑO PROPUESTO	15
3.1 ACTUADORES	15
3.1.1 BOMBAS.....	15
3.1.2 VÁLVULAS	18
3.2 DEPÓSITOS	21
3.2.1 DEPÓSITO SUPERIOR	21
3.2.2 DEPÓSITO INFERIOR	22
3.3 TRANSDUCTORES.....	23
3.3.1 SENSOR DE NIVEL	23
3.3.2 CAUDALÍMETRO.....	24
3.4 OTROS ELEMENTOS	25
3.4.1 LÍNEA DE OPERACIÓN.....	25
3.4.2 LÍNEA AUXILIAR.....	26
3.5 INTERFAZ CON EL USUARIO	26
3.6 AUTÓMATA PROGRAMABLE.....	26
3.6.1 MÓDULO TELEMECANIQUE AB17RM2401	26
3.6.2 MÓDULO SCHNEIDER SR3B261BD	27
3.6.3 MÓDULO DE EXTENSIÓN SCHNEIDER SR3XT43BD.....	29

3.7 CONEXIONADO	30
3.7.1 CONEXIONADO CON EL AUTÓMATA PROGRAMABLE	30
3.7.2 TABLA DE CONEXIONADO.....	31
3.7.3 PLANO GENERAL DE CONEXIONADO	33
3.8 GEMMA (Guía de Estudio de los Modos de Marcha y Parada)	34
3.9 GRAFCET.....	36
3.10 SOFTWARE DE CONTROL	38
3.10.1 ACCESO POR CLAVE PARA CALIBRADO POR ORDENADOR DE LOS SENSORES	40
3.10.2 FUNCIONES UTILIZADAS EN EL SOFTWARE ZELIO SOFT 2	41
3.10.3 ENTRADAS Y SALIDAS.....	46
3.11 PUESTA EN MARCHA.....	49
3.12 SELECCIÓN DE LA OPERACIÓN DE CONTROL	53
3.13 OPERACIÓN DE CONTROL MANUAL	54
3.14 OPERACIÓN DE CONTROL PID	54
3.15 OPERACIÓN DE CONTROL TODO/NADA	57
3.16 SENSOR DE NIVEL Y CAUDALÍMETROS	59
3.17 APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS Y BOMBAS	63
3.18 PERTURBACIÓN	63
3.19 VÁLVULA PROPORCIONAL CON ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO	65
3.20 BLOQUE ZCOM	67
3.20.1 ENTRADAS.....	68
3.20.2 SALIDAS	69
3.21 ESTADO DE LAS VÁLVULAS SEGÚN LA OPERACIÓN DE CONTROL	70
3.22 RELÉS TÉRMICOS	70
4 INTERFAZ DE USUARIO	71
5 PRESUPUESTO	82
6. CONCLUSIONES	
7. BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	83
7.1 BIBLIOGRAFÍA.....	84
7.2 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	84

INDICE ILUSTRACIONES

Figura 1. Sistema	10
Figura 2. Diagrama de bloques manual.....	13
Figura 3. Diagrama de bloques Todo o Nada	14
Figura 4. Diagrama de bloques PID	14
Figura 5. Diagrama de bloques.....	15
Figura 6. Bomba de operación RS Pro	16
Figura 7. Adaptador de tensión.....	17
Figura 8. Bomba auxiliar RS Pro	17
Figura 9. Válvula de control proporcional SMC.....	18
Figura 10. Válvula de solenoide EMERSON	19
Figura 11. Válvula eléctrica de bola de latón CWX-15	20
Figura 12. Válvula de bola manual	21
Figura 13. Depósito superior	22
Figura 14. Depósito inferior	22
Figura 15. Sensor de nivel capacitivo Liquicap.....	23
Figura 16. Caudalímetro RS Pro.....	24
Figura 17. Adaptador de 5 mm a 9.525 mm	25
Figura 18. Acoplamiento de compresión de latón	25
Figura 19. Racor neumático SMC	26
Figura 20. Módulo Telemecanique AB17RM2401	27
Figura 21. Módulo Schneider SR3B261BD	28
Figura 22. Módulo de extensión Schneider SR3XT43BD	29
Figura 23. Entradas y salidas del autómatas.....	30
Figura 24. Conexión entre los elementos y el autómatas	31
Figura 25. Plano general de conexión	34
Figura 26. Guía GEMMA	35
Figura 27. Guía GEMMA del proyecto.....	36
Figura 28. GRAFCET del proyecto.....	37
Figura 29. Esquema del programa Zelio Soft 2	39
Figura 30. Transferir programa del pc al módulo.....	40
Figura 31. Seleccionar e incluir contraseña.....	41
Figura 32. Contraseña	41
Figura 33. Entrada botón R/C.....	46
Figura 34. Entrada Botón Pert.....	46
Figura 35. Entrada seta de emergencia.....	47
Figura 36. Entradas de los contactos Relés térmicos.....	47
Figura 37. Entrada sensor de nivel	47
Figura 38. Entradas de los caudalímetros	48
Figura 39. Salida de las bombas	48
Figura 40. Salidas de las válvulas proporcionales con accionamiento manual	48
Figura 41. Salida de la válvula Todo/Nada con accionamiento eléctrico de la línea de operación	49
Figura 42. Salida de la válvula Todo/Nada con accionamiento eléctrico del depósito superior	49
Figura 43. Salida de la válvula proporcional con accionamiento eléctrico	49
Figura 44. Puesta en marcha.....	50
Figura 45. Actuación del sensor de nivel.....	50
Figura 46. Contenido de la macro del sensor de nivel	50

Figura 47. Comparación 1 del sensor de nivel	51
Figura 48. Comparación 2 del sensor de nivel	51
Figura 49. Mensaje M1.....	52
Figura 50. Mensaje M2.....	52
Figura 51. Selección de la operación de control	53
Figura 52. Mensaje M3.....	53
Figura 53. Mensaje M4.....	53
Figura 54. Etapa 5 de la operación PID	54
Figura 55. Mensaje M6.....	54
Figura 56. Opciones durante el llenado	55
Figura 57. Activación de la línea auxiliar en la operación PID.....	55
Figura 58. Activación de relés térmicos	56
Figura 59. Parada de emergencia.....	56
Figura 60. Acciones con el depósito superior lleno	57
Figura 61. Parada de maniobra	57
Figura 62. Operación de control Todo/Nada	57
Figura 63. Opciones durante el llenado del depósito	58
Figura 64. Activación de la línea auxiliar	58
Figura 65. Activación relés térmicos	59
Figura 66. Acciones posibles durante el llenado.....	59
Figura 67. Conexión tipo potenciómetro	59
Figura 68. Ganancias en sensor de nivel y caudalímetros	60
Figura 69. Ganancia del sensor de nivel para el depósito.....	61
Figura 70. Ganancia del caudalímetro C1	61
Figura 71. Ganancia caudalímetro C2	62
Figura 72. Operación dividir para el caudalímetro C2.....	62
Figura 73. Ganancia caudalímetro C3	63
Figura 74. Operación dividir para el caudalímetro C3.....	63
Figura 75. Perturbación.....	64
Figura 76. Macro de la perturbación.....	64
Figura 77. Parámetros de la función CAM	64
Figura 78. Válvula Vpe.....	65
Figura 79. Macro de la válvula Vpe	65
Figura 80. Operación de control Todo/Nada en la válvula Vpe	66
Figura 81. Operación de control PID en la válvula Vpe	66
Figura 82. Parámetros de la función PID.....	67
Figura 83. Ganancia de la válvula Vpe.....	67
Figura 84. Bloque ZCOM.....	68
Figura 85. Activación de la perturbación en ZCOM	68
Figura 86. Activación alarma.....	68
Figura 87. Salidas bloque ZCOM.....	69
Figura 88. Macro del bloque ZCOM	70
Figura 89. Contactos relés térmicos	70
Figura 90. Pantalla principal Z-SCADA.....	72
Figura 91. Configuración comunicación Z-SCADA.....	72
Figura 92. Configuración botones menú Z-SCADA.....	73
Figura 93. Configuración imagen de fondo Z-SCADA	74
Figura 94. Configuración iconos Z-SCADA.....	74

Figura 95. Configuración de los paneles Z-SCADA	75
Figura 96. Configuración de la pantalla Z-SCADA.....	76
Figura 97. Configuración de la alarma Z-SCADA	76
Figura 98. Conectar Z-SCADA	77
Figura 99. Sistema conectado Z-SCADA	77
Figura 100. Ver registros guardados Z-SCADA	78
Figura 101. Registros Z-SCADA	79
Figura 102. Ejemplo 1 Z-SCADA.....	79
Figura 103. Ejemplo 2 Z-SCADA.....	80
Figura 104. Ejemplo 3 Z-SCADA.....	81

INDICE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones bomba de operación RS Pro	16
Tabla 2. Especificaciones Adaptador de tensión.....	17
Tabla 3. Especificaciones bomba auxiliar RS Pro.....	18
Tabla 4. Especificaciones Válvula de control proporcional SMC.....	18
Tabla 5. Especificaciones Válvula de solenoide EMERSON	19
Tabla 6. Especificaciones Válvula eléctrica de bola de latón CWX-15	20
Tabla 7. Especificaciones válvula de bola manual.....	21
Tabla 8. Especificaciones sensor de nivel.....	24
Tabla 9. Especificaciones Caudalímetro RS Pro.....	24
Tabla 10. Tabla de conexionado.....	33
Tabla 11. Funciones utilizadas en Zelio Soft 2.....	45
Tabla 12. Presupuesto.....	83

1 OBJETIVO Y COMPETENCIAS ADQUIRIDAS

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es desarrollar una unidad didáctica de prácticas de carácter académico en la que se pueda trabajar las distintas estrategias (manual, todo/nada o control PID) para el control de nivel en un depósito y que los alumnos puedan realizar las siguientes operaciones:

- Operar manualmente los actuadores eléctricos desde la pantalla del ordenador.
- Visualizar en pantalla los valores de los sensores eléctricos y la situación de los actuadores.
- Calibrado de los sensores.
- Modificación de los parámetros de control desde el ordenador.
- Selección de la estrategia de control.
- Control TODO/NADA mediante la válvula on/off.
- Control PID mediante la válvula proporcional.
- Opción de grabar en archivo los datos de cada experimento.

1.2 COMPETENCIAS ADQUIRIDAS

Seguidamente, se citan las competencias que se han adquirido en este proyecto.

1.2.1 COMPETENCIAS DE CARÁCTER BÁSICO

- **B1:** Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería.
- **B2:** Conocimiento de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la termodinámica y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- **B3:** Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- **B5:** Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica.

1.2.2 COMPETENCIAS DE CARÁCTER MARÍTIMO COMÚN

- **C3:** Conocimiento, utilización y aplicación al buque de los principios de automatismos y métodos de control aplicables al buque.

1.2.3 COMPETENCIAS DE CARÁCTER ESPECÍFICO

- **E1:** Conocimientos en materias fundamentales y tecnológicas, que capaciten para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, así como que doten de una gran versatilidad para adaptarme a nuevas situaciones.

- **E2:** Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos habilidades y destrezas.

- **E5:** Conocimientos para la realización de diseños, reformas, inspecciones, mediciones, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y certificaciones en las instalaciones del ámbito de su especialidad.

- **E7:** Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

- **E13:** Conocimientos y capacidad para calcular, diseñar y proyectar, de acuerdo con el Convenio STCW, esquemas, planos de circuitos, sistemas e instalaciones eléctricas y electrónicas.

- **E15:** Conocimientos y capacidad para calcular, diseñar y proyectar, de acuerdo con el Convenio STCW, normas, especificaciones técnicas de componentes, circuitos y sistemas electrónicos, automatismos.

2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA A DISEÑAR

Se trata de diseñar una unidad didáctica para la experimentación de los sistemas de regulación Manual, Todo/Nada y PID. La cual se representa en la Figura 1.

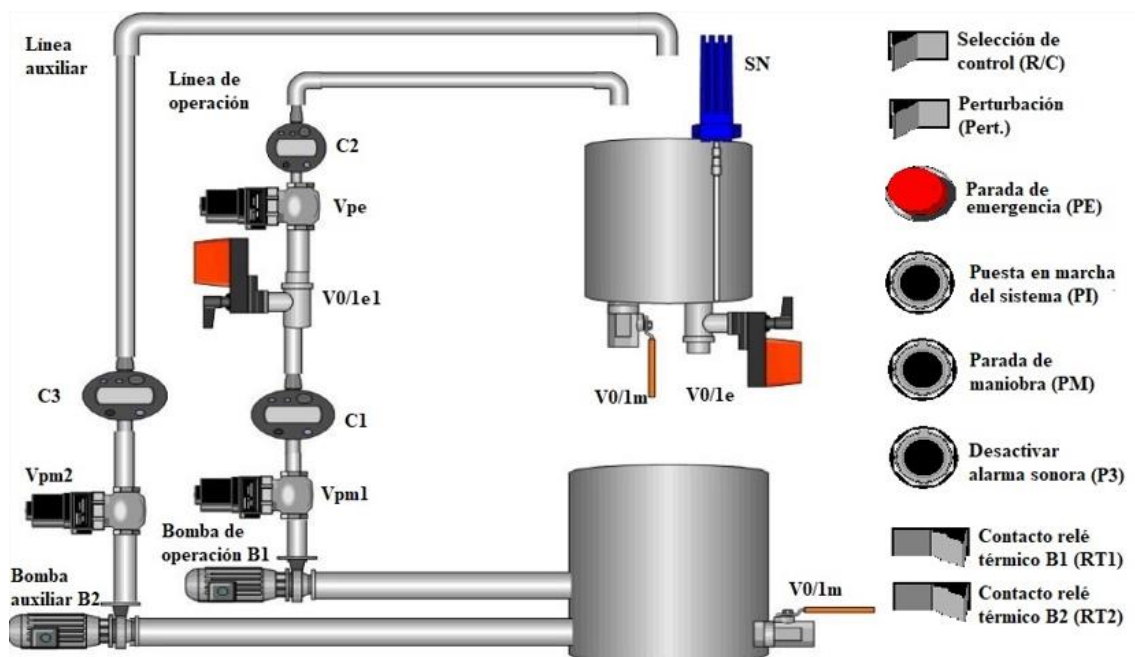


Figura 1. Sistema

Se requiere poder regular y controlar el nivel de líquido de un depósito (depósito superior) a medida que haya un consumo del líquido para mantener el nivel de referencia.

Para ello se cuenta con un depósito que sirve como repositorio (depósito inferior), el cual se irá llenando por gravedad a través del depósito superior.

De este depósito inferior sale la línea de operación y la línea auxiliar, las cuales bombean el líquido desde el depósito inferior al superior mediante bombas y válvulas.

La línea auxiliar se utilizaría en caso de necesidad o emergencia, según la propuesta de prácticas a realizar, para dar una mayor rapidez a este proceso.

El sistema consiste en un regulador que mantenga el nivel del depósito cuando haya perturbaciones (caudal de salida) mediante un caudal de entrada, el cual se regula a través de bombas y válvulas, mediante los distintos sistemas de control explicados más adelante.

2.1 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL SISTEMA

El **depósito superior**, en el cual se hará la acción de control, contará con los siguientes elementos:

- **Sensor de nivel (SN):** será continuo y permite conocer el nivel de líquido en el depósito.
- **Vm:** válvula on/off con accionamiento manual para vaciar el depósito.
- **Ve:** válvula on/off con accionamiento electromagnético para la operación de control Todo/Nada. Ambas válvulas se encuentran situadas en el fondo del depósito.

El **depósito inferior** sirve de repositorio y se situará en la parte baja del montaje. El depósito superior deberá poder desaguar por gravedad sobre este depósito. La aspiración de las bombas estará conectadas a este depósito que cuenta con:

- **Vm:** válvula on/off con accionamiento manual para vaciar el depósito, esta estará situada en un lateral del depósito.

La **línea de operación** principal contará con los siguientes elementos:

- **Bomba de operación:** tendrá un caudal máximo de 2 o 3 L/min para que el depósito se pueda llenar en un mínimo de 5 minutos.
- **Caudalímetro (C):** para medir el caudal con transmisión de señal al equipo de control.
- **Rotámetro (R):** caudalímetro industrial con válvula manual de regulación (Vpm) para la operación manual.
- **Ve:** válvula on/off con accionamiento electromagnético para la operación de control Todo/Nada.
- **Vpe:** válvula proporcional con accionamiento eléctrico para la operación de control PID.

La **línea auxiliar** permitirá un llenado rápido del depósito superior e incluye lo siguiente:

- **Bomba auxiliar:** la segunda bomba se usaría para llenar con mayor rapidez y para reforzar los lazos todo/nada con un segundo actuador. El caudal máximo podría estar sobre tres veces el de la bomba de operación.
- **Rotámetro (R):** con válvula manual de regulación (Vpm) para la operación manual.

Elementos externos:

- **Botón conmutador R/C:** este conmutador servirá para seleccionar la operación de control PID cuando esté activo y la operación Todo/Nada cuando esté inactivo.
- **Botón conmutador Pert:** este conmutador servirá para activar la perturbación ejercida en el sistema.
- **Parada de emergencia PE:** esta seta servirá para hacer una parada de emergencia cuando se detecte algún fallo.
- **Contacto RT1:** este contacto simula el relé térmico de la bomba de operación.
- **Contacto RT2:** este contacto simula el relé térmico de la bomba auxiliar.
- **Pulsador PI:** este pulsador servirá para iniciar el sistema.
- **Pulsador PM:** este pulsador servirá para hacer una parada de maniobra.
- **Pulsador P3:** este pulsador servirá para detener la alarma sonora.

2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA

- Debe incluir un depósito repositario en el que desagüe por gravedad el depósito regulado y, a la vez, sirva de alimentación.
- Volumen depósito superior: 20 litros.
- Dimensión del depósito superior: 50x25x20 cm.
- Volumen depósito inferior: 24 litros.
- Caudal bomba de operación: 2 o 3 l/min.
- Caudal bomba auxiliar: 6 o 9 l/min.
- La altura del depósito en función del sensor de nivel será alrededor de 40cm.
- Tiempo de llenado del depósito regulado (sin consumo) > 5 min.
- Accionamiento del consumo:
 - Manual < 3 l/min
 - Automático < 10 l/min
- Línea de llenado auxiliar del depósito con bomba.
- Medición de:
 - Consumo
 - Caudal de entrada
 - Nivel de depósito
- Estrategias de control:

Manual todo/nada

Automático todo/nada

Automático PID

- Que se puedan almacenar los datos en ordenador.
- Visualización en pantalla de las variables del proceso.
- Selección por ordenador de las estrategias de control.
- Calibrado por ordenador de los sensores.

Con acceso por clave.

- Control por autómatas programables.
- Uso de software SCADA.

2.3 SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control utilizados se estructurarán en tres tipos; uno manual, otro todo o nada y PID.

2.3.1 SISTEMA MANUAL

El sistema de control manual es cuando interviene el hombre sobre el elemento de control, siendo la acción del hombre la que actúa siempre sobre el sistema. En este caso será la acción de la apertura y cierre de las válvulas por parte del alumno.



Figura 2. Diagrama de bloques manual

2.3.2 SISTEMA TODO/NADA

El sistema de control Todo o Nada consiste en aplicar toda la acción posible cuando la señal de error está por debajo de la asignada, y no realizar ninguna acción cuando está por encima.

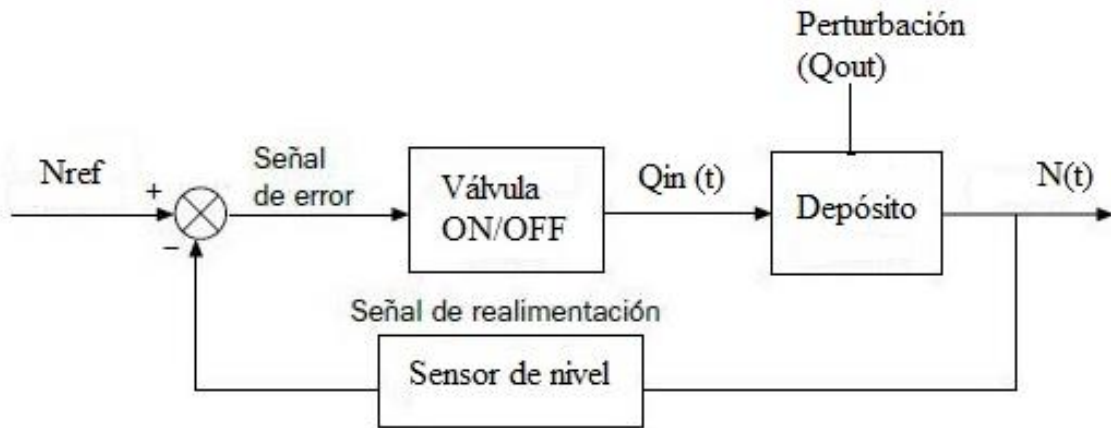


Figura 3. Diagrama de bloques Todo o Nada

2.3.3 SISTEMA PID

El algoritmo de control PID consta de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral y el derivativo. El valor proporcional depende del error actual, el integral depende de los errores pasados y el derivativo es una predicción de los errores futuros. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar el proceso por medio de un elemento de control, en este caso las posiciones de válvulas.

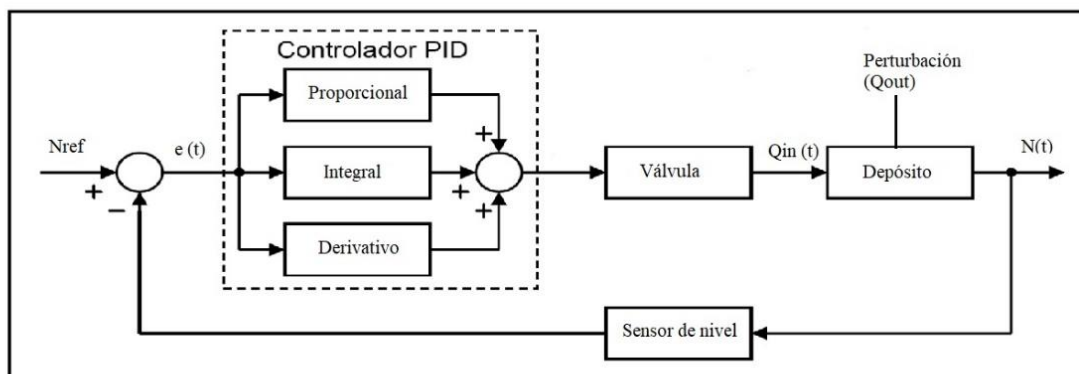


Figura 4. Diagrama de bloques PID

2.4 MODELADO DE UN DEPÓSITO

El ajuste de la ecuación diferencial de evolución en el tiempo de nivel se obtiene teniendo en cuenta que la entrada de caudal disminuye habiendo caudal de salida durante un período de tiempo, y la disminución es equivalente a la cantidad de fluido adicional almacenado en el depósito.

$$K \cdot dN(t) = (q_i - q_o) dt \quad (1)$$

Donde,

N : altura de la columna del líquido en el depósito

q_i : flujo de entrada

q_0 : flujo de salida

dh : diferencial de altura

dt : diferencial de tiempo

K : superficie del depósito

3 DISEÑO PROPUESTO

Para ejecutar la unidad didáctica se propone una arquitectura como la de la figura 5, en la cual se ve representado la interacción entre todos los elementos que intervienen.

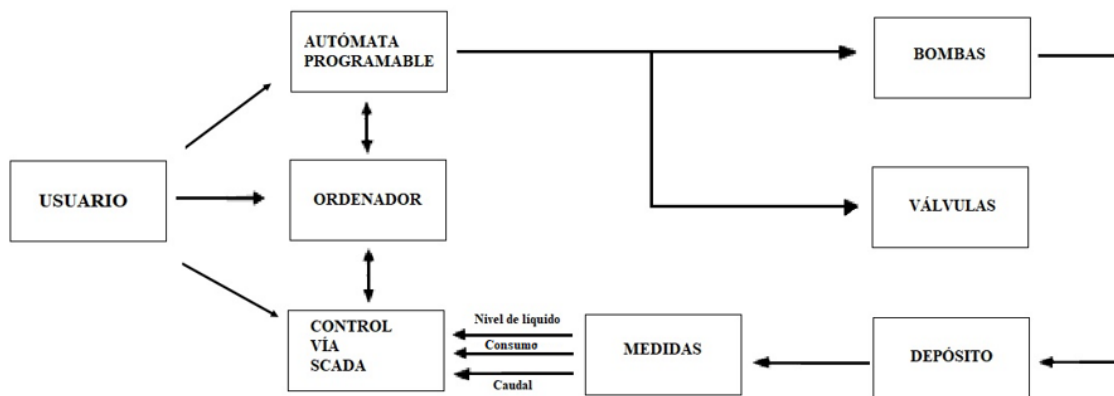


Figura 5. Diagrama de bloques

El usuario (alumno) manejará el sistema mediante el autómata programable, el ordenador y un software SCADA. Al autómata programable, que va conectado al ordenador, se le conectarán todos los elementos como las bombas, válvulas, caudalímetros, sensor de nivel, botones, etc. Las bombas a través de las tuberías hacen llevar el líquido hacia el depósito a regular, donde durante este recorrido y en el propio depósito se tomarán las medidas de caudal, consumo y el nivel de líquido en el depósito.

Todas estas medidas se podrán controlar y regular las válvulas mediante el software Z-SCADA en el ordenador.

3.1 ACTUADORES

A continuación, se expondrá los actuadores escogidos según el diseño propuesto anteriormente.

3.1.1 BOMBAS

El bloque de bombas estará compuesto por dos bombas, una de la línea de operación y otra para la línea auxiliar. Cada una de ellas con unas especificaciones

distintas según el caudal requerido para cada línea. Y servirán para bombear el agua desde el depósito inferior al superior.

3.1.1.1 BOMBA DE OPERACIÓN

La principal característica que debe tener esta bomba es que pueda bombear agua hasta una cantidad de 3 l/m.



Figura 6. Bomba de operación RS Pro

Atributo	Valor
Tasa de Flujo Máxima	2.8l/min
Tensión de Alimentación	12 V
Conexión de Entrada	Tubo de 5 mm
Cabezal Máximo	3.5m
Presión de Funcionamiento Máxima	323 mbar
Material del Cuerpo	Aluminio
Potencia de Entrada	6W
Temperatura Máxima del Líquido	+120°C
Tamaño de la Conexión de Entrada	5mm
Tamaño de Conexión de Salida	5mm
Tipo de Bomba	Centrífuga

Tabla 1. Especificaciones bomba de operación RS Pro

3.1.1.2 ADAPTADOR DE TENSIÓN

Se utilizará un adaptador de tensión para reducir la tensión de 24 voltios del módulo a 12 voltios de alimentación de la bomba principal.



Figura 7. Adaptador de tensión

Especificaciones.

Rango de entrada	De 15 a 40V
Descenso del convertidor	De 24 VDC a 12 VDC
Corriente máxima	5A 60W

Tabla 2. Especificaciones Adaptador de tensión

3.1.1.3 BOMBA AUXILIAR

Para esta bomba de la línea auxiliar, su principal característica es que debe ser capaz de bombear una cantidad de agua hasta 9 l/m.



Figura 8. Bomba auxiliar RS Pro

Especificaciones.

Atributo	Valor
Tasa de Flujo Máxima	10l/min
Tensión de Alimentación	6 → 24 V
Conexión de Entrada	Tubo de 8 mm

Presión de Funcionamiento Máxima	8 bar
Material del Cuerpo	Aleación de aluminio
Tipo de Acoplamiento	Directo
Temperatura Máxima del Líquido	+100°C
Tamaño de la Conexión de Entrada	8mm
Tamaño de Conexión de Salida	8mm

Tabla 3. Especificaciones bomba auxiliar RS Pro

3.1.2 VÁLVULAS

En el bloque de válvulas vendrá recogidas todas las válvulas utilizadas en el sistema, que serán siete y a continuación se definirán.

3.1.2.1 VÁLVULA PROPORCIONAL CON ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

Esta válvula, situada en la línea de operación, se utilizará para realizar la acción proporcional de manera eléctrica. Su funcionamiento dependerá de la intensidad suministrada a la válvula, a mayor intensidad mayor será su apertura.



Figura 9. Válvula de control proporcional SMC

Especificaciones.

Atributo	Valor
Tensión de Alimentación	24 V
Máximo caudal	5 l/min
Tamaño de la rosca	5 mm
Corriente aplicada	Hasta 85 mA

Tabla 4. Especificaciones Válvula de control proporcional SMC

3.1.2.2 ADAPTADOR DE TENSIÓN

Se volverá a utilizar un adaptador de tensión, ya que la tensión de alimentación de la válvula proporcional eléctrica (V_{pe}) es de 24 voltios y la tensión que proporciona el módulo de extensión son 10 voltios.

3.1.2.3 VÁLVULA PROPORCIONAL CON ACCIONAMIENTO MANUAL

Esta válvula se utilizará para realizar la acción proporcional de manera manual. Su funcionamiento dependerá de la apertura que se haga manualmente. Habrá dos válvulas, una para la línea de operación (Vpm1) y otra para la línea auxiliar (Vpm2).



Figura 10. Válvula de solenoide EMERSON

Especificaciones.

Atributo	Valor
Tensión de Alimentación	24 V
Conexión	3/8 pulgadas
Aplicaciones Recomendadas	Líquido
Material del Cuerpo	Latón
Presión de Funcionamiento Máxima	10 bar

Tabla 5. Especificaciones Válvula de solenoide EMERSON

3.1.2.4 VÁLVULA ON/OFF CON ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

Esta válvula se utilizará para realizar la acción todo/nada de manera eléctrica y al igual que la válvula proporcional eléctrica, su funcionamiento dependerá de la intensidad suministrada a la válvula, con la única diferencia que, en esta la válvula solo tiene dos posiciones, totalmente abierta o cerrada. Habrá dos válvulas de este tipo en el sistema, una en la línea de operación (V_{0/e1}) y otra en la parte inferior del depósito superior (V_{0/e}).



Figura 11. Válvula eléctrica de bola de latón CWX-15

Especificaciones.

Atributo	Valor
Material de la válvula	latón
Voltaje de funcionamiento	24 V
Corriente aplicada	Hasta 150 mA
Tamaño de la Rosca	1/2 pulgada
Presión máxima de trabajo	10 bar
Medio	Agua
Tamaño de conexión mm	12.7 mm

Tabla 6. Especificaciones Válvula eléctrica de bola de latón CWX-15

3.1.2.5 VÁLVULA ON/OFF CON ACCIONAMIENTO MANUAL

Se utilizará la válvula de bola manual para controlar el flujo de salida de agua de ambos depósitos. Se utilizarán dos válvulas, una en el depósito superior y otra en el depósito inferior.



Figura 12. Válvula de bola manual

Especificaciones.

Atributo	Valor
Tipo de accesorio	Roscado
Material del Cuerpo	Latón
Tamaño de la Rosca	1/4 pulgada
Presión de Funcionamiento Máxima	14 bar
Tamaño de conexión mm	6.35 mm
Tamaño de conexión pulgadas	1/4 pulgada

Tabla 7. Especificaciones válvula de bola manual

3.2 DEPÓSITOS

El bloque depósito consta del depósito superior e inferior, que serán de metacrilato con la parte superior abierta de cada depósito y cuyas especificaciones son las siguientes.

3.2.1 DEPÓSITO SUPERIOR

Especificaciones del depósito superior:

- Dimensiones: 50x20x25cm.
- Volumen: 20 litros
- Contará con dos orificios en la parte inferior de 9,525 mm para la válvula todo o nada manual y la válvula todo o nada eléctrica.

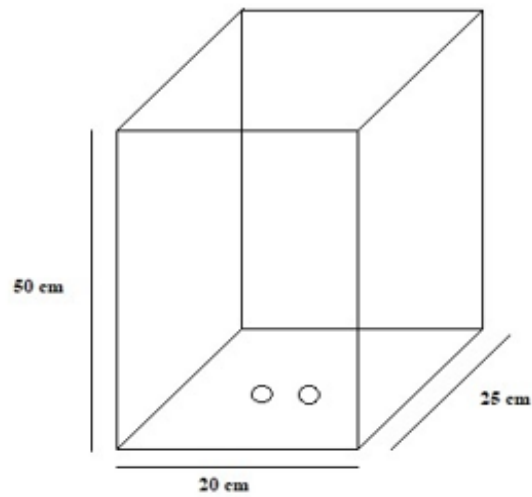


Figura 13. Depósito superior

3.2.2 DEPÓSITO INFERIOR

Será un 20% mayor en dimensiones y volumen, por lo tanto:

- Dimensiones: 60x24x30cm.
- Volumen: 24 litros
- Contará con tres orificios de 9,525 mm cada uno, los dos del lateral izquierdo para la línea de operación y línea auxiliar; y el orificio de la derecha para la válvula todo o nada manual.

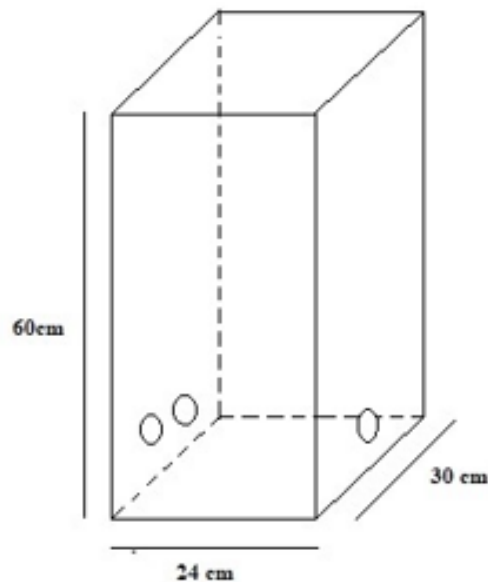


Figura 14. Depósito inferior

3.3 TRANSDUCTORES

El bloque de transductores reunirá los elementos que proporcionan información sobre las medidas, como son el sensor de nivel y tres caudalímetros.

3.3.1 SENSOR DE NIVEL

Se empleará un transductor de nivel capacitivo, ya que es una solución sencilla y económica que ofrece una gran variedad de posibilidades para la monitorización de nivel en líquidos. En particular en depósitos pequeños.

El principio de medición de un sensor de nivel capacitivo se basa en el cambio de capacitancia de un condensador. El sensor de nivel capacitivo y la pared del depósito forman un condensador cuya capacitancia depende de la cantidad de producto en el depósito, un depósito vacío tiene una capacitancia menor; un depósito lleno, una mayor.



Figura 15. Sensor de nivel capacitivo Liquicap

Especificaciones.

Atributo	Valor
Principio de nivel	Capacitivo
Rango de medida	0-500 mm
Área de aplicación	Medios líquidos
Precisión	+1% del límite superior del valor medido

Rango de tensión de trabajo	10 - 30 V DC
Salida	Analógica
Función de salida	4-20 mA
Resistencia a la presión	-1 ... 10 bar
Conexión al proceso	G11/2 rosca ISO228
Temperatura ambiente	-40°C – 70°C
Temperatura del medio	-40°C – 100°C

Tabla 8. Especificaciones sensor de nivel

3.3.2 CAUDALÍMETRO

Las principales características para los caudalímetros de este proyecto serán el rango de medida y el tamaño de tubería al que se conectaría. El sistema contará con tres caudalímetros, sirviendo el mismo para los tres (C1, C2 y C3).

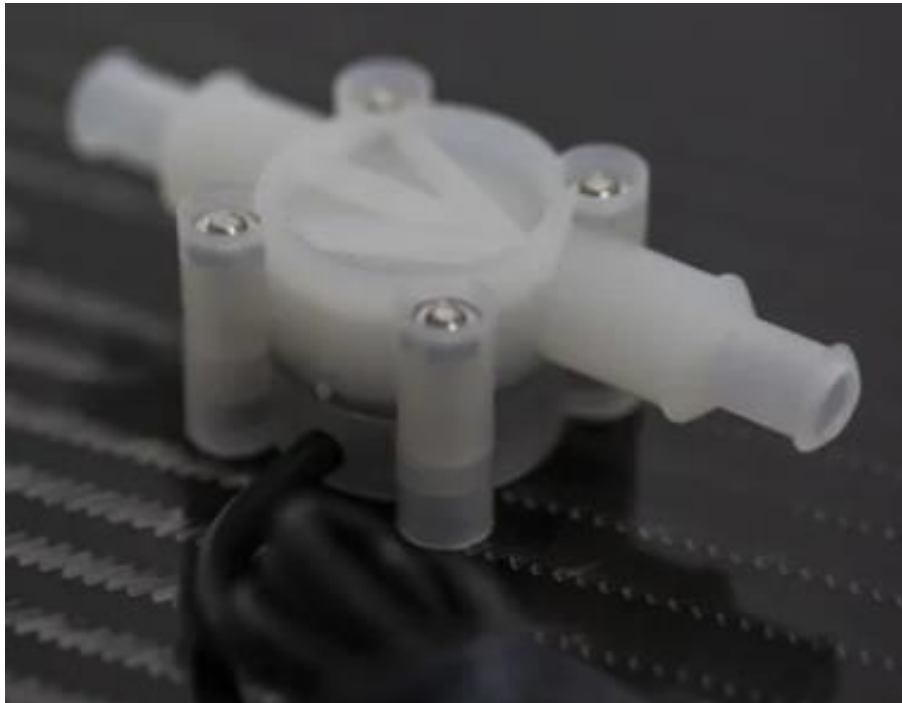


Figura 16. Caudalímetro RS Pro

Especificaciones.

Atributo	Valor
Tensión de Alimentación	4.5 → 24 V
Corriente nominal	8 mA
Tasa mínima de caudal	0.05 l/min
Tasa máxima de caudal	10 l/min
Diámetro de la tubería	8 mm
Presión máxima de trabajo	10 bar
Señal de salida	0 a 20 mA

Tabla 9. Especificaciones Caudalímetro RS Pro

3.4 OTROS ELEMENTOS

Después de escoger todos los elementos para el sistema, habrá que ver el tipo de unión de los elementos con la tubería de cada línea.

El diámetro de ambas líneas será de 9.525 mm, ya que en la mayoría de los elementos escogidos su tamaño de conexión es ese y el resto de los elementos se adaptaría a ese tamaño.

Para unir los elementos que no tengan ese diámetro se emplearán adaptadores de calibre roscados para tuberías y serán los mostradas a continuación.

3.4.1 LÍNEA DE OPERACIÓN

· Adaptador de 5 mm a 9.525 mm para la bomba de operación y la válvula proporcional con accionamiento eléctrico.



Figura 17. Adaptador de 5 mm a 9.525 mm

· Acoplamiento de compresión de latón RS para la válvula on/off con accionamiento eléctrico de 9.525 mm a 12.7 mm.



Figura 18. Acoplamiento de compresión de latón

3.4.2 LÍNEA AUXILIAR

· Racor neumático SMC KQ208-U03 para tubo de 8 mm a conexión de 9.525 mm para la bomba auxiliar.



Figura 19. Racor neumático SMC

3.5 INTERFAZ CON EL USUARIO

El bloque interfaz con el usuario será simplemente el ordenador que se manejará por parte del alumno para interactuar con el software Z-SCADA, almacenar los datos, seleccionar las distintas estrategias de control y calibrar los sensores. Se podrá utilizar tanto un ordenador de sobremesa como un ordenador portátil.

3.6 AUTÓMATA PROGRAMABLE

El bloque del autómata programable estará compuesto por tres módulos que serán los siguientes.

3.6.1 MÓDULO TELEMECANIQUE AB17RM2401

Este módulo se utiliza como fuente de alimentación para los otros dos módulos y resto de elementos. Proporciona una tensión de 24 VDC y una corriente máxima de 1.3 A.



Figura 20. Módulo Telemecanique AB17RM2401

3.6.2 MÓDULO SCHNEIDER SR3B261BD

Este módulo puede automatizar el funcionamiento de este sistema. La mayor ventaja de este módulo es la capacidad de modificar y reproducir la actividad o proceso mientras recopila y comunica información. Puede monitorear y registrar datos, iniciar y detener procesos automáticamente, generar alarmas si ocurren problemas en la máquina y más. Lo que hace que sea perfecto para este proyecto es que cubrirá todas las especificaciones mencionadas al principio.

El software que ejecuta este módulo es el Zelio Soft 2, el cual es un software de configuración gratuito para relés inteligentes Zelio Logic, diseñado para la gestión de sistemas de automatización sencillos y permite:

- Programación en lenguaje Ladder o diagrama de bloques de funciones (FBD)
- Simulación, control y supervisión
- Carga y descarga de programas
- Impresión de archivos personalizados
- Compilación automática de programas
- Ayuda en línea

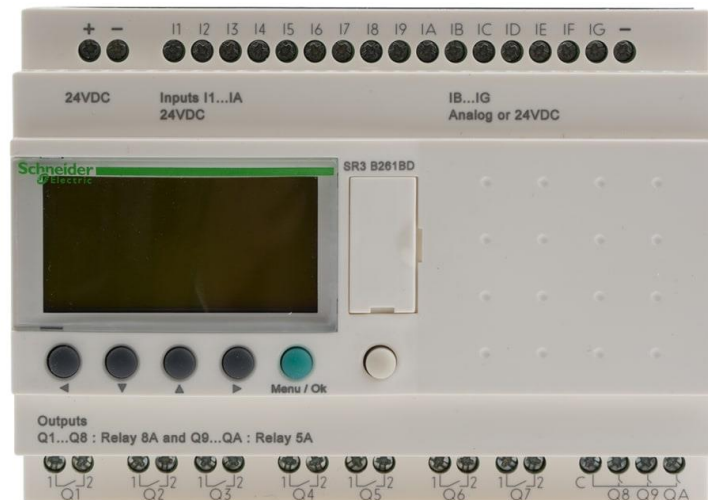


Figura 21. Módulo Schneider SR3B261BD

Especificaciones del módulo.

- Alimentación: 24 VDC
- Entradas digitales: 10DIG
- Entradas mixtas DIG/Analógicas: 6(0-10V)
- Salidas digitales: 10 RELÉ
- Pantalla teclado: Sí
- Reloj: Sí
- Idioma: BDF/LD

Este módulo se conecta al ordenador mediante un cable USB, que es el SR2USB01.

De este módulo se utilizarán cuatro entradas analógicas para el sensor de nivel y los tres caudalímetros (C1, C2 y C3); las cuales serán IB, IC, ID e IE.

- IB —————> Sensor de nivel
- IC —————> Caudalímetro “C1” (línea de operación)
- ID —————> Caudalímetro “C2” (línea de operación)
- IE —————> Caudalímetro “C3” (línea auxiliar)

Como salidas se utilizarán 6 relés para las dos bombas (B1 y B2), las dos válvulas proporcionales con accionamiento manual (Vpm1 y Vpm2) y las dos válvulas on/off con accionamiento eléctrico (V_{0/1e1} y V_{0/1e}).

- Q1 —————> Bomba de operación “B1”
- Q2 —————> Bomba auxiliar “B2”
- Q3 —————> Válvula proporcional manual “Vpm1” (línea de operación)
- Q4 —————> Válvula proporcional manual “Vpm2” (línea auxiliar)

- Q5 —————> Válvula on/off con accionamiento eléctrico “V_{0/1e1}” (línea de operación)
 Q6 —————> Válvula on/off con accionamiento eléctrico “V_{0/1e}” (depósito)

3.6.3 MÓDULO DE EXTENSIÓN SCHNEIDER SR3XT43BD

Este módulo de extensión se utiliza para conectar la válvula proporcional eléctrica como salida analógica, ya que el módulo de control SR3B261BD no dispone de este tipo de salida.



Figura 22. Módulo de extensión Schneider SR3XT43BD

Especificaciones del módulo de extensión.

- Rango de entrada analógica: 0 – 10V, 0 – 20 mA
- Rango de salida analógica: 0 – 10V, 10mA
- Entradas: 2 analógicas 10 bits
- Salidas: 2 analógicas 10 bits

Se utilizará una salida analógica para la válvula proporcional eléctrica.

- QB —————> Válvula proporcional eléctrica “V_{pe}” (línea de operación)

3.7 CONEXIONADO

En este apartado se mostrará todas las conexiones entre los elementos utilizados en el sistema y el autómata programable.

3.7.1 CONEXIONADO CON EL AUTÓMATA PROGRAMABLE

Primero se mostrará cuáles son las entradas y salidas del autómata.

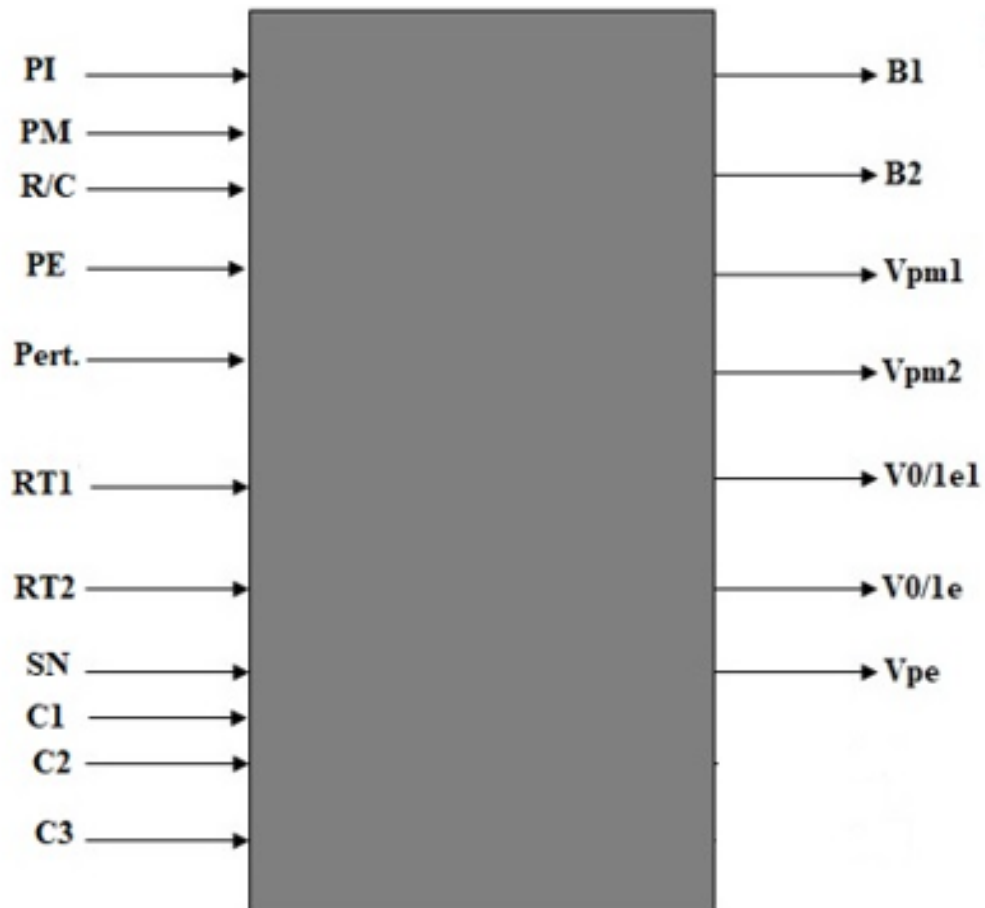


Figura 23. Entradas y salidas del autómata

A continuación, en la ilustración 24 se muestra el conexionado entre los módulos y los distintos elementos.

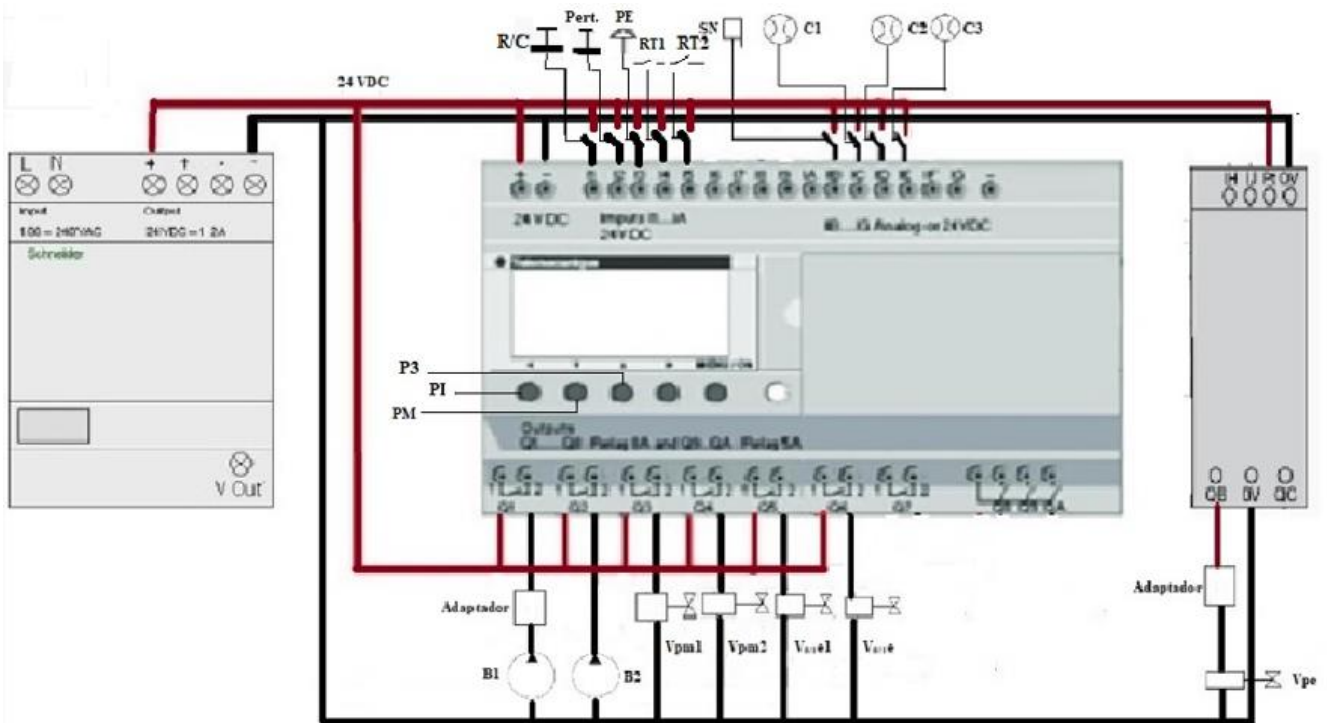


Figura 24. Conexionado entre los elementos y el autómata

3.7.2 TABLA DE CONEXIONADO

En esta tabla se muestra el listado de conexionado de cada elemento a las distintas bornas del autómata programable con su respectiva descripción y la señal eléctrica proporcionada.

	Borna	Descripción	Señal eléctrica	
Fuente de alimentación módulo	1	Positivo de alimentación	1.3 A / 24VDV	
	2	Masa de alimentación		
Botón R/T	3	Entrada digital I1+		
	4	Entrada digital I1-		
Botón Pert.	5	Entrada digital I2+		
	6	Entrada digital I2-		

Seta de emergencia	7	Entrada digital I3+		
	8	Entrada digital I3-		
Contacto RT1	9	Entrada digital I4+		
	10	Entrada digital I4-		
Contacto RT2	11	Entrada digital I5+		
	12	Entrada digital I5-		
Sensor de nivel	13	Entrada Analógica IB+	De 4-20 mA / 10 – 30V	
	14	Entrada Analógica IB-		
Caudalímetro (C1)	15	Entrada Analógica IC+	De 0-20 mA / 24 VDC	
	16	Entrada Analógica IC-		
Caudalímetro (C2)	17	Entrada Analógica ID+	De 0-20 mA / 24 VDC	
	18	Entrada Analógica ID-		
Caudalímetro (C3)	19	Entrada Analógica IE+	De 0-20 mA / 24 VDC	
	20	Entrada Analógica IE-		
Fuente de alimentación módulo de extensión	21	Positivo de alimentación	1.3 A / 24VDV	
	22	Masa de alimentación		
Bomba principal (B1)	25	23	12 VDC	
	26	24		
Adaptador de tensión	23	Relé Q1+	De 24V a 12V	Positivo de la fuente de alimentación
	24	Relé Q1-		Negativo de la fuente de alimentación
	27	Relé Q2+	24 VDC	
	28	Relé Q2-		

Bomba auxiliar (B2)				
Válvula proporcional manual (Vpm1)	29	Relé Q3+	24 VDC	
	30	Relé Q3-		
Válvula proporcional manual (Vpm2)	31	Relé Q4+		
	32	Relé Q4-		
Válvula on/off eléctrica (V _{0/e1})	33	Relé Q5+	Hasta 150 mA (24VDC)	
	34	Relé Q5-		
Válvula on/off eléctrica (V _{0/e})	35	Relé Q6+		
	36	Relé Q6-		
Válvula proporcional eléctrica (Vpe)	39	37	Hasta 85 mA (24VDC)	
	40	38		
Adaptador de tensión	37	Salida analógica QB+	De 10V a 24V	Positivo de la fuente de alimentación
	38	Salida analógica QB-		Negativo de la fuente de alimentación

Tabla 10. Tabla de conexionado

3.7.3 PLANO GENERAL DE CONEXIONADO

Aquí se muestra se muestra otro plano general, en el que viene indicado el conexionado entre los elementos y las bornas positivas y negativas de los módulos.

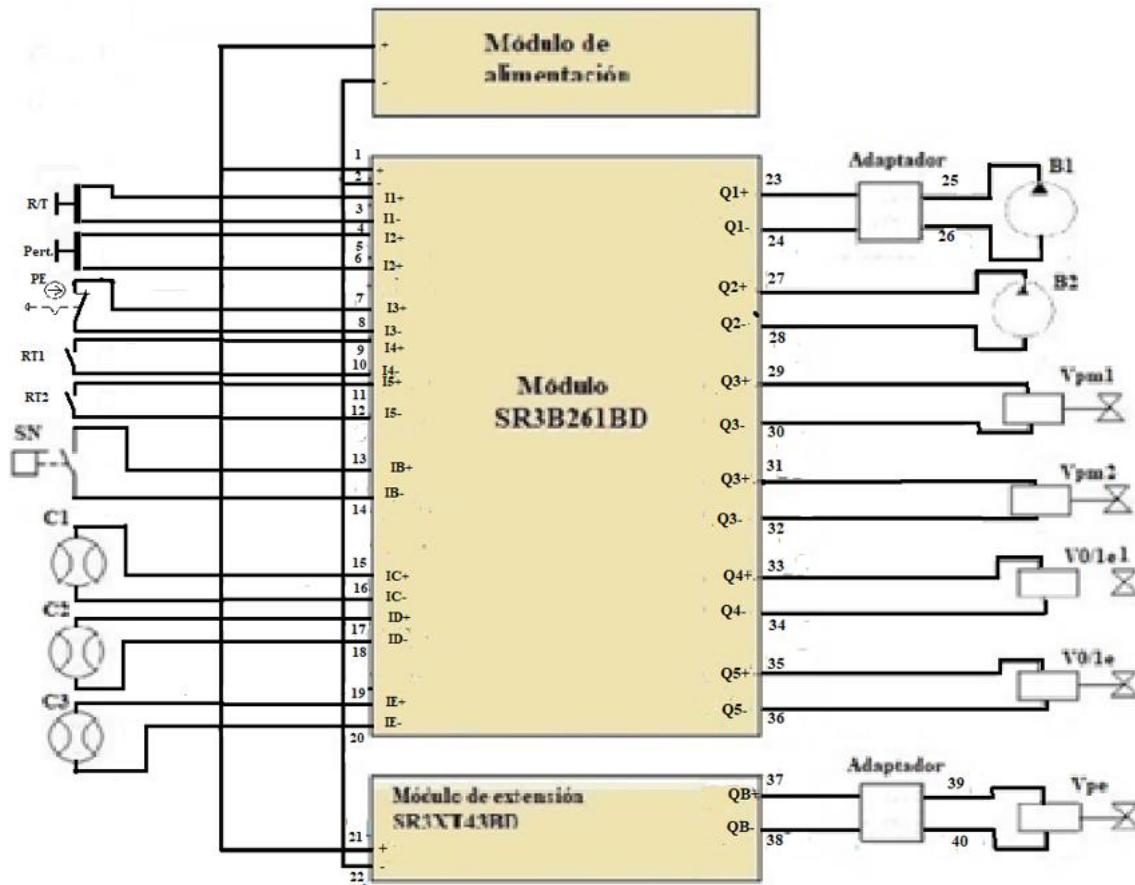


Figura 25. Plano general de conexionado

3.8 GEMMA (Guía de Estudio de los Modos de Marcha y Parada)

GEMMA es una guía gráfica que permite presentar, de una forma sencilla y comprensible, los diferentes modos de marcha de una instalación de producción, así como las formas y condiciones para pasar de un modo a otro. En resumen, es como una plantilla que se emplea para generar el GRAFCET, de forma que no se omitan todas las posibles situaciones que se pueden presentar en la automatización del proceso (por ejemplo: paro de maniobra en sus distintas formas, detección de averías, preparación de maniobras, etc.)

Se dividen en tres bloques; proceso en funcionamiento, proceso en defecto y procedimiento de parada.

GEMMA (Guía de Estudio de los Modos de Marcha y Parada)

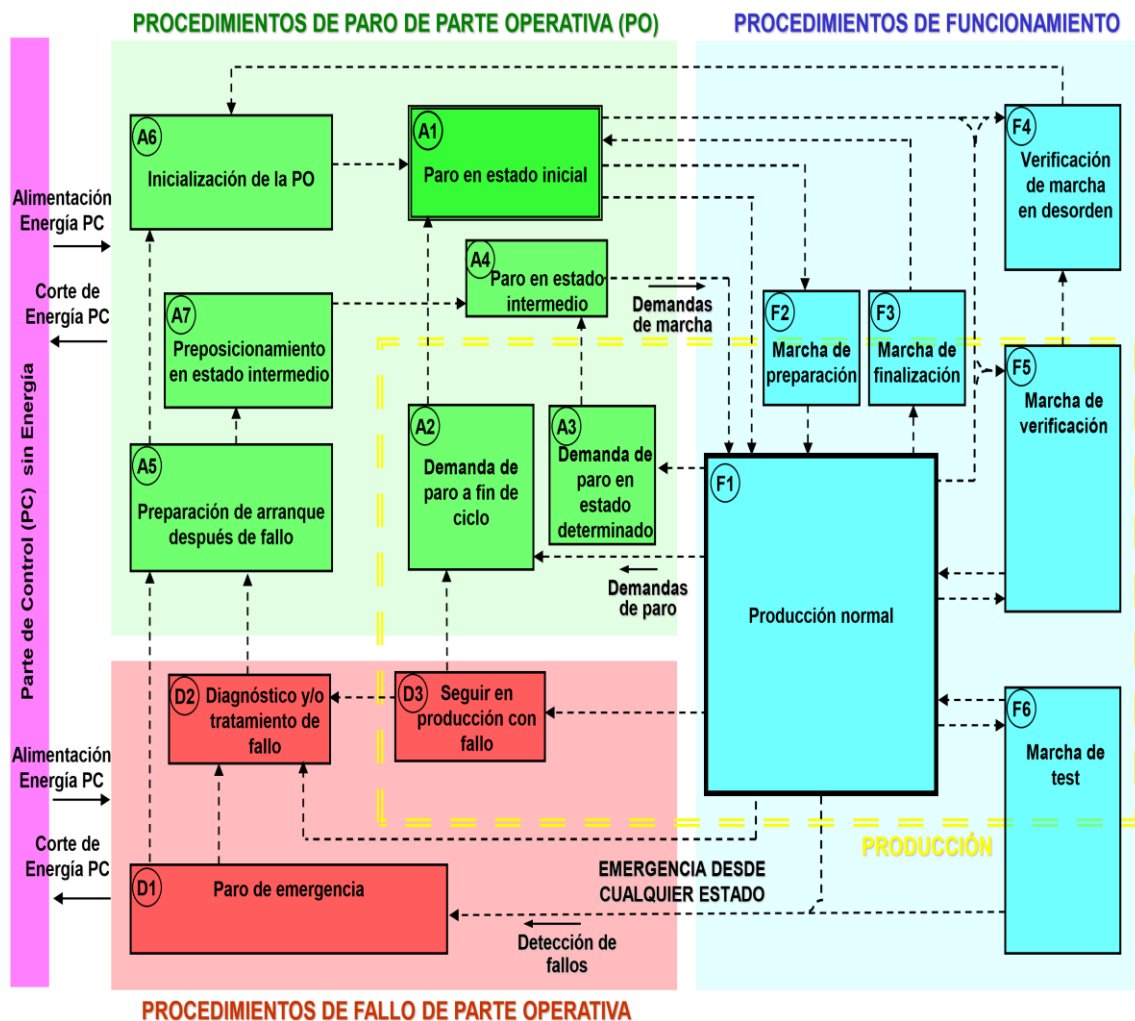


Figura 26. Guía GEMMA

Para este proyecto se necesitará seguir los siguientes procesos y estados.

- **F1:** Producción normal. Es el estado en que el sistema produce de forma normal. Se realizan las tareas para las cuales se ha diseñado el sistema. Es el estado más importante.
- **F2:** Marcha de preparación. Se establecen las acciones necesarias para que el sistema entre en producción. Estas acciones pueden ser por ejemplo la selección de elementos, apertura de válvulas, etc.
- **D1:** Parada de emergencia. Estado al que evoluciona un sistema luego de una parada de emergencia. Se deben tener en cuenta las paradas y procedimientos, así como precauciones necesarias para evitar o limitar las consecuencias debidas a defectos.
- **D2:** Tratamiento de defectos. Es el estado que permite examinar el sistema luego de un defecto para poder determinar los motivos del fallo.

- **A2:** Parada pedida al final de ciclo. Estado transitorio en que el sistema termina el ciclo y pasa al estado inicial.
- **A5:** Preparación posterior al defecto. Se realizan las acciones necesarias para la puesta en marcha del sistema luego de un defecto.
- **A6:** Puesta en estado inicial. Se lleva al sistema al estado inicial desde situaciones que son diferentes a las de producción, como parada de emergencia, parada de maniobra, etc.

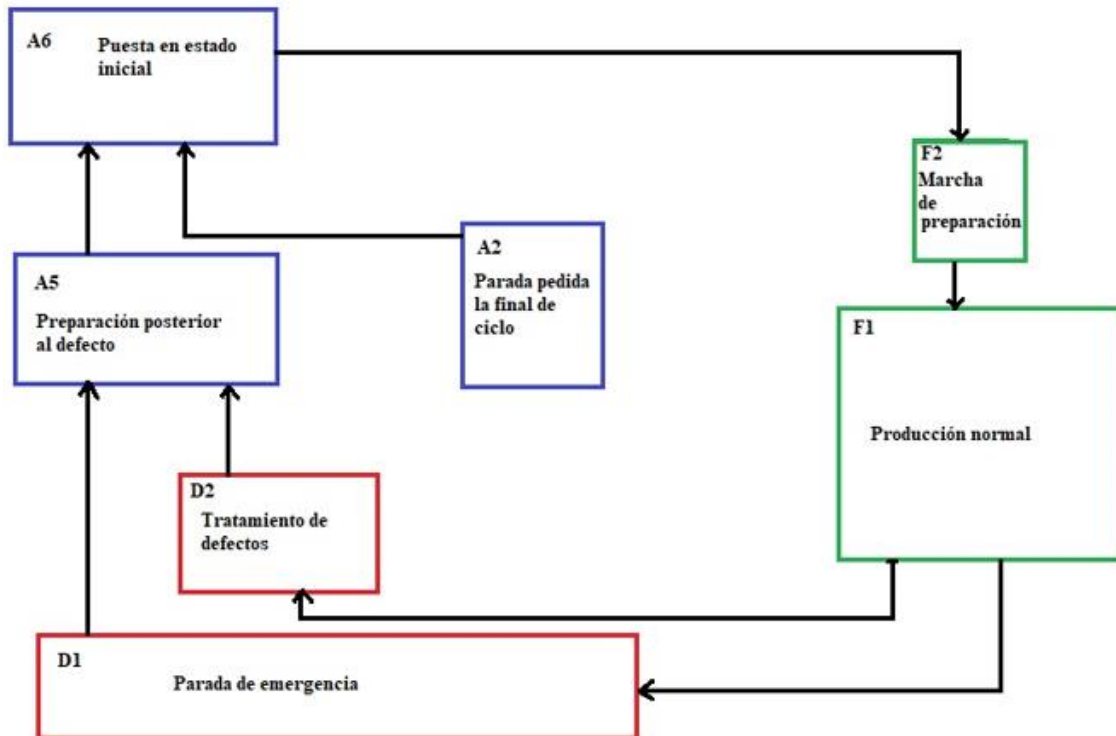


Figura 27. Guía GEMMA del proyecto

3.9 GRAFCET

El GRAFCET es un gráfico funcional para el control de etapas y transiciones, en el cual se ve los sucesivos comportamientos de un sistema lógico, predefinido por sus entradas y salidas. Permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

Este gráfico es posible gracias al estudio previo de la guía GEMMA junto con las especificaciones del sistema. Y este gráfico dará lugar al software de control.

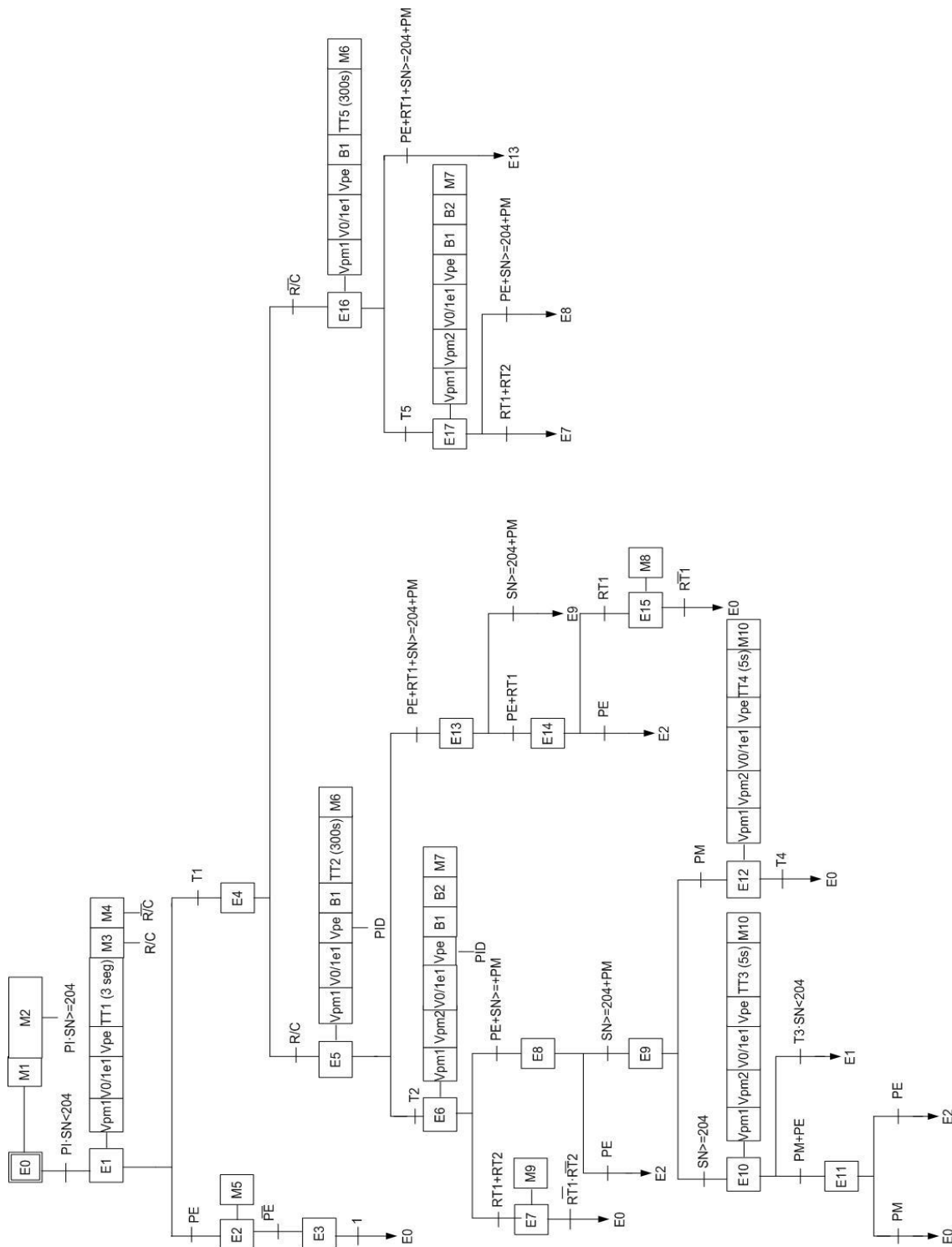


Figura 28. GRAFCET del proyecto

3.10 SOFTWARE DE CONTROL

El software de programación y supervisión utilizado por el autómata programable será el Zelio Soft 2, ya que es compatible con el autómata programable utilizado para este proyecto, es sencillo de utilizar y tiene una programación flexible, pudiéndose utilizar en modo bloque de funciones (BDF) o lenguaje de contactos (LADDER). El modo utilizado para este proyecto será el de bloque de funciones (BDF) y el software completo de este proyecto se podrá ver en la ilustración 29.

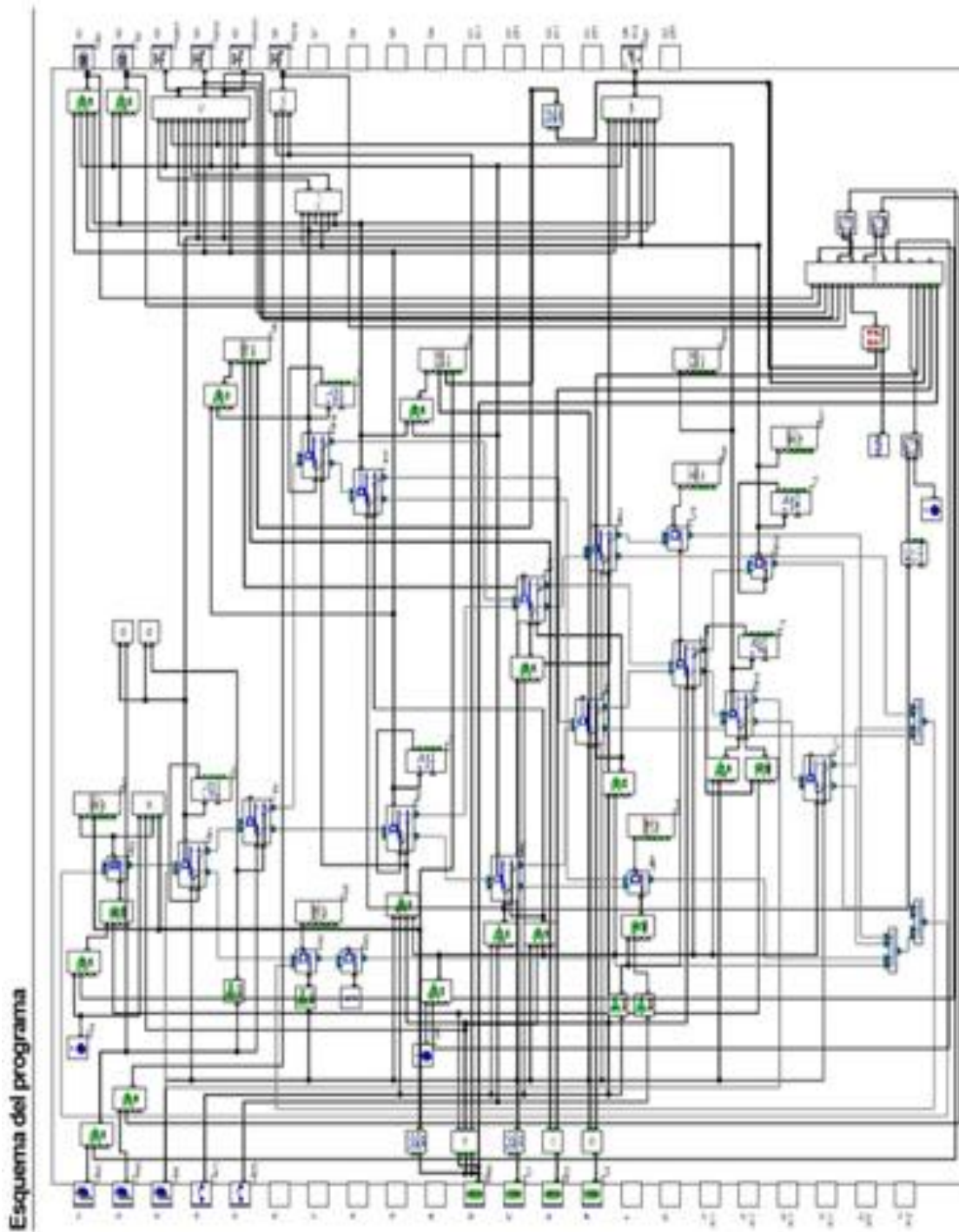


Figura 29. Esquema del programa Zelio Soft 2

3.10.1 ACCESO POR CLAVE PARA CALIBRADO POR ORDENADOR DE LOS SENSORES

Con objeto de que el alumno no pueda cambiar los valores utilizados en el programa para el calibrado de los sensores, se utilizará una opción del software Zelio Soft 2 que consiste en la introducción de una contraseña para poder realizar cualquier modificación en el programa. Para ello, primero habrá que transferir el programa del PC al módulo como se muestra en la figura 30.

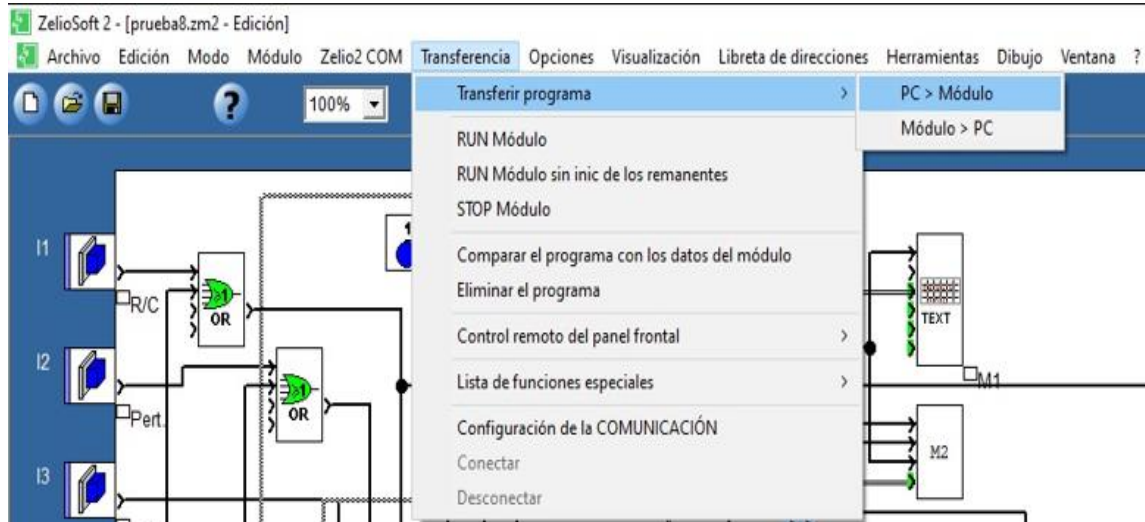


Figura 30. Transferir programa del pc al módulo

Aparecerá una pestaña en pantalla, en la cual habrá que seleccionar la primera opción de contraseña e incluir la que se quiera como se muestra en la figura 31.

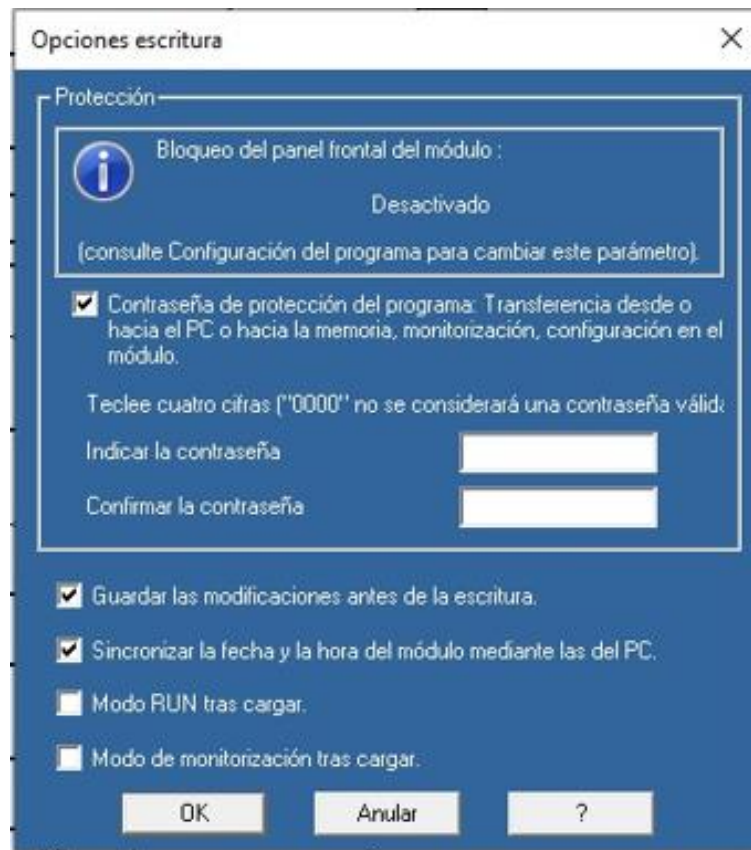


Figura 31. Seleccionar e incluir contraseña

Con estos pasos hechos, ya se tendrá el acceso al programa y, por tanto, al calibrado por software de los sensores. La contraseña se requerirá una vez se ejecute el programa tal y como se muestra en la figura 32.

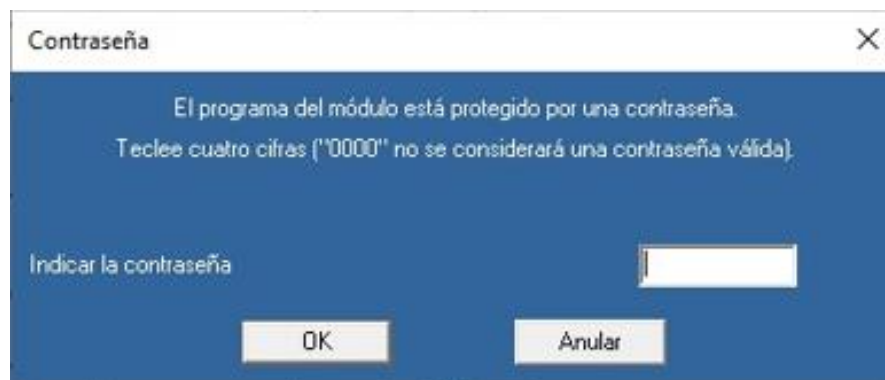
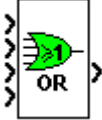

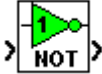
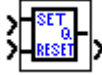
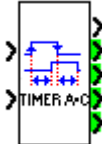
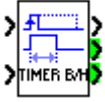




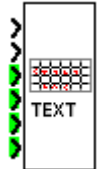





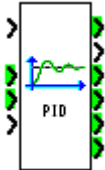
Figura 32. Contraseña

3.10.2 FUNCIONES UTILIZADAS EN EL SOFTWARE ZELIO SOFT 2

A continuación, se explicarán las funciones utilizadas en Zelio Soft 2 para comprender su función dentro del programa realizado:

Función OR	Si al menos una entrada está activa, la salida está activa. Si las entradas están inactivas o desconectadas, la salida está inactiva.	
Función AND	Si las entradas están activas o desconectadas, la salida está activa. Si al menos una entrada está inactiva, la salida está inactiva.	
Función NOT	Si la entrada está inactiva o desconectada, la salida está activa. Si la entrada está activa, la salida está inactiva.	
Función SET/RESET	El funcionamiento de la función SET/RESET es el siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • La activación de la entrada SET activa la salida y permanecerá así, aunque la entrada SET se desactive a continuación. • La activación de la entrada RESET desactiva la salida. 	
Función Temporizador A/C	La función Temporizador permite retardar, prolongar y controlar acciones durante un tiempo determinado.	

Función Temporizador B/H	La función de temporizador Timer B/H crea un impulso en la salida del flanco ascendente de la entrada.	
Función NUM	La constante numérica NUM puede utilizarse para fijar valores en las entradas desconectadas de las funciones.	
Función COMPARE	La función Comparación de 2 valores permite comparar dos valores analógicos. La salida está activa si el resultado de la comparación entre el Valor 1 y el Valor 2 es verdadero y si la entrada Validación función está activa o no conectada.	
Función GAIN	La función Ganancia permite convertir valores analógicos por cambio de escala y offset.	
Función RELOJ 1 SEG	La entrada intermitente es una función que se activa cada segundo	
Función TEXT	La función TEXTO se utiliza para visualizar texto, una fecha, una hora y valores numéricos en la pantalla LCD, en lugar de los estados de las entradas/salidas.	
	La función de programador de leva	

<p>Función CAM BLOCK</p>	<p>CAM BLOC controla un conjunto de 8 ruedas de levas solidarias. La función presenta en las 8 salidas (que representan las 8 ruedas) el estado correspondiente a la posición actual de las ruedas del árbol. La configuración de la leva puede ajustarse; también puede regularse el estado de las salidas de cada posición. Una vez alcanzado el valor máximo, la leva retoma su posición inicial (la salida vuelve a 0).</p>	
<p>Función MUX</p>	<p>La función Multiplexado realiza un multiplexado de dos vías de entrada en la Salida.</p>	
<p>Función MUL/DIV</p>	<p>La Función aritmética MUL-DIV permite efectuar operaciones sencillas en enteros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • multiplicación • división 	
<p>Función PID</p>	<p>La función PID se utiliza para implementar aplicaciones de regulación</p>	

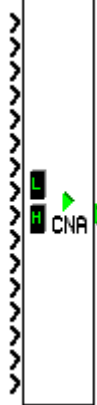



<p>Función Conversión Bits Palabra</p>	<p>La función Conversión de bits-palabras se compone de una salida de tipo entero (16 bits) a partir de 16 entradas de tipo: bit.</p>	
<p>Función Conversión Palabra Bits</p>	<p>La función Conversión de palabras-bits se compone de una entrada de tipo: entero (16 bits) en 16 salidas de tipo: bit.</p>	
<p>Función Salida Enlace Serie</p>	<p>Permite enviar datos desde direcciones fijas en el módulo lógico hacia otros equipos, a través de un enlace serie maestro-esclavo, por la conexión de programación.</p>	
<p>Función Entrada Enlace serie</p>	<p>Permite transmitir, a través de un enlace serie maestro-esclavo, datos a los emplazamientos de memoria de direcciones fijas en el módulo lógico, por la conexión de programación.</p>	

Tabla 11. Funciones utilizadas en Zelio Soft 2

3.10.3 ENTRADAS Y SALIDAS

La otra parte necesaria para comprender el programa, son las entradas y salidas de las que dispone, que serán las siguientes:

3.10.3.1 ENTRADAS

Las entradas se dividirán en entradas digitales y entradas analógicas.

3.10.3.1.1 ENTRADAS DIGITALES

• **Botón R/C** está conectado a la entrada I1 del autómata programable y servirá para seleccionar el tipo de control que se quiera utilizar, si está activado se activará la regulación PID y si está desactivado el control Todo/Nada.

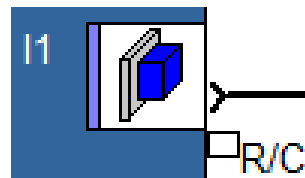


Figura 33. Entrada botón R/C

• **Botón Pert.** está conectado a la entrada I2 y servirá, una vez activado el botón, para generar una perturbación en el sistema, que se generará a partir de la apertura de una de las válvulas situadas en el depósito superior (V0/1e).

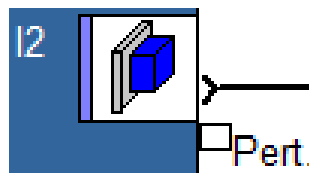


Figura 34. Entrada Botón Pert.

• **Parada de emergencia**, está conectada a la entrada I3 y permitirá parar el proceso por software si sucede algún imprevisto. Hay que indicar que, realmente, la parada de emergencia se ha de conectar directamente a la alimentación general de todo el sistema con objeto de parar todos los equipos. Se introduce a nivel de software sólo para que el autómata lo detecte.

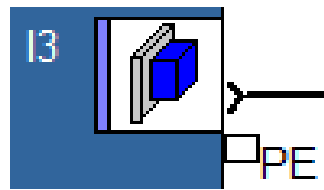


Figura 35. Entrada seta de emergencia

• **Contactos RT1 y RT2** están conectados a I4 e I5 respectivamente, son relés térmicos para proteger las bombas B1 y B2 contra sobrecargas. Cuando se active alguno de los dos contactos se simulará un fallo o calentamiento en las bombas.

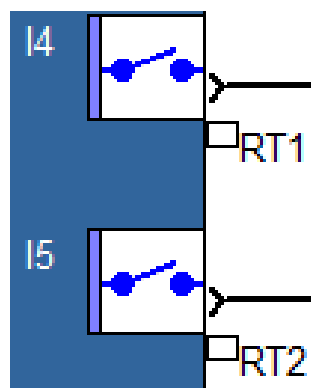


Figura 36. Entradas de los contactos Relés térmicos

3.10.3.1.2 ENTRADAS ANALÓGICAS

• **SN** el sensor de nivel está conectado en la entrada IB e indicará el nivel de agua que hay en el depósito superior.

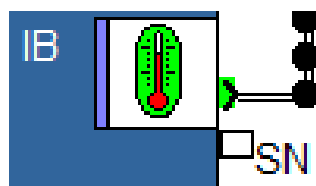


Figura 37. Entrada sensor de nivel

• **C1, C2, C3** son los 3 caudalímetros del sistema y están conectados a IC, ID e IE respectivamente. C1 y C2 son los caudalímetros de la línea de operación y C3 el de la línea auxiliar. Medirá el caudal que fluya por ese lugar en litros/segundo.

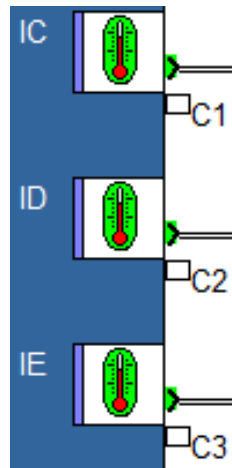


Figura 38. Entradas de los caudalímetros

3.10.3.2 SALIDAS

Las salidas también se dividirán en digitales y analógicas:

3.10.3.2.1 SALIDAS DIGITALES

• **B1 y B2** están conectadas a Q1 y Q2 respectivamente y son las bombas que bombearán agua del depósito inferior al superior. B1 es la bomba de la línea de operación y B2 la bomba de la línea auxiliar.

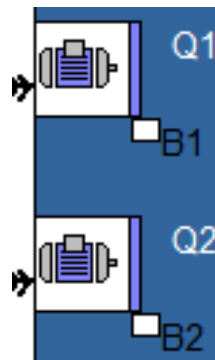


Figura 39. Salida de las bombas

• **Vpm1 y Vpm2** están conectadas a Q3 y Q4 respectivamente y son las válvulas proporcionales con accionamiento manual. Vpm1 es la válvula de la línea de operación y Vpm2 de la línea auxiliar.

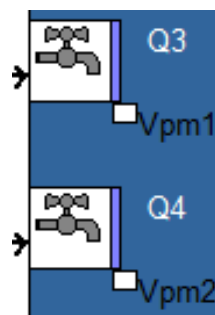


Figura 40. Salidas de las válvulas proporcionales con accionamiento manual

- **V0/1e1** está conectada a Q5 y es la válvula on/off con accionamiento electromagnético para la operación de control Todo/Nada situada en la línea de operación.

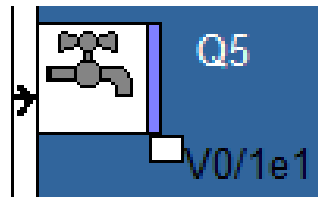


Figura 41. Salida de la válvula Todo/Nada con accionamiento eléctrico de la línea de operación

- **V0/1e** está conectada Q6 y es la válvula on/off con accionamiento electromagnético para la operación de control Todo/Nada situada en el depósito superior y se activará para ejercer una perturbación en el sistema.



Figura 42. Salida de la válvula Todo/Nada con accionamiento eléctrico del depósito superior

3.10.3.2.2 SALIDA ANALÓGICA

- **Vpe** está conectada a QB y es la válvula proporcional con accionamiento eléctrico para la operación de control PID.

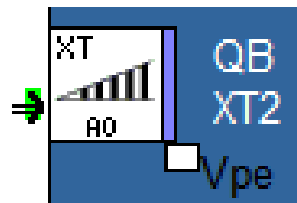


Figura 43. Salida de la válvula proporcional con accionamiento eléctrico

3.11 PUESTA EN MARCHA

La etapa inicial (E0) es la etapa para la puesta en marcha y tendrá una serie de condiciones para iniciar el proceso.

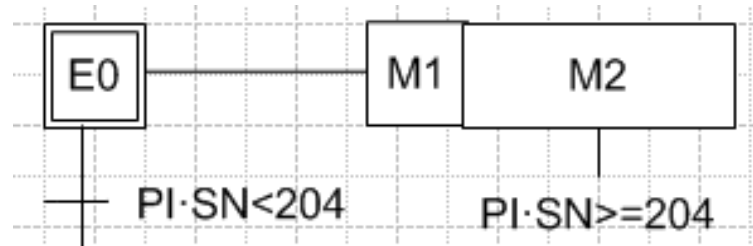


Figura 44. Puesta en marcha

Para poder poner el sistema en marcha, la primera condición que se tendrá que dar es que el sensor de nivel detecte que el nivel de agua esté por debajo del nivel máximo.

El nivel máximo se calculará de la siguiente manera; la capacidad del depósito superior es de 20 litros y el sensor de nivel estará colocado al 80% de la altura total del depósito, por lo que el nivel máximo será el 80% de 20 litros, que son 16 litros. Esto llevado a la programación en Zelio Soft 2 se hará de la siguiente manera; de forma digital el sensor de nivel trabaja a un máximo de 255 bits, que sería el 100% (20 litros), por lo que el 80% (16 litros) será 204 bits.

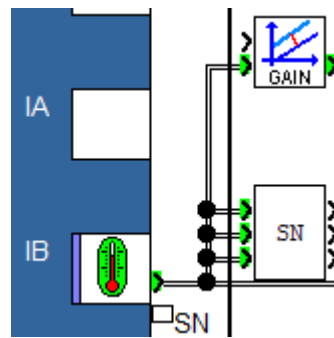


Figura 45. Actuación del sensor de nivel

Contenido de la macro SN.

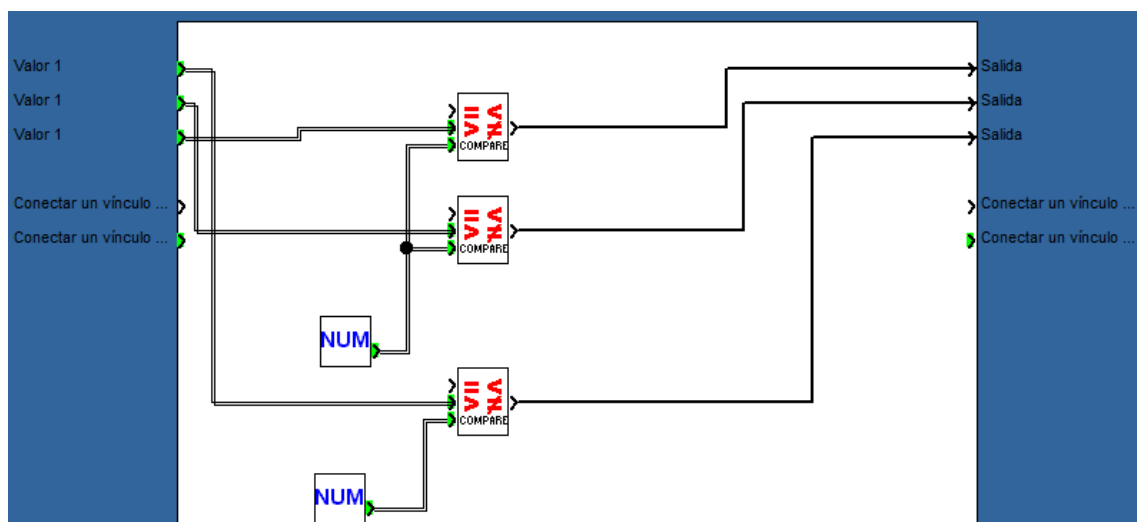


Figura 46. Contenido de la macro del sensor de nivel

La función NUM es una constante numérica, en la superior se pondrá el valor de 204 y el sensor de nivel hará 2 comparaciones, si es menor o mayor e igual a este valor.

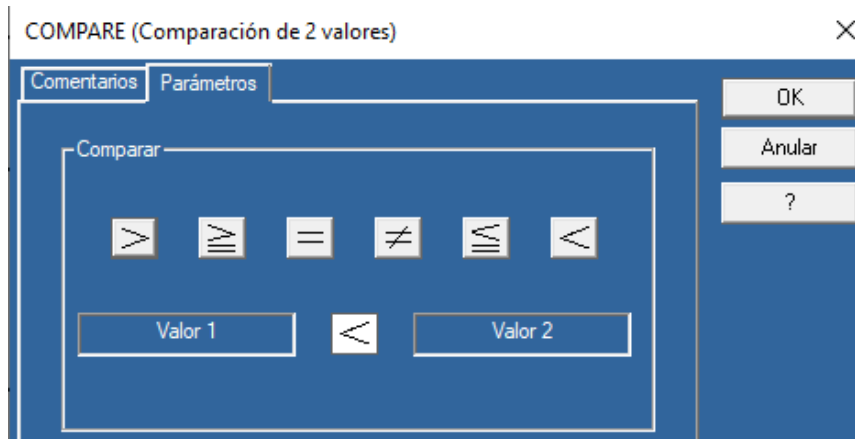


Figura 47. Comparación 1 del sensor de nivel

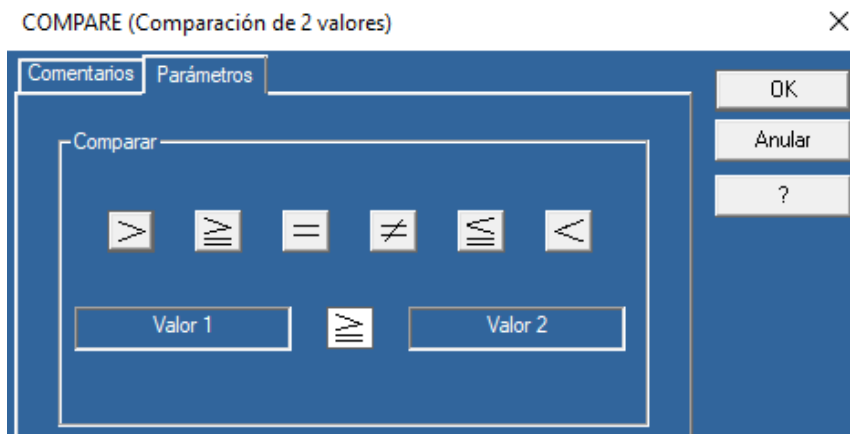


Figura 48. Comparación 2 del sensor de nivel

La segunda y última condición que se tiene que dar es accionar el pulsador PI. Estas dos condiciones se tienen que dar a la vez para que el sistema se ponga en marcha (función AND).

Entonces, aparecerá un mensaje en pantalla que indicará que se inicie el sistema y el nivel del depósito.

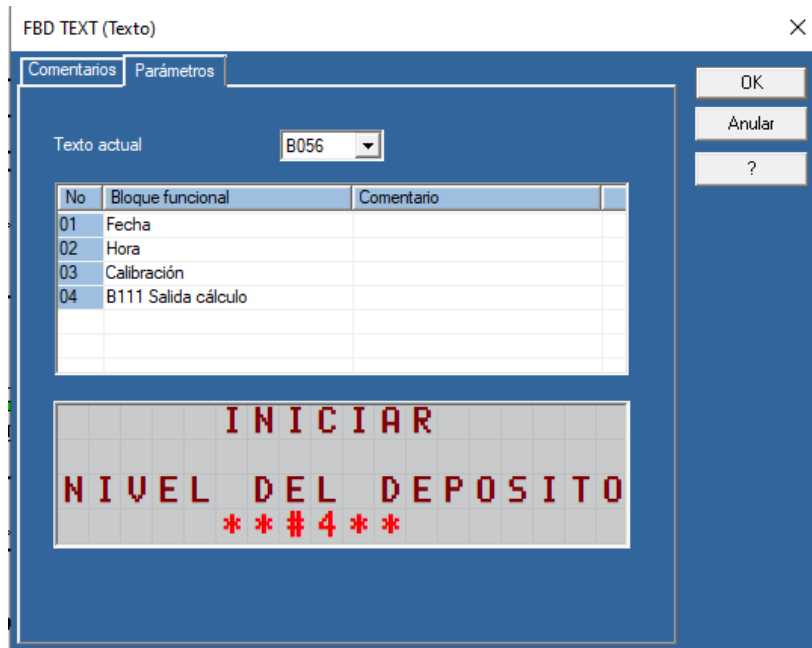


Figura 49. Mensaje M1

Al accionar el pulsador PI, si el nivel es menor de 16 litros (204 bits) se pondrá en marcha el sistema, de lo contrario aparecerá un mensaje indicando que la operación seleccionada es inválida.

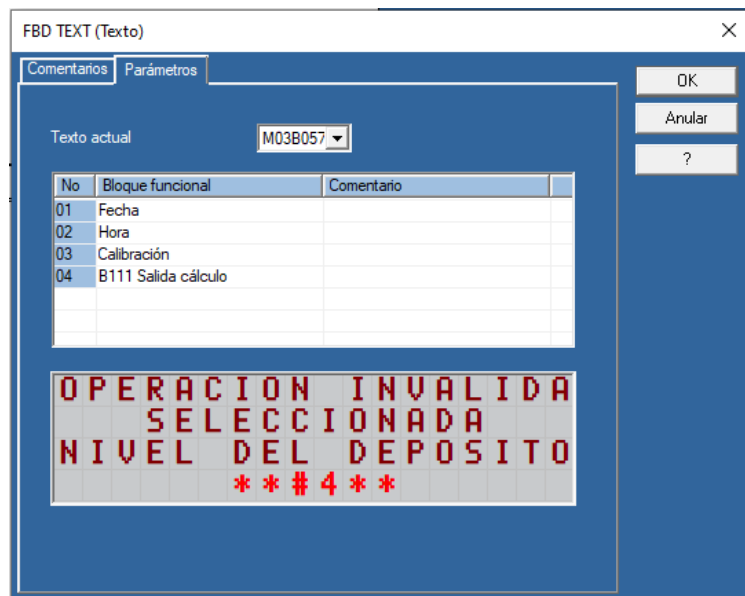


Figura 50. Mensaje M2

3.12 SELECCIÓN DE LA OPERACIÓN DE CONTROL

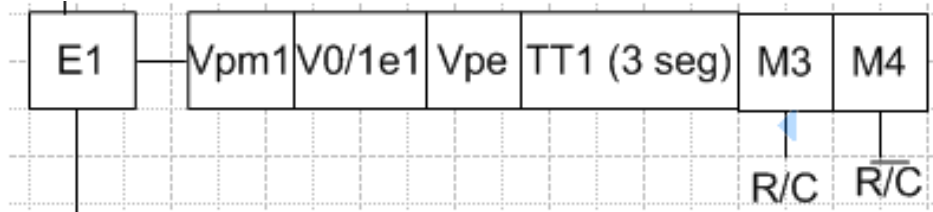


Figura 51. Selección de la operación de control

En la primera etapa, sólo se abrirán las válvulas de la línea de operación para que la bomba B1 no trabaje en vacío y servirá para indicar la operación de control seleccionada.

La operación de control se seleccionará previamente, accionándose el botón R/C para el control PID y dejándolo sin accionar para el control Todo/Nada. Aparecerá un mensaje en pantalla indicando la operación de control seleccionada.

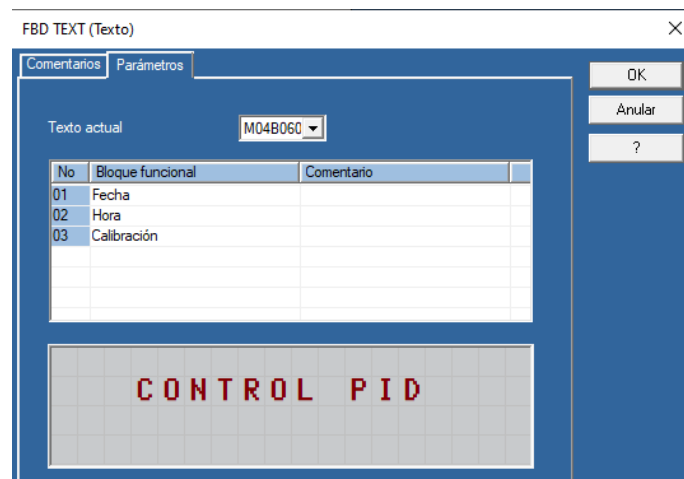


Figura 52. Mensaje M3

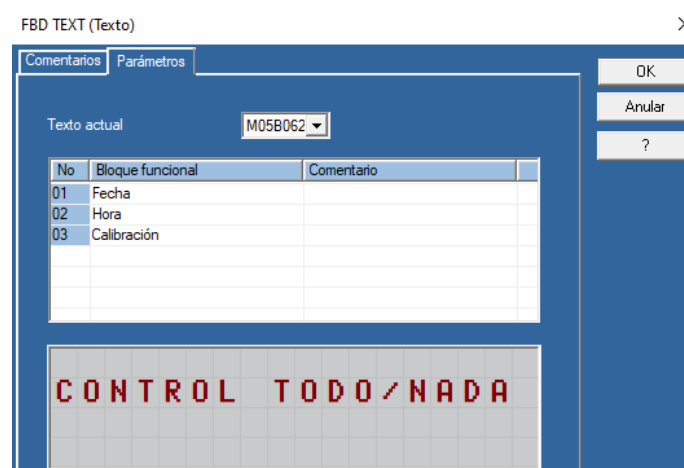


Figura 53. Mensaje M4

Habrà un temporizador de 3 segundos, y una vez transcurrido ese tiempo, se activará la bomba B1 y la operación de control seleccionada.

3.13 OPERACIÓN DE CONTROL MANUAL

La operación de control manual se ejecutará por parte de los alumnos directamente, actuando sobre las bombas y válvulas; por lo que no se ve reflejado en la programación, ni en el software Zelio Soft 2 ni en el software Z-SCADA.

3.14 OPERACIÓN DE CONTROL PID

Una vez pasados esos 3 segundos y habiendo accionado el botón R/C se estará ejerciendo el control PID sobre el sistema y estará activa la línea de operación. Esto se verá reflejado en la etapa 5.

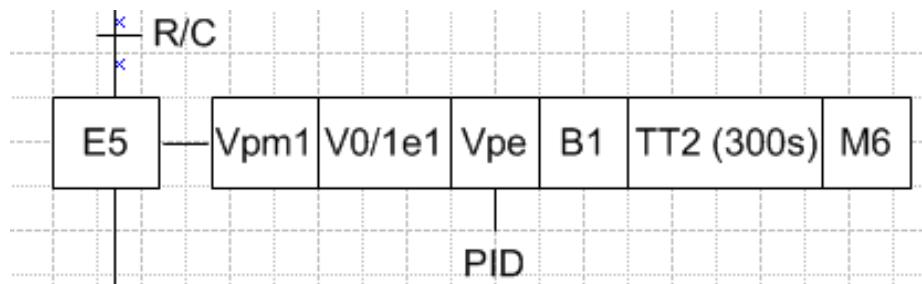


Figura 54. Etapa 5 de la operación PID

Una de las especificaciones de funcionamiento para el control PID es la siguiente, ya que el PID solo actúa sobre la válvula proporcional con accionamiento eléctrico (Vpe) de la línea de operación, el resto de las válvulas estarán totalmente abiertas o cerradas, dejando pasar el caudal máximo posible o 0. En esta etapa aparecerá un mensaje en pantalla indicando que la línea de operación está activa, el caudal que circula por los caudalímetros C1 y C2 y el porcentaje de apertura de la válvula proporcional con accionamiento eléctrico.

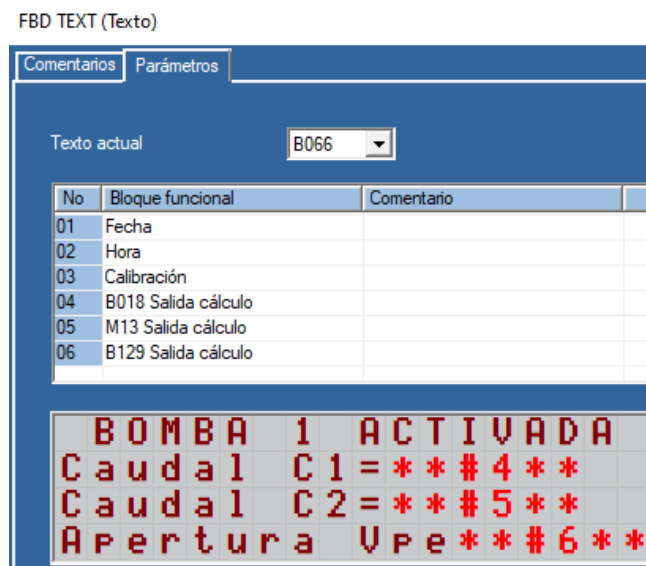


Figura 55. Mensaje M6

En esta etapa estará activado un segundo temporizador, el cuál durará 5 minutos, ya que una de las especificaciones de diseño es que el depósito se pueda llenar en un

mínimo de 5 minutos, por lo que durante ese tiempo estará activa la línea de operación como mínimo.

Después de esta etapa hay 5 opciones (divergencia en OR), la primera es que haya una parada de emergencia, lo cual llevará a la etapa E2; otra opción es que salte el relé térmico RT1 de la bomba B1 por algún fallo en la misma, apareciendo un mensaje en pantalla indicándolo, una vez que se desactive el contacto de RT1 volverá a la etapa E0.

La tercera y cuarta opción es que haya una parada de maniobra o que el sensor de nivel detecte que el nivel de agua haya llegado a su nivel máximo o lo haya superado e irá a la etapa E9.

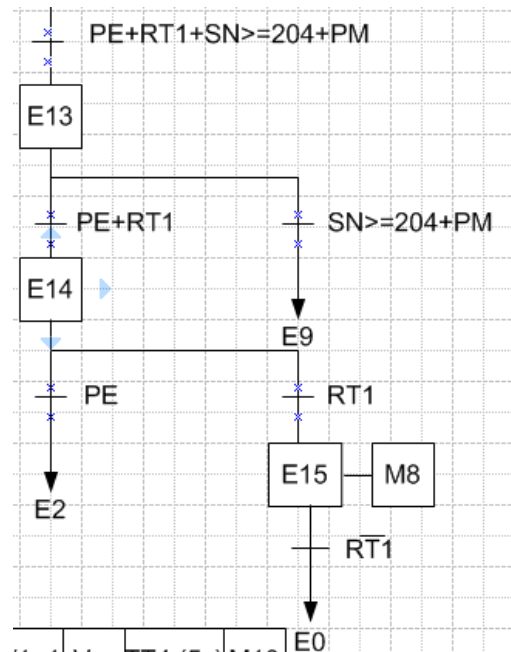


Figura 56. Opciones durante el llenado

La quinta opción es que una vez pasado el tiempo de 5 minutos, si el sensor de nivel no detecta que haya llegado al nivel máximo, se pasará a la etapa 6, en la cual se activa la válvula proporcional con accionamiento manual (Vpm2) y la bomba B2 de la línea auxiliar para permitir un llenado rápido del depósito superior.

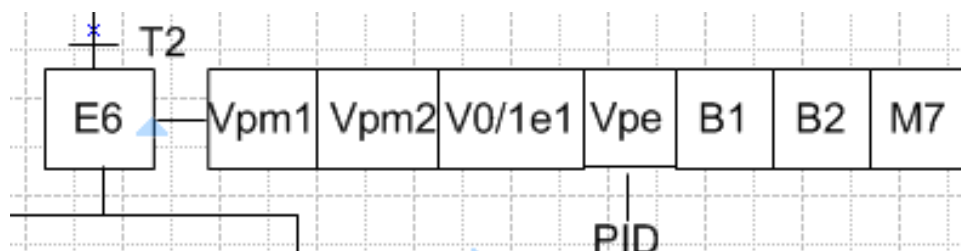


Figura 57. Activación de la línea auxiliar en la operación PID

Las líneas de operación y auxiliar estarán activas hasta que pasen cuatro posibles opciones. La primera de ellas es que salte alguno de los relés térmicos, RT1 o RT2, esto llevará a la etapa 7 y parará el sistema apareciendo un mensaje en pantalla indicándolo; cuando se desactive el contacto del relé térmico que haya saltado, el sistema volverá a la etapa inicial.

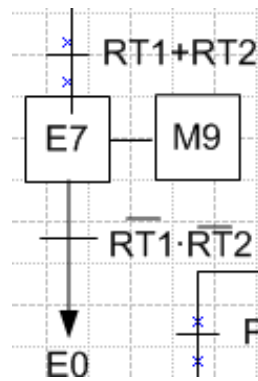


Figura 58. Activación de relés térmicos

La segunda opción es que haya una parada de emergencia, lo cual llevará a la etapa 2.

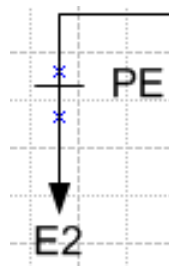


Figura 59. Parada de emergencia

La tercera opción es que el sensor de nivel detecte que el nivel de agua ha llegado a su máximo, será la etapa 10, esto provocará la desactivación de las bombas B1 y B2, apareciendo en mensaje en pantalla indicando que el depósito superior está lleno. Una vez que el depósito esté lleno hay 3 opciones; que haya una parada de maniobra, la cual se activará accionando el pulsador PM y volverá a la etapa inicial E0; otra opción es una parada de emergencia que llevará a la E2 y la tercera opción es que si el sensor de nivel detecta una bajada del nivel máximo de agua habiendo pasado los 5 segundos del tercer temporizador volverá a la etapa E1.

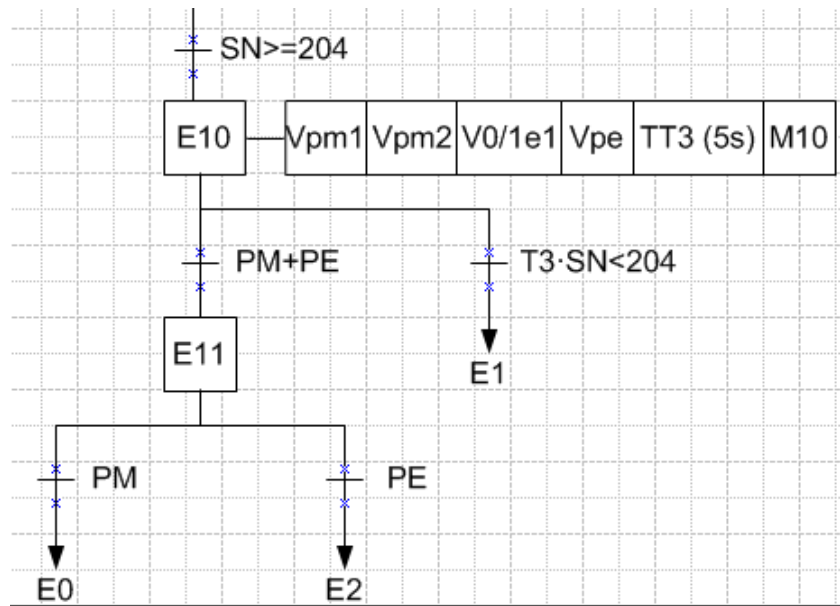


Figura 60. Acciones con el depósito superior lleno

La cuarta opción será una parada de maniobra, donde también se desactivarán las bombas B1 y B2, apareciendo un mensaje en pantalla y una vez pasados los 5 segundos del cuarto temporizador, se desactivarán las válvulas y volverá a la etapa inicial E0.

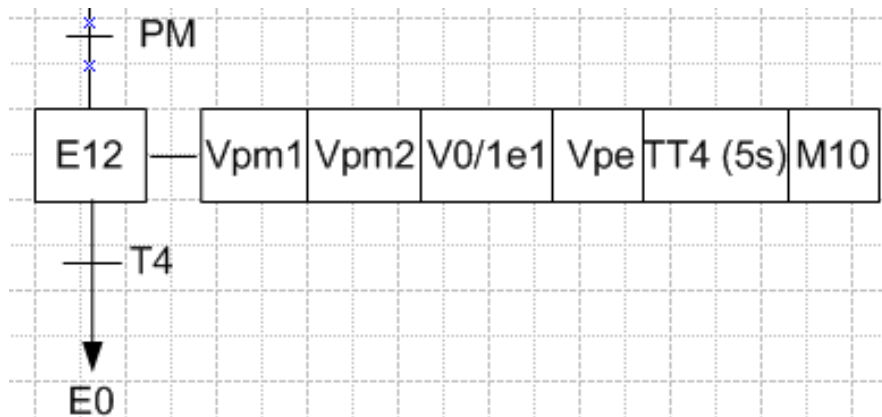


Figura 61. Parada de maniobra

3.15 OPERACIÓN DE CONTROL TODO/NADA

Una vez pasados los 3 segundos del primer temporizador y habiendo dejado sin activar el botón R/C, se estará ejerciendo la operación de control Todo/Nada sobre el sistema y estará activa la línea de operación. Esto se verá reflejado en la etapa 16.

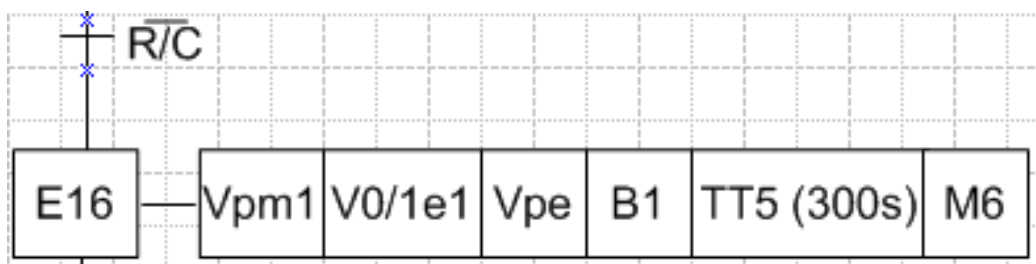


Figura 62. Operación de control Todo/Nada

Estarán activas las válvulas de la línea de operación (V_{pm1} , $V_{0/1e1}$ y V_{pe}) y la bomba B1 y aparecerá un mensaje en pantalla indicando que la línea de operación está activa y el caudal que circula por los caudalímetros C1 y C2 y el porcentaje de apertura de la válvula proporcional con accionamiento eléctrico.

En esta operación de control, cuando este activada la válvula proporcional, con accionamiento eléctrico, estará totalmente abierta.

Después de esta etapa, cuando hayan pasado los 5 minutos del quinto temporizador, hay 5 opciones para continuar el proceso; una parada de emergencia, que se active el relé térmico RT1 de la bomba B1, que el sensor de nivel detecte que el nivel de agua llegue a su nivel máximo, que haya una parada de maniobra o que pasen los 5 minutos del quinto temporizador.

Si ocurre alguna de las cuatro primeras opciones, el sistema se dirigirá a la etapa E13. De lo contrario, si pasan los 5 minutos, en la etapa E17 se activarán la válvula proporcional con accionamiento manual V_{pm2} y la bomba B2 de la línea auxiliar para un llenado rápido del depósito superior, apareciendo en pantalla un mensaje en pantalla indicando que esta línea está activada, el nivel del depósito, el caudal que circula por el caudalímetro C3 y el porcentaje de apertura de la válvula proporcional con accionamiento eléctrico V_{pe} .

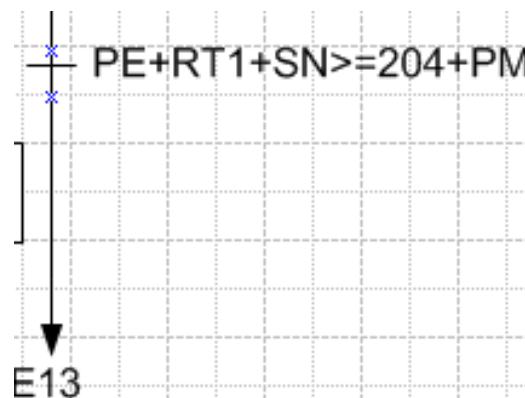


Figura 63. Opciones durante el llenado del depósito

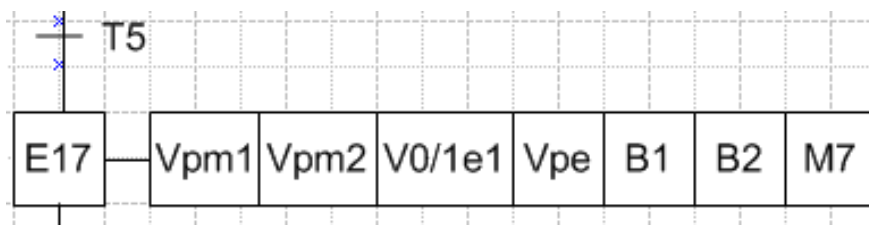


Figura 64. Activación de la línea auxiliar

Con la línea auxiliar activa, pueden ocurrir cinco opciones en el sistema (divergencia en OR); que salte algún relé térmico RT1 o RT2, lo cual irá a la etapa E7; o que haya una parada de emergencia, una parada de maniobra o que el sensor de nivel detecte que el nivel de agua ha llegado a su máximo. Si ocurre alguna de estas tres opciones se dirigirá a la etapa E8. Estas etapas ya están explicadas anteriormente, ya que son las mismas que en el control PID.

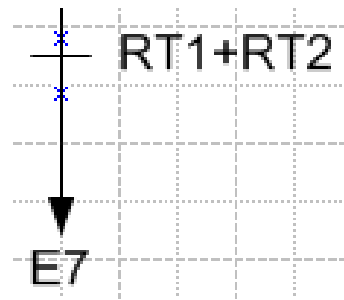


Figura 65. Activación relés térmicos

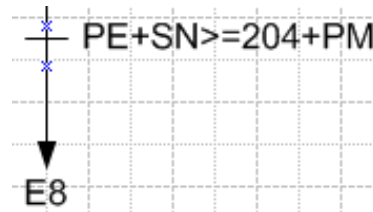


Figura 66. Acciones posibles durante el llenado

3.16 SENSOR DE NIVEL Y CAUDALÍMETROS

Aquí se explicará el funcionamiento del sensor de nivel SN y los 3 caudalímetros C1, C2 y C3. Para poder simular y comprobar el funcionamiento del programa en el autómata programable sin necesidad de montar los depósitos, las entradas analógicas IB, IC, ID e IE, correspondientes a ellos, se conectan a potenciómetros, por los que a la hora de configurarlo en Zelio Soft 2, se seleccionará la opción de potenciómetro en cada uno de ellos.

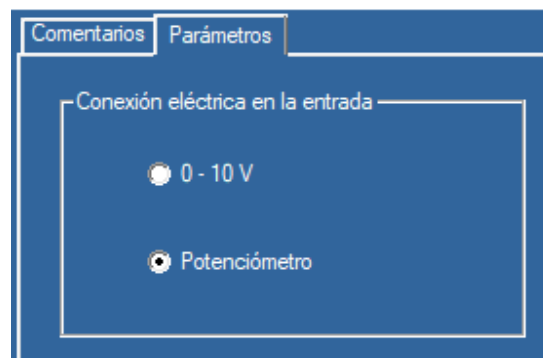


Figura 67. Conexión tipo potenciómetro

Lo siguiente será poner una ganancia para que aparezca en pantalla los litros que hay en el depósito y los litros por segundo que circula por los caudalímetros. Para ello se utilizará la función GAIN.

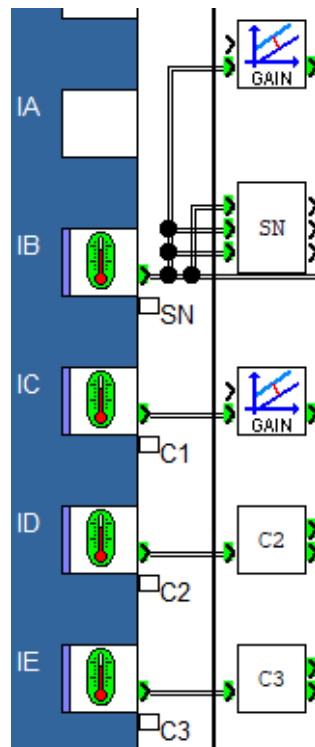


Figura 68. Ganancias en sensor de nivel y caudalímetros

La ganancia permite convertir valores analógicos por cambio de escala y offset.

La fórmula de cálculo de la ganancia es:

$$\text{Ganancia} = (A/B) \cdot X + C \quad (2)$$

siendo A el numerador de la ganancia, B el denominador de la ganancia, X el valor de entrada y C el offset.

En este trabajo, el offset no hará falta y el valor de B para SN, C1 y C2 será de 255 y para C3 es de 95, ya que se quiere que se divida el valor de entrada por el máximo de bits de cada potenciómetro.

Para el sensor de nivel SN, el valor del numerador A será 20, ya que es el máximo de litros que pueden entrar en el depósito y se verá de la siguiente manera:

GAIN (Ganancia = $A/B \times \text{valor} + C$)

Comentarios		Parámetros	
Ganancia: $y = (A/B) x + C$			
Numerador de ganancia (A)	=	<input type="text" value="20"/>	(-32768...32767)
Denominador de ganancia (B)	=	<input type="text" value="255"/>	(-32768...32767) y (no nula)
Offset (C)	=	<input type="text" value="0"/>	(-32768...32767)
Banda			
Límite superior	=	<input type="text" value="32767"/>	(-32768...32767)
Límite inferior	=	<input type="text" value="-32768"/>	(-32768...32767)

Figura 69. Ganancia del sensor de nivel para el depósito

Para el caudalímetro C1, el valor del numerador A será 3, ya que es el máximo de litros por segundos que puede circular por la línea de operación y se verá de la siguiente manera:

GAIN (Ganancia = $A/B \times \text{valor} + C$)

Comentarios		Parámetros	
Ganancia: $y = (A/B) x + C$			
Numerador de ganancia (A)	=	<input type="text" value="3"/>	(-32768...32767)
Denominador de ganancia (B)	=	<input type="text" value="255"/>	(-32768...32767) y (no nula)
Offset (C)	=	<input type="text" value="0"/>	(-32768...32767)
Banda			
Límite superior	=	<input type="text" value="32767"/>	(-32768...32767)
Límite inferior	=	<input type="text" value="-32768"/>	(-32768...32767)

Figura 70. Ganancia del caudalímetro C1

Para el caudalímetro C2, el valor del numerador A será 30 para poder luego ponerlo con valor decimal en el software Z-SCADA, ya que Zelio Soft 2 no permite decimales. Luego, mediante la función DIV, se dividirá el valor entre 10 para que aparezca el valor entero con un máximo de 3 litros por minuto.

GAIN (Ganancia = $A/B \times \text{valor} + C$)

Comentarios		Parámetros	
Ganancia: $y = (A/B) \times x + C$			
Numerador de ganancia (A)	=	30	(-32768...32767)
Denominador de ganancia (B)	=	255	(-32768...32767) y (no nula)
Offset (C)	=	0	(-32768...32767)
Banda			
Límite superior	=	32767	(-32768...32767)
Límite inferior	=	-32768	(-32768...32767)

Figura 71. Ganancia caudalímetro C2

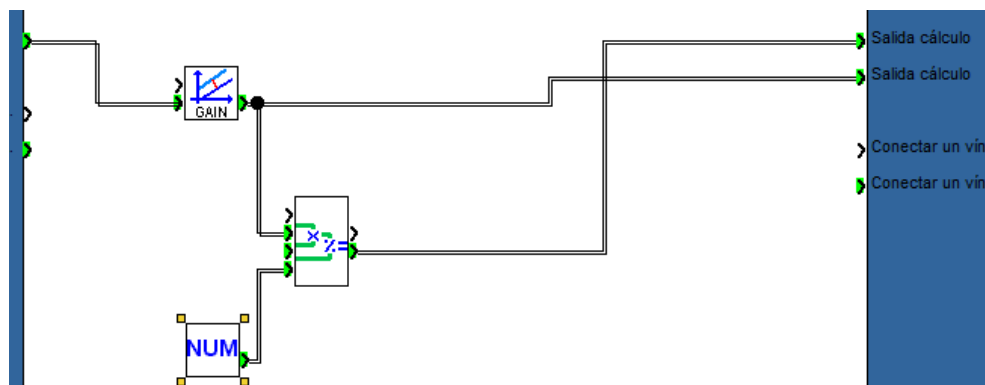


Figura 72. Operación dividir para el caudalímetro C2

La salida superior se utilizará para que aparezca por la pantalla del autómata programable y la inferior será la que se utilice para el Z-SCADA.

Para el caudalímetro C3, el valor del numerador A será 90 por el mismo motivo que C2, con la única diferencia que por la línea auxiliar pueden circular hasta 9 litros por minuto.

GAIN (Ganancia = $A/B \times \text{valor} + C$)

Comentarios		Parámetros	
Ganancia: $y = (A/B) \times x + C$			
Numerador de ganancia (A)	=	<input type="text" value="90"/>	(-32768...32767)
Denominador de ganancia (B)	=	<input type="text" value="95"/>	(-32768...32767) y (no nula)
Offset (C)	=	<input type="text" value="0"/>	(-32768...32767)
Banda			
Límite superior	=	<input type="text" value="32767"/>	(-32768...32767)
Límite inferior	=	<input type="text" value="-32768"/>	(-32768...32767)

Figura 73. Ganancia caudalímetro C3

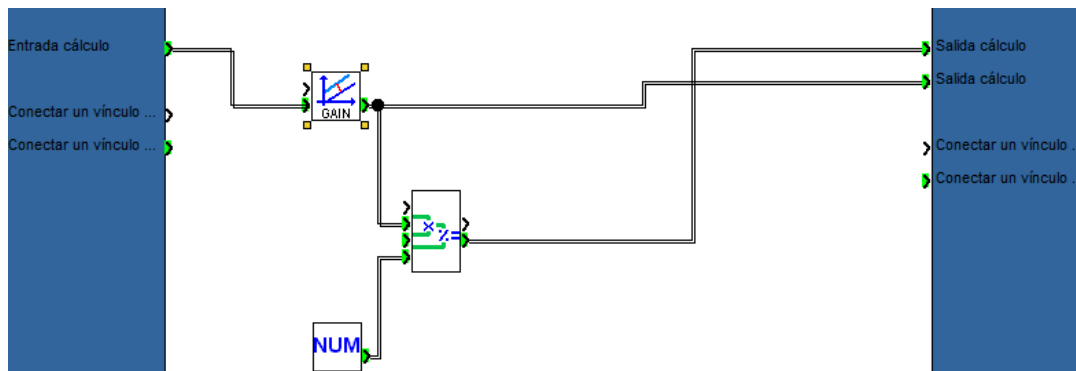


Figura 74. Operación dividir para el caudalímetro C3

3.17 APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS Y BOMBAS

Cuando se active la línea de operación o auxiliar, previamente se abrirán las válvulas de cada línea durante 3 segundos antes de que se activen las bombas, para evitar que las bombas trabajen en vacío y puedan dañarse por un sobrecalentamiento producido, por ejemplo, por trabajar en vacío.

Al igual que cuando el proceso llega a su fin debido al llenado del depósito superior o por una parada de maniobra, primero deberán dejar de funcionar las bombas y luego, pasados unos segundos, cerrarse las válvulas, debido al mismo motivo descrito en el párrafo anterior.

3.18 PERTURBACIÓN

En este apartado se explicarán las especificaciones y forma de funcionamiento de la perturbación ejercida sobre el sistema.

La perturbación se ejercerá a través de las válvulas Todo/Nada situadas en la zona inferior del depósito superior y la manera de programar la perturbación se hará mediante la válvula Todo/Nada con accionamiento eléctrico.

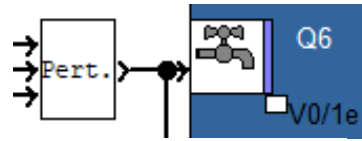


Figura 75. Perturbación

Para explicar su funcionamiento, se mostrará su macro para mejor comprensión.

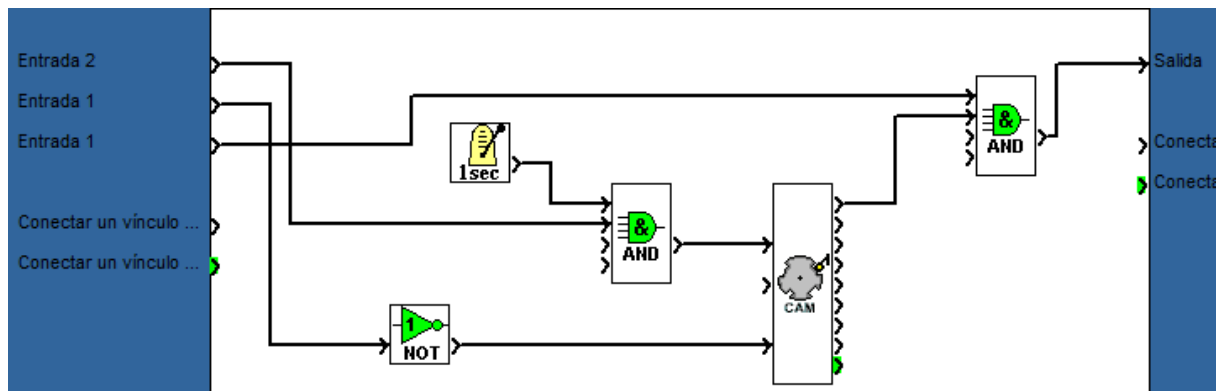


Figura 76. Macro de la perturbación

La primera condición para su funcionamiento es que el sensor de nivel detecte que el nivel del depósito sea mayor que 0 (entrada 2). Cuando esto se produce, se genera una señal cuadrada de período 1s, de forma que se activa la función CAM. Cuando el botón Pert. esté desactivado, se pone la función CAM a cero.

La función CAM genera una secuencia de 50 ceros y unos, programada previamente, de período 1s, (como se muestra en la figura 77). Esta secuencia será la que simule la perturbación a través de la correspondiente válvula.

CAM BLOC

Comentarios Parámetros

Número de paso del programa 50

Posición	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 77. Parámetros de la función CAM

Y la segunda y última condición para activar la perturbación, es que la salida 1 de la función CAM junto con la activación del botón Pert. activará la válvula Todo/Nada con accionamiento eléctrico. Si se vuelve a desactivar el botón, dejará de ejercerse la perturbación en el sistema.

3.19 VÁLVULA PROPORCIONAL CON ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

En esta válvula, que es una salida analógica en el autómata programable, es donde se ejerce el control PID y su funcionamiento y especificaciones será la siguiente.

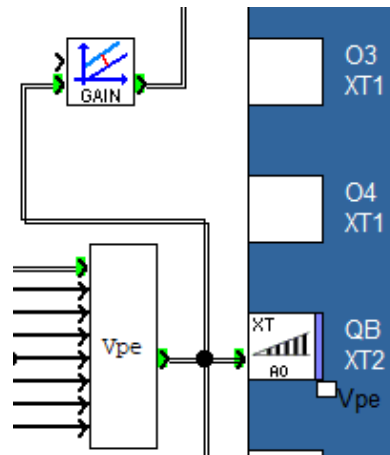


Figura 78. Válvula Vpe

A continuación, se mostrará y explicará la macro Vpe.

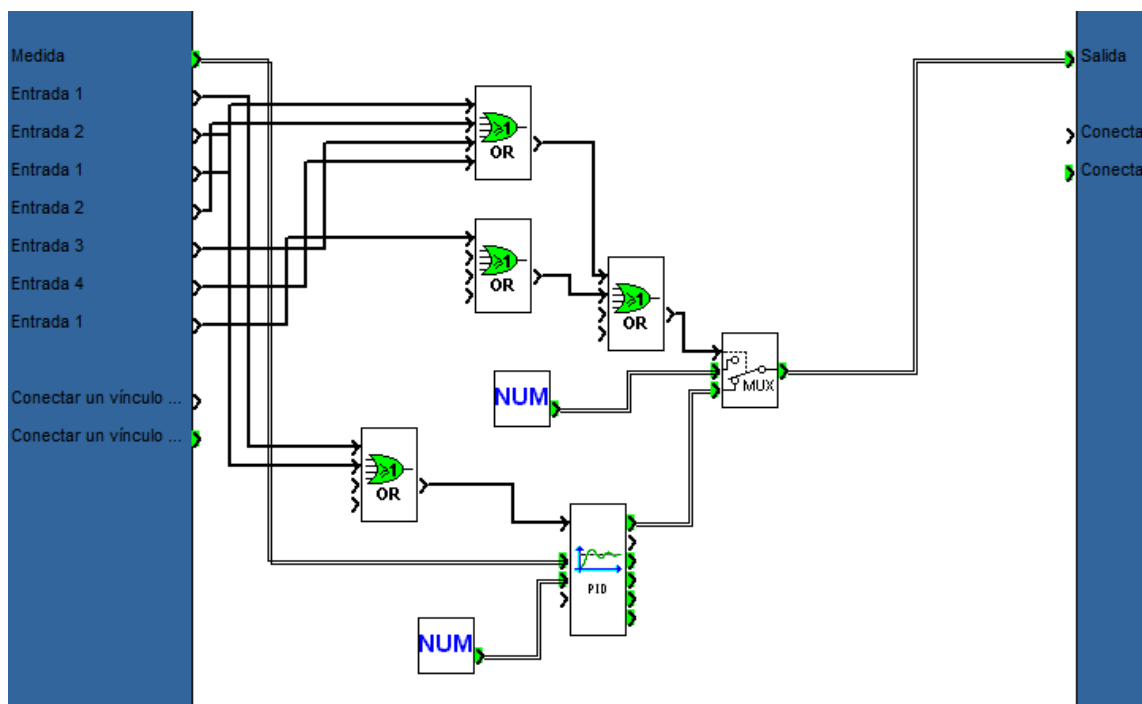


Figura 79. Macro de la válvula Vpe

Se diferenciarán dos partes, la parte superior que va a la primera entrada del multiplexor y la parte inferior que va a la tercera entrada del multiplexor.

La parte superior sirve para activar la válvula en la apertura antes y después (etapas E1, E10, E12) del funcionamiento de las bombas, y para el control Todo/Nada (etapas E16 y E17).

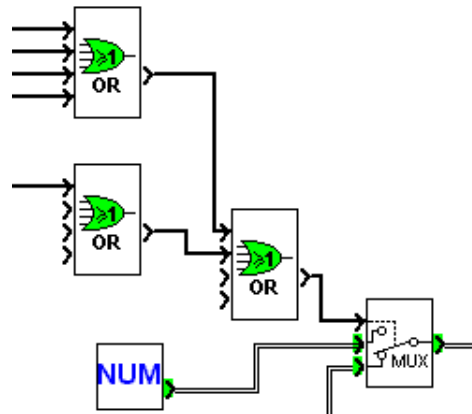


Figura 80. Operación de control Todo/Nada en la válvula Vpe

Y la parte inferior es cuando esté activo el control PID, donde la primera entrada de la función PID es para activarla, la cual se activa con las etapas E5 y E6; la primera entrada analógica es para la medida que será el del primer caudalímetro y la segunda entrada analógica será la preselección de consigna que es una constante numérica cuyo valor será 0.

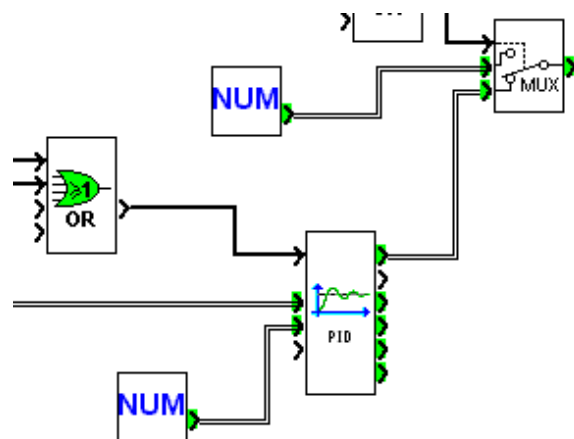


Figura 81. Operación de control PID en la válvula Vpe

A continuación, se mostrará los datos de la función PID para este sistema.

Controlador PID

Comentarios Parámetros

Configuración de salida

Analógica

PWM digital

Acción

Directa

Inversa

Valor de consigna (0 .. 32767)

Configuración

Flujo

T x 0,1 s

Kp x 0,1

Ti s

Td s

PWM

Periodo PWM x 0,1 s

Figura 82. Parámetros de la función PID

El valor de la constante numérica que va unida a la segunda entrada digital del multiplexor es de 1023, que sería el valor máximo de la válvula.

El multiplexor activará la salida según el tipo de control que esté activo. La función de ganancia que hay a la salida de la macro es para mostrar en pantalla el porcentaje de apertura de la válvula según el tipo de control que esté activo, al igual que pasaba anteriormente con el sensor de nivel y los caudalímetros.

GAIN (Ganancia = A/B x valor + C)

Comentarios Parámetros

Ganancia: $y = (A/B) x + C$

Numerador de ganancia (A) = (-32768...32767)

Denominador de ganancia (B) = (-32768...32767 y (no nula)

Offset (C) = (-32768...32767)

Figura 83. Ganancia de la válvula Vpe

3.20 BLOQUE ZCOM

A continuación, se explicará el bloque ZCOM que será el que permita la comunicación entre el software Zelio Soft 2 y el software Z-SCADA.



Figura 84. Bloque ZCOM

3.20.1 ENTRADAS

En las entradas se colocarán los elementos que estarán activos o no, como son las bombas B1 y B2, y las válvulas Vpm1, Vpm2, V0/1e1, V0/1e y Vpe. Van conectadas directamente desde el Bit01 al Bit07, excepto la válvula V0/1e para la perturbación, la cual irá a un comparador que se activará cuando sea mayor que 0.

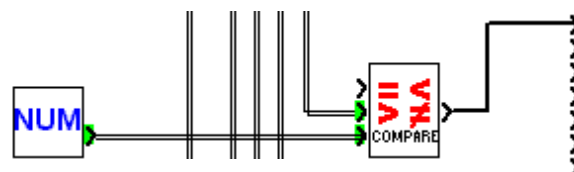


Figura 85. Activación de la perturbación en ZCOM

El Bit16 se utiliza para activar la alarma sonora cuando se active alguno de los dos relés térmicos y se activará de la siguiente manera.

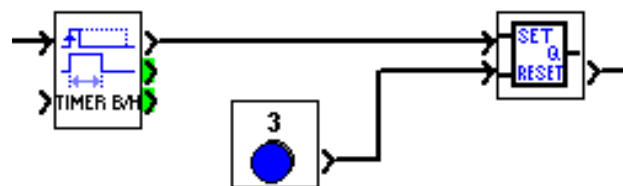


Figura 86. Activación alarma

Habrà un temporizador que darà un impulso de 0,1 segundos cuando se active alguno de los dos relés térmicos y hará que se active el set haciendo sonar la alarma. Para

detener la alarma sonora, habrá que pulsar el pulsador 3, aunque el relé térmico siga activo.

Y, por último, los cuatro valores analógicos, que serán las medidas que se quiere que aparezcan en el Z-SCADA; el caudal de entrada en el depósito (C2 y C3), el nivel del depósito y la apertura de la válvula proporcional.

3.20.2 SALIDAS

Las salidas del bloque se utilizan para poder seleccionar las acciones que se quieran realizar en el Z-SCADA; que serán para iniciar el sistema, seleccionar el tipo de control que se quiera realizar, activar la perturbación y para la parada de maniobra. Aquí no se incluye la parada de emergencia, ya que se realiza con una seta de emergencia externa.

En el Z-SCADA no se pueden programar interruptores, sólo pulsadores. Por este motivo, se utilizarán dos salidas para seleccionar el tipo de control y la perturbación. Esto se consigue empleando biestables SR de la siguiente forma:

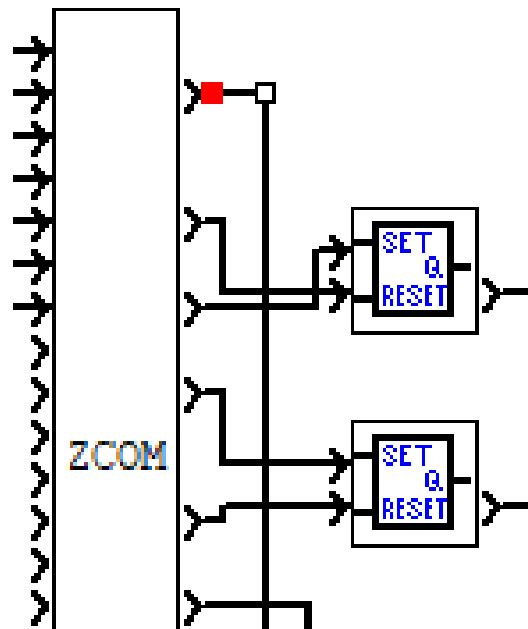


Figura 87. Salidas bloque ZCOM

La segunda y tercera salida se utilizará para seleccionar el tipo de control en el Z-SCADA, se activará cuando se seleccione una opción y hará el Reset cuando se seleccione la otra opción.

La cuarta y quinta salida se utilizará para activar la perturbación en el Z-SCADA y cuando se seleccione la otra opción hará el Reset y parará la perturbación. Estas opciones aparecerán en la pantalla del Z-SCADA.

En el interior del ZCOM estarán las funciones necesarias para transformar los bits a palabras y viceversa, para que esto sea posible.

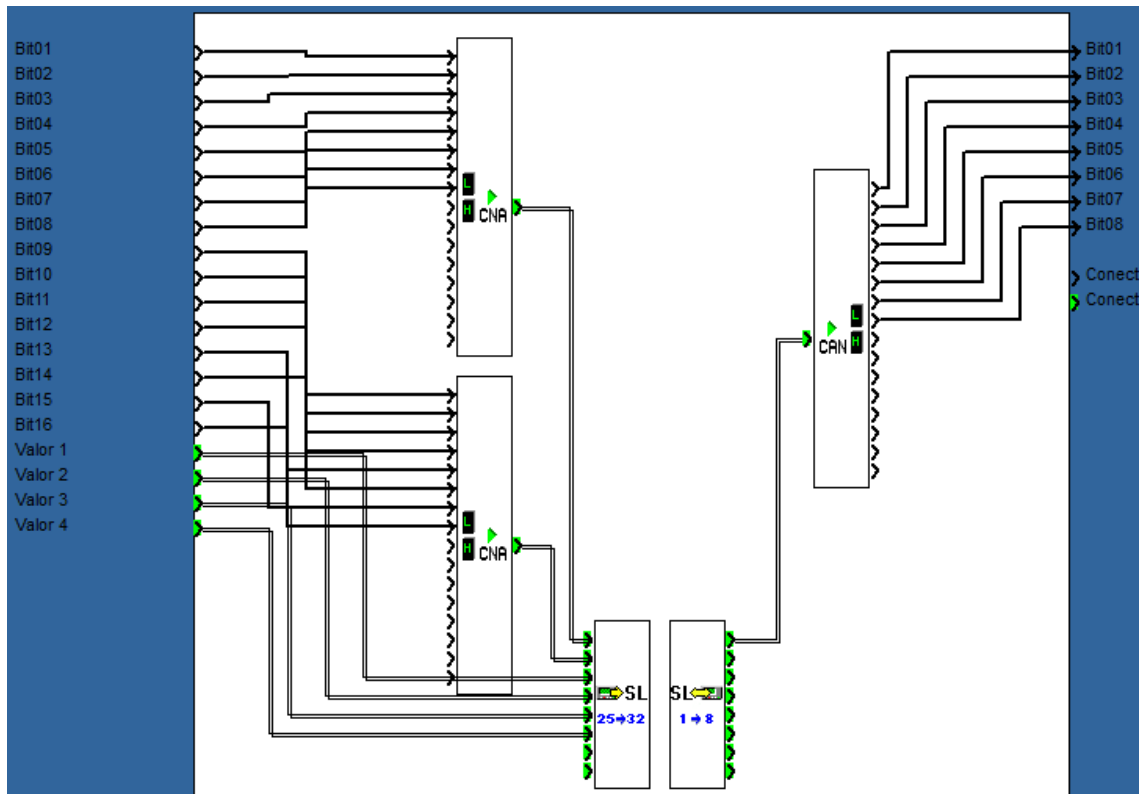


Figura 88. Macro del bloque ZCOM

3.21 ESTADO DE LAS VÁLVULAS SEGÚN LA OPERACIÓN DE CONTROL

En este apartado se explicará el estado de las válvulas en las distintas operaciones de control. En la primera etapa (E1) las válvulas de la línea de operación (Vpm1, V0/1e1 y Vpe) estarán totalmente abiertas. Cuando esté activo el control PID, las válvulas que estén activas estarán totalmente abiertas y la válvula Vpe se irá regulando hasta llegar a su nivel máximo de apertura y se irá indicando en pantalla. Y cuando esté activo el control Todo/Nada las válvulas que estén activas estarán totalmente abiertas incluida la válvula Vpe. De lo contrario, en ambos casos las válvulas estarán totalmente cerradas.

3.22 RELÉS TÉRMICOS

En este proyecto de diseño, se simularán los relés térmicos RT1 y RT2 de las bombas B1 y B2 respectivamente, mediante dos entradas en el autómata programable, reflejadas con el Zelio Soft 2 de la siguiente forma.

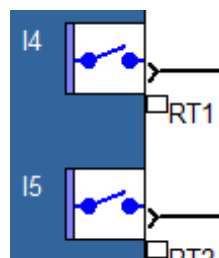


Figura 89. Contactos relés térmicos

Se simulará la activación de los relés cuando se active el botón RT1 o RT2 del autómata programable, siempre y cuando las bombas estén funcionando y se indicará en pantalla, volviendo a la etapa inicial (E0) cuando se desactive el relé seleccionado. En Z-SCADA, cuando se active un relé térmico sonará una alarma.

4 INTERFAZ DE USUARIO

El interfaz de usuario utilizado será el software Z-SCADA, ya que es el único SCADA disponible en el mercado que puede trabajar con los autómatas programables de la serie ZELIO del fabricante Schneider.

En general, un software SCADA es una herramienta utilizada en la automatización de procesos industriales que permite supervisar, controlar y recopilar datos, generando informes.

Particularizando al Z-SCADA, se podrán realizar las siguientes funciones

- Controlar los procesos industriales de forma local o remota.
- Monitorear, recopilar y procesar datos en tiempo real.
- Interactuar directamente con dispositivos como sensores, válvulas, etc.
- Grabar secuencialmente en un archivo o base de datos acontecimientos que se producen en un proceso productivo.
- Crear paneles de alarma en fallas de máquinas por problemas de funcionamiento.
- Gestionar el mantenimiento con las magnitudes obtenidas.
- El control de calidad mediante los datos obtenidos.

A continuación, se mostrará la configuración y el funcionamiento del software para este trabajo. Se comienza con la pantalla principal del Z-SCADA, que se configura en la pestaña 'Opciones'.

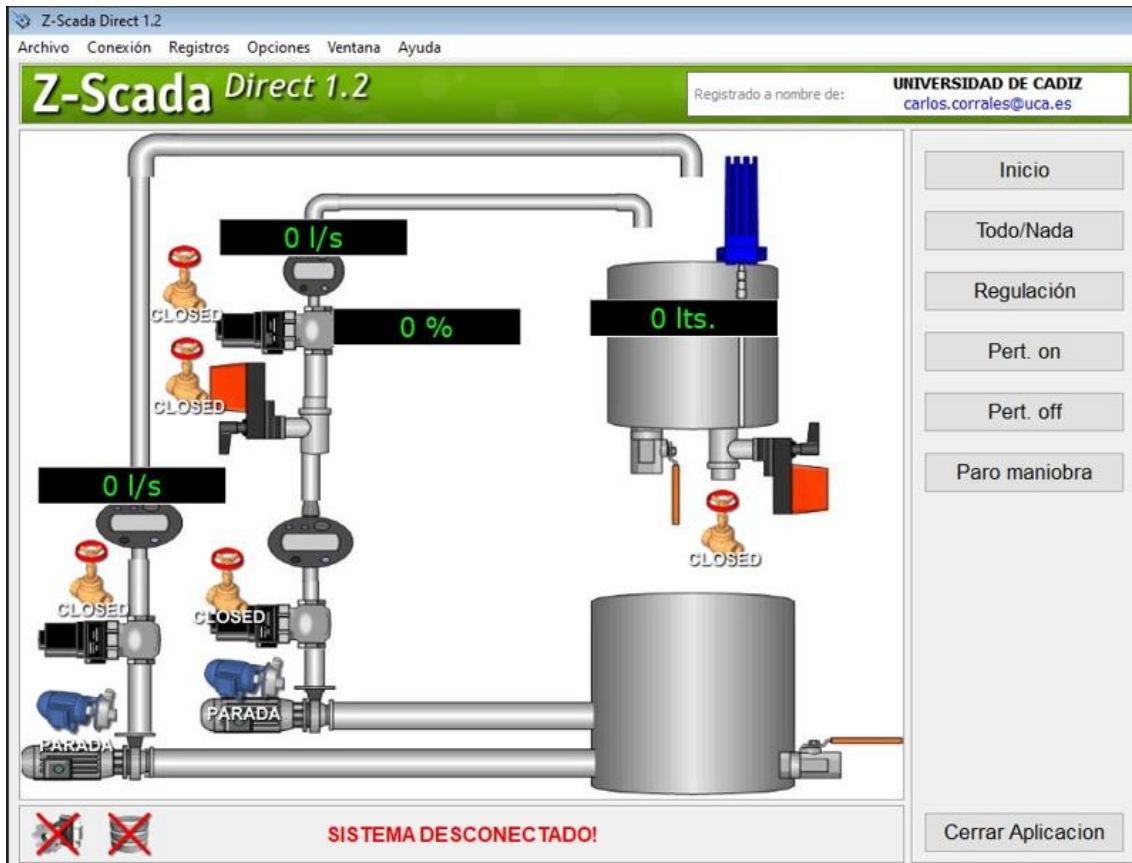


Figura 90. Pantalla principal Z-SCADA

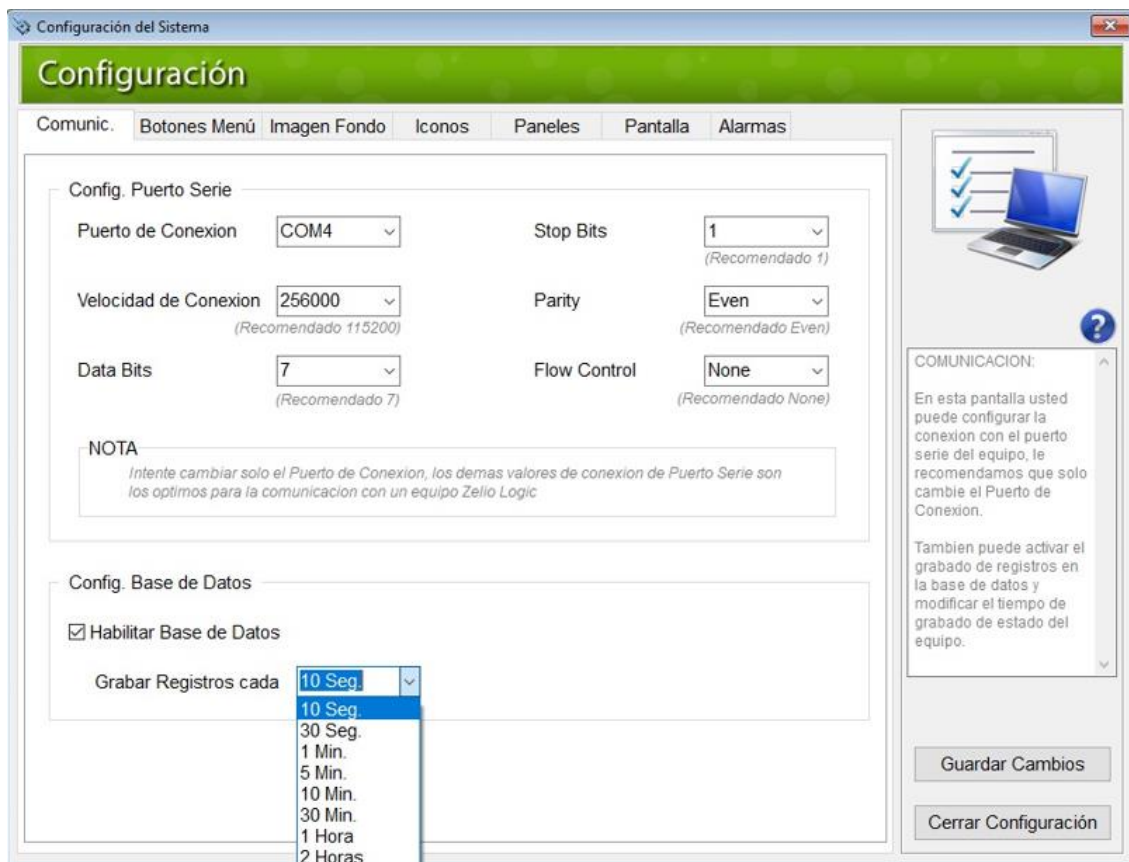


Figura 91. Configuración comunicación Z-SCADA

En esta primera pantalla de Comunicación, se selecciona el puerto de conexión RS232, el puerto COM4 en este caso; para la velocidad de conexión se ha escogido la máxima y el resto de configuración del puerto serie se ha dejado por defecto. Por último, en configuración de la base de datos, habría que habilitarlo para poder almacenar los datos en el ordenador, pudiéndose elegir cada cuanto tiempo se quisiese realizar un registro.

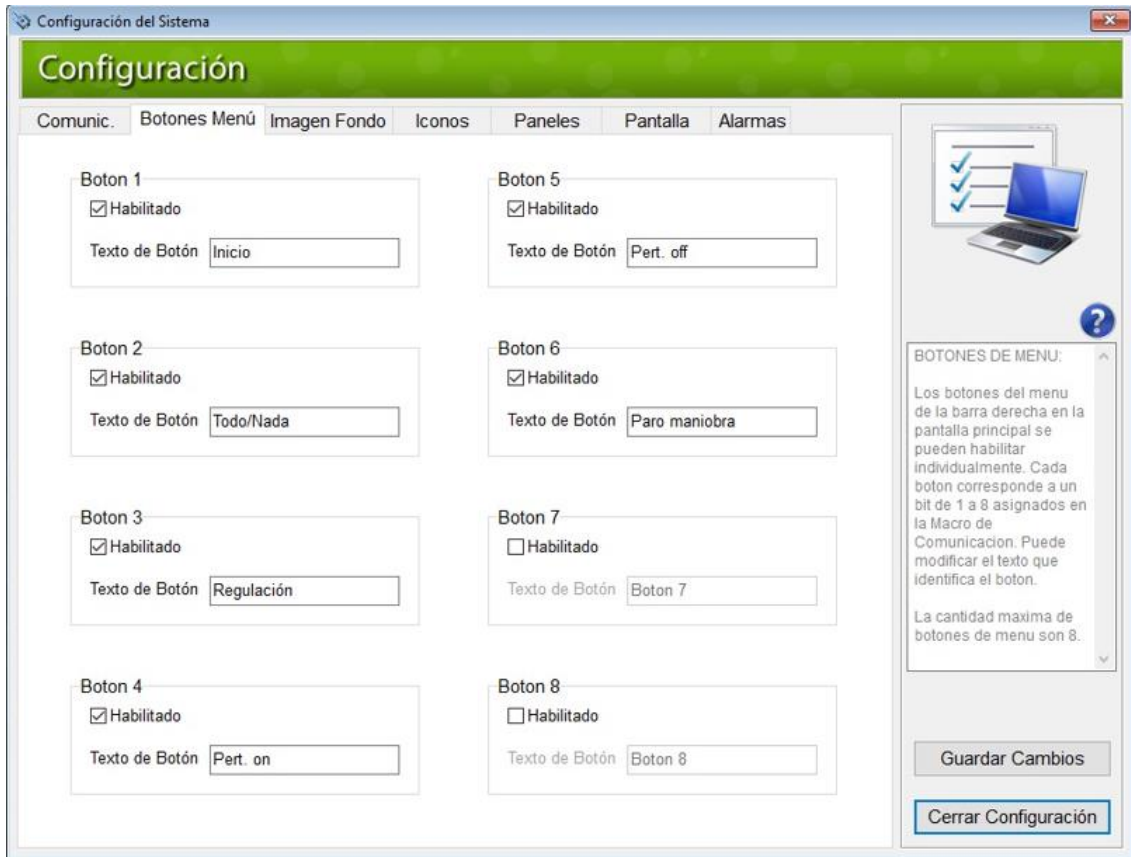


Figura 92. Configuración botones menú Z-SCADA

En la segunda pantalla (figura 92) se configurarán los botones del menú. Hay que recordar que, a diferencia del Zelio Soft2, los botones actúan como pulsadores y según lo descrito anteriormente, se han habilitado los botones como se muestra en la imagen.

- Botón 1: para iniciar el sistema
- Botón 2: selección de la operación de control Todo/Nada
- Botón 3: selección de la operación de control PID
- Botón 4: activación de la perturbación
- Botón 5: desactivación de la perturbación
- Botón 6: parada de maniobra

La siguiente pestaña (figura 93) es para configurar la imagen de fondo, en este caso se ha añadido una imagen creada para este sistema.

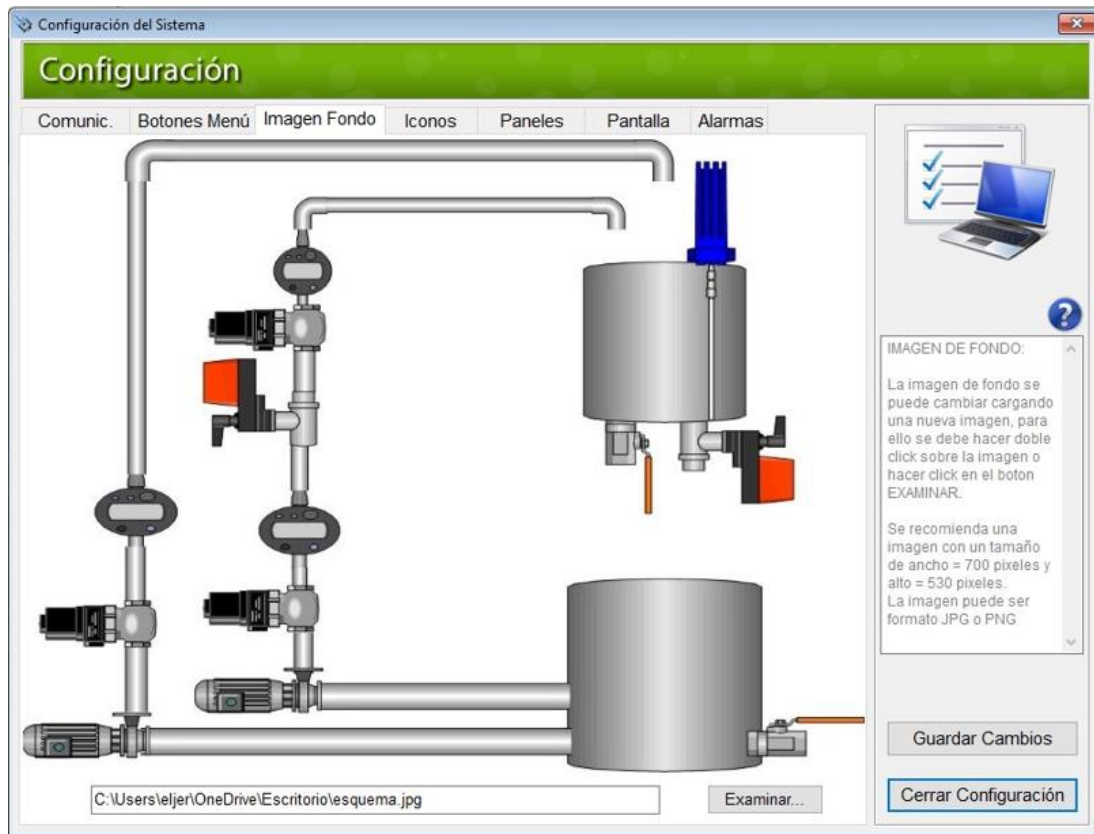


Figura 93. Configuración imagen de fondo Z-SCADA

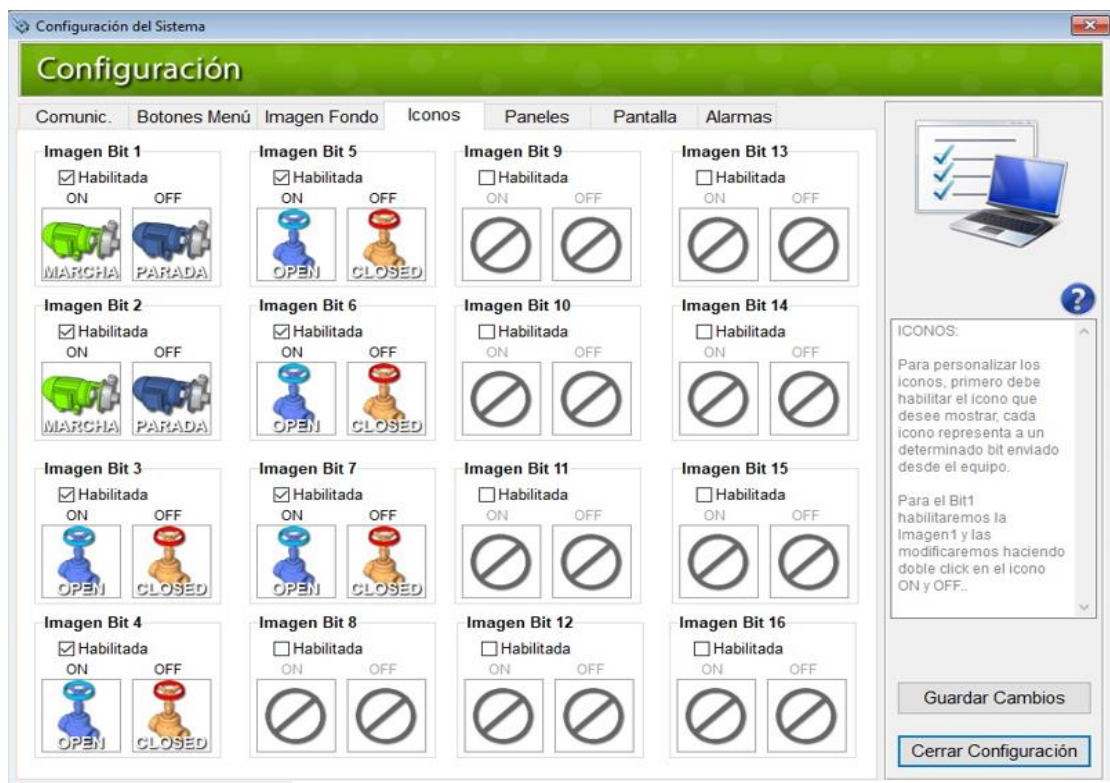


Figura 94. Configuración iconos Z-SCADA

La siguiente pestaña (figura 94) es para configurar los iconos, en el caso de este sistema se habilitarán iconos, para las bombas B1 y B2 y para las válvulas Vpm1, Vpm2, V0/1e1, Vpe y V0/1e. En cada una hay diferente para su estado según esté activado o desactivado.

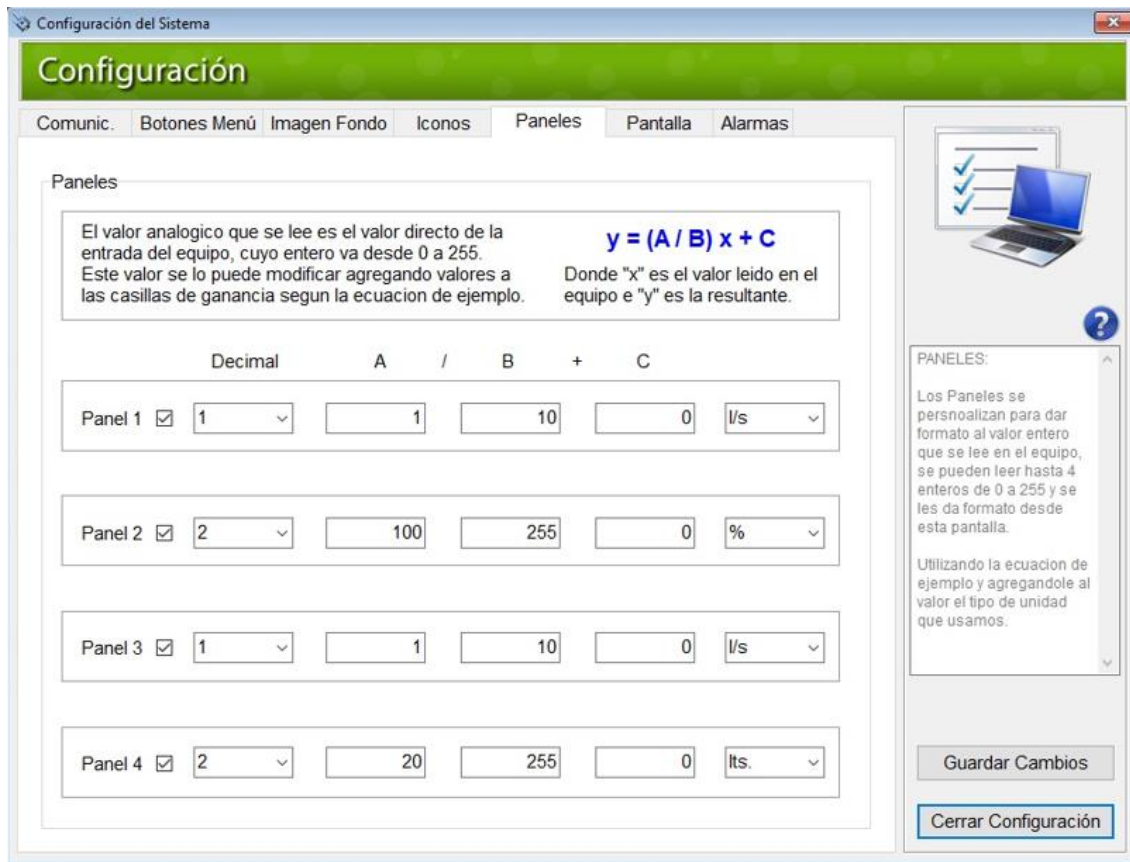


Figura 95. Configuración de los paneles Z-SCADA

En la siguiente pestaña (figura 95) se configurarán los cuatro paneles que aparecerán, serán los 4 valores analógicos del bloque ZCOM del Zelio Soft 2, que son los siguientes:

- Panel 1: caudalímetro C3
- Panel 2: porcentaje de apertura de la válvula Vpe
- Panel 3: caudalímetro C2
- Panel 4: nivel del depósito

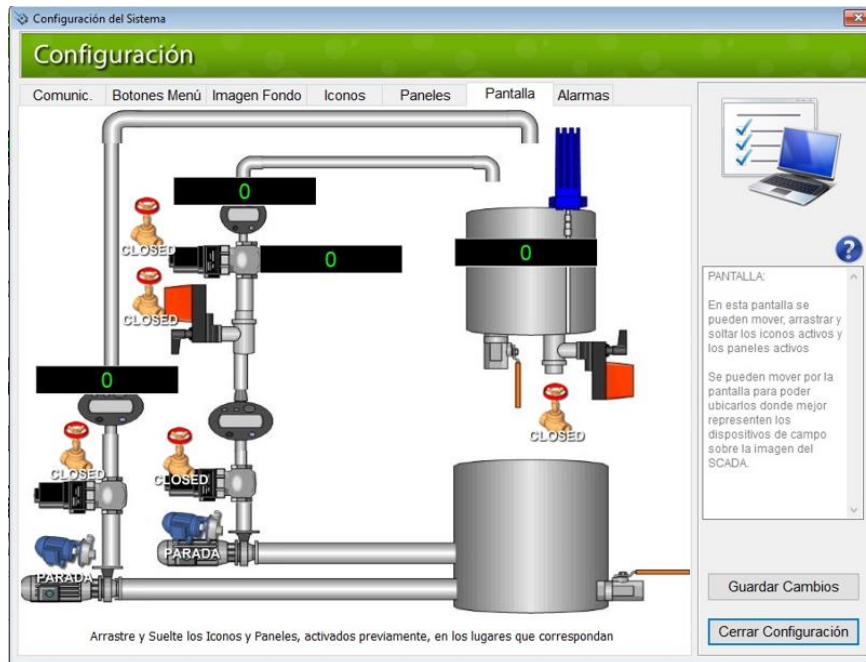


Figura 96. Configuración de la pantalla Z-SCADA

En la configuración de pantalla (figura 96) es donde se colocarán los iconos y paneles en sus respectivos lugares en la imagen de fondo, teniendo en cuenta de no equivocarse y poner un panel en el lugar de otro o con las válvulas.

Finalmente, la última pestaña de la configuración (figura 97) es para habilitar la alarma sonora, que como ya se explicó anteriormente será para cuando se active algún relé térmico. Valdría cualquier fichero de sonido en formato mp3.

Una vez configurado el software y habiendo habilitado el almacenamiento de los datos, habrá que conectar el software al equipo y para ello habrá que entrar en la pestaña Conexión y pinchar en conectar.

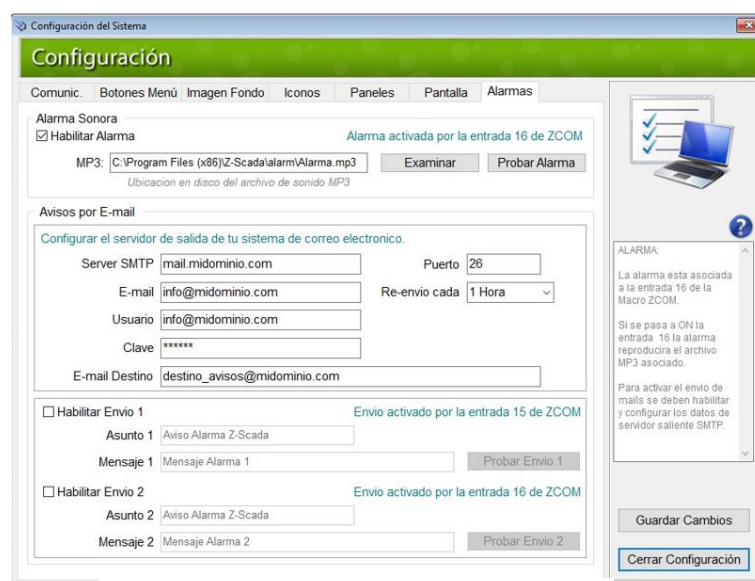


Figura 97. Configuración de la alarma Z-SCADA

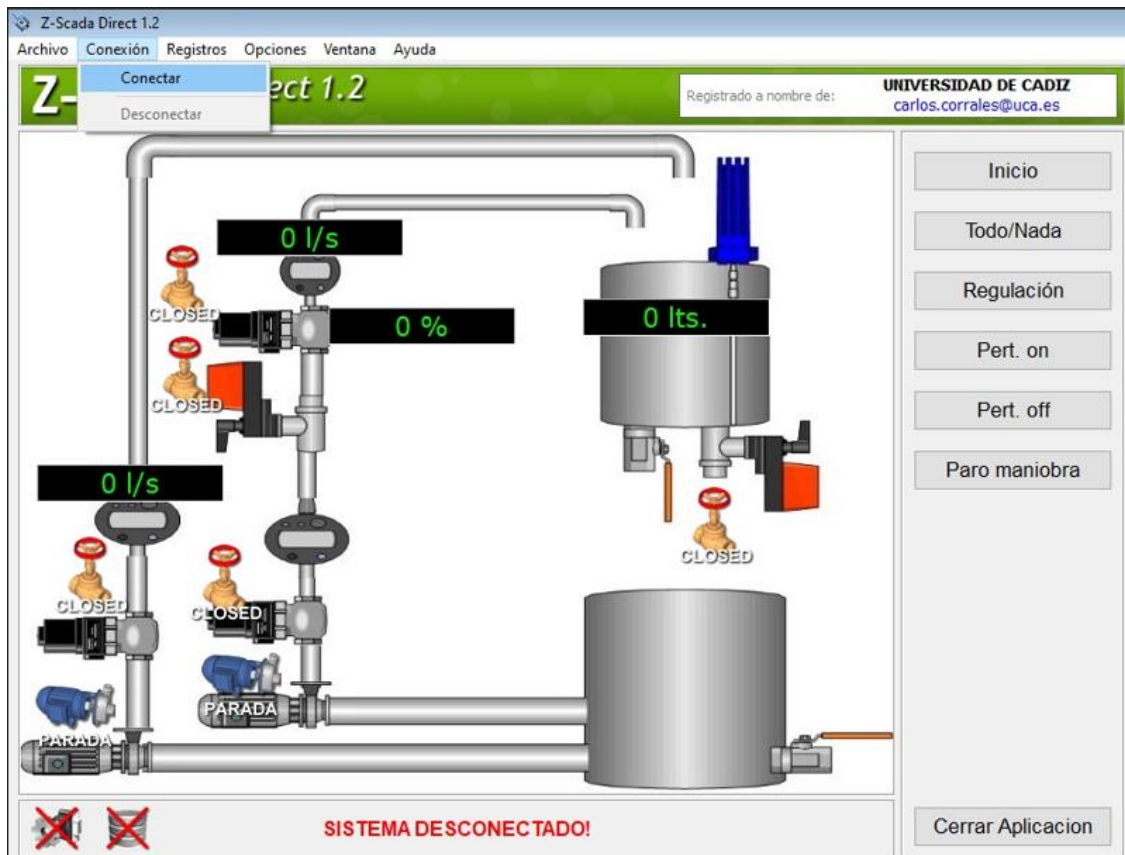


Figura 98. Conectar Z-SCADA

Si todo está correcto, para guardar los datos tendrán que aparecer los dos iconos de abajo a la izquierda de color azul y sin la cruz. De esta forma, ya se podrá usar el sistema con las acciones a seleccionar en el costado derecho.

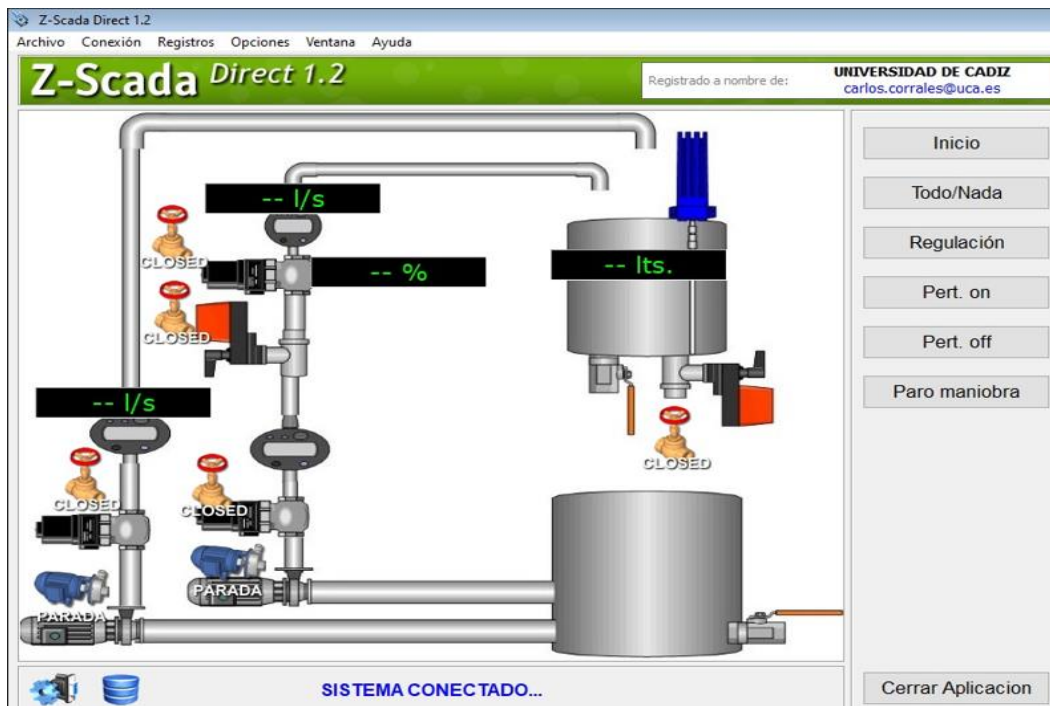


Figura 99. Sistema conectado Z-SCADA

Para ver los datos guardados, habrá que seleccionar la pestaña de registros y ver registros guardados. Y una vez se haya accedido aparecerá una tabla con todos los datos guardados, teniendo además la posibilidad de imprimirlos.

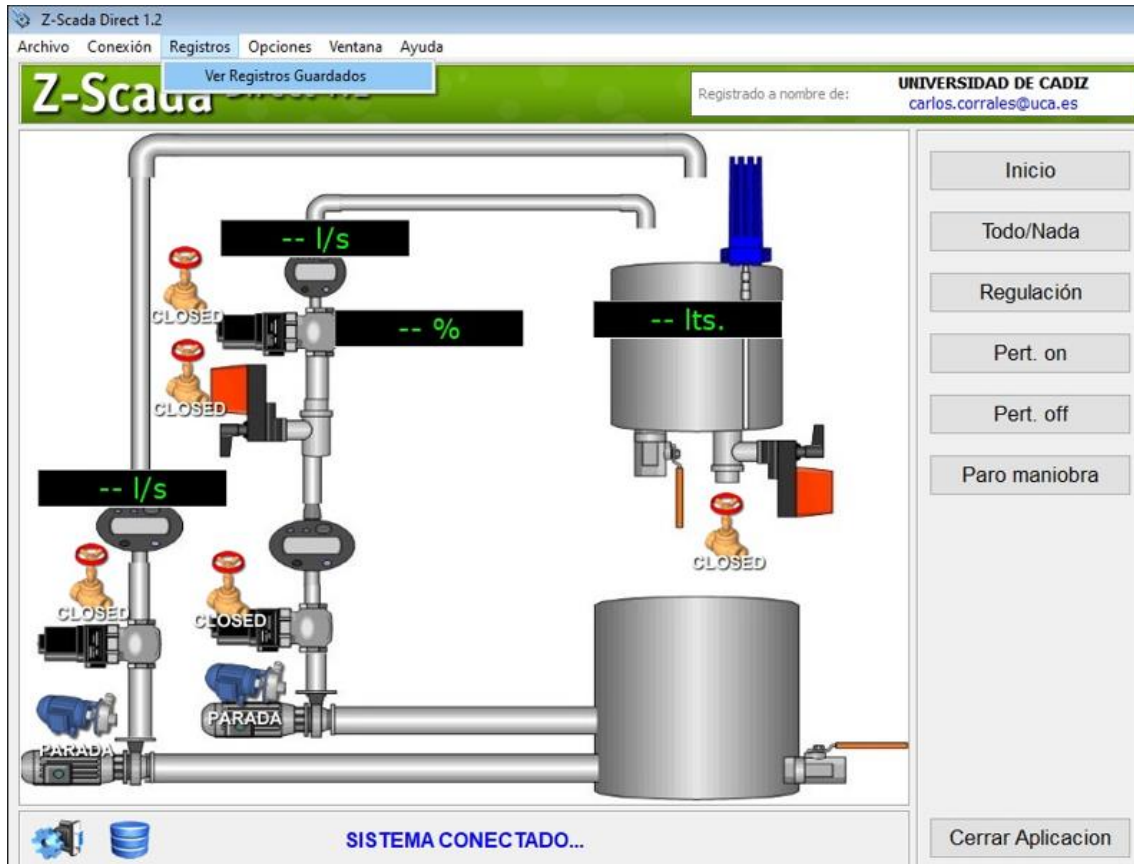


Figura 100. Ver registros guardados Z-SCADA

Consulta Log en Base de Datos

Consulta Log y Base de Datos

Registro de Lectura Estados Entradas

Ordenar por: Fecha Descendente Activar Filtro Desde: 01/01/2010 Hasta: 28/09/2011

Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Val 1	Val 2	Val 3	Val 4
23/06/2022 18:01:34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
23/06/2022 18:01:14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	0	23	0
23/06/2022 18:01:04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	90	0	23	0
16/06/2022 17:11:07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	0	12	21
16/06/2022 17:10:37	-	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	64	0	12	21
16/06/2022 17:10:27	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	255	12	21
16/06/2022 17:10:17	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	64	255	12	41
16/06/2022 17:10:07	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	64	255	12	45
16/06/2022 17:09:47	Si	Si	Si	Si	Si	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	255	12	0

Registro de Comandos Enviados

Fecha	Bit1	Bit2	Bit3	Bit4	Bit5	Bit6	Bit7	Bit8
16/06/2022 17:09:53	-	-	-	-	Si	-	-	-
16/06/2022 17:09:14	Si	-	-	-	-	-	-	-
16/06/2022 17:08:56	-	-	Si	-	-	-	-	-
16/06/2022 10:44:21	Si	-	-	-	-	-	-	-
16/06/2022 10:44:16	-	Si	-	-	-	-	-	-

Ordenar por: Fecha Descendente Ascendente

Imprimir Cerrar Consulta

Figura 101. Registros Z-SCADA

A continuación, se mostrará alguna captura del interfaz de usuario, con el software Z-SCADA funcionando.

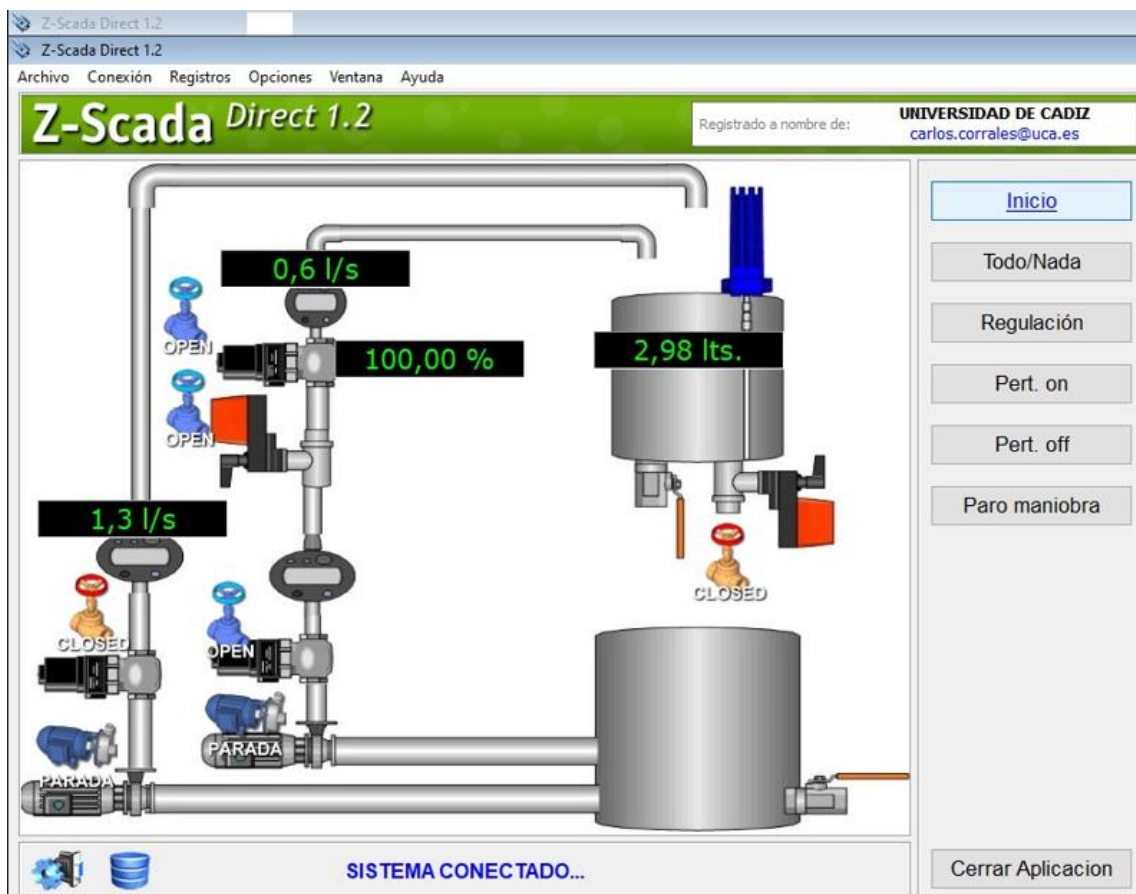


Figura 102. Ejemplo 1 Z-SCADA

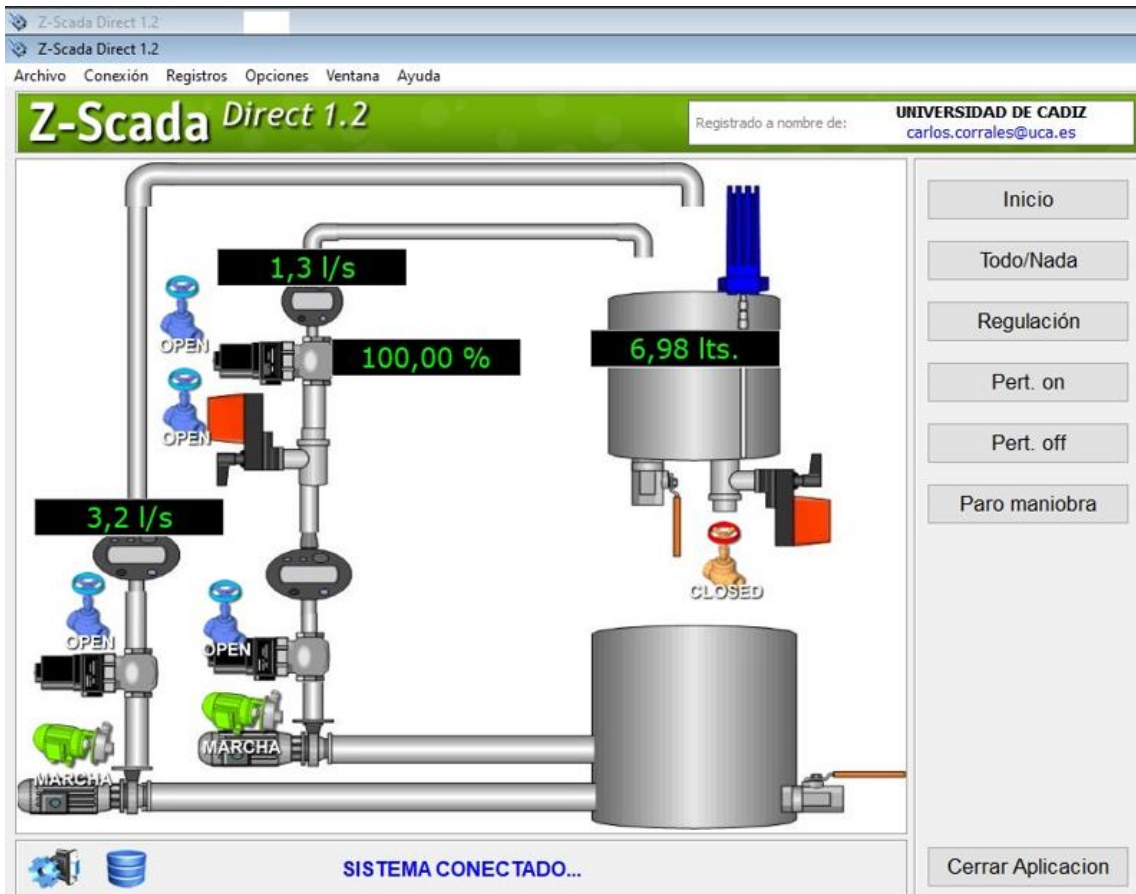


Figura 103. Ejemplo 2 Z-SCADA

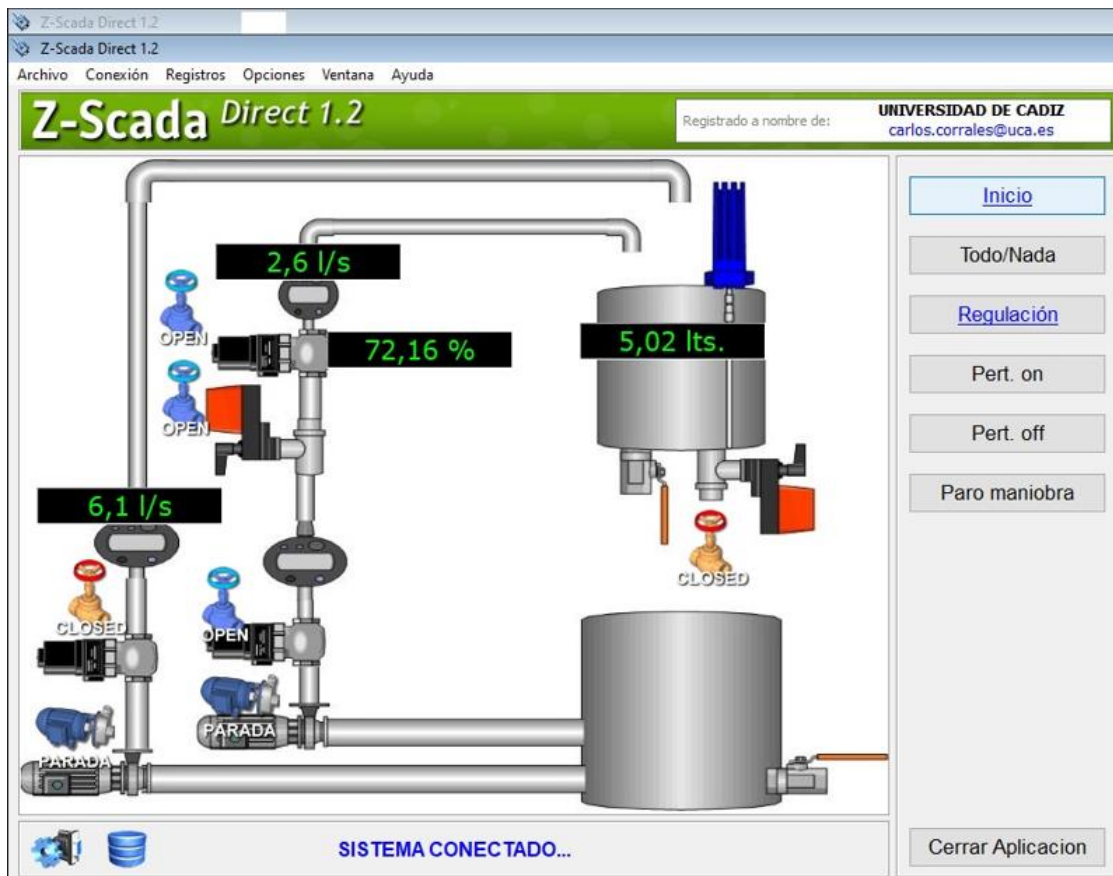


Figura 104. Ejemplo 3 Z-SCADA

5 PRESUPUESTO

En el presupuesto no se indicará las horas de diseño ni el IVA. Tampoco se muestra el precio del software Zelio Soft 2 y Z-SCADA, ya que son gratuitos para los usuarios de la serie ZELIO y para los centros de enseñanza. Por tanto, el presupuesto final queda indicado en la tabla 12.

Cantidad	Concepto	Precio un.	Precio
1	Sensor de nivel capacitivo	546,92	546,92
1	Bomba principal	83,47	83,47
1	Bomba auxiliar	152,88	152,88
3	Caudalímetro	131,31	393,93
2	Válvula proporcional manual	108,91	217,82
1	Válvula proporcional eléctrica	75,13	75,13
2	Válvula on/off manual	12,42	24,84
2	Válvula on/off eléctrica	12,43	24,86
1	Adaptador de 5 mm a 9.525 mm	1,15	1,15
2	Acoplamiento de compresión de latón RS de 9.525 mm a 12.7 mm	36,47	72,94

1	Racor neumático SMC KQ208-U03 para tubo de 8 mm a conexión de 9.525 mm	2,72	2,72
1	módulo sr3b261bd	154,72	154,72
1	módulo de extensión sr3xt43bd	137,05	137,05
1	Módulo Telemecanique AB17RM2401	143,78	143,78

TOTAL	2.032,21
--------------	-----------------

Tabla 12. Presupuesto

6. CONCLUSIONES

- El uso, en este trabajo, de la lógica programada (autómatas programables) y del GRAFCET, frente a la lógica cableada (contactores y relés auxiliares) y programación LADDER, junto a la posibilidad de simulación y supervisión del software Zelio Soft 2, ha facilitado enormemente la depuración (identificación y corrección de errores) de la automatización del proceso.
- El empleo del mismo hardware y software de automatización utilizado en las prácticas de la asignatura Sistemas de Regulación y Control ha permitido, por una parte, no perder tiempo en la adaptación a otros equipos, y por otra, ver una aplicación real de los conocimientos adquiridos en clase.
- El software empleado tiene la ventaja de ser intuitivo y gratuito, pero tiene algunas limitaciones (tamaño de programa, número de entradas/salidas, número de iconos y botones en el SCADA, etc.) que no lo hace idóneo para procesos con mayor número de componentes y complejidad.
- A la hora de realizar el GRAFCET del proceso, ha sido fundamental el uso del GEMMA como plantilla inicial del mismo, ya que de esta forma se han podido tener en cuenta todas las posibilidades de marcha y paro, y de este modo, no hay

que estar rehaciéndolo cuando se detecta que falta alguna especificación de funcionamiento.

- La conexión tipo serie entre el ordenador que tiene instalado el SCADA y el autómatas programable, no es la más adecuada en estos casos, ya que origina un retraso en la respuesta de ambos de 1 o 2 segundos, a pesar de utilizar la velocidad máxima admitida (256.000 baudios).
- El diseño de la unidad didáctica se ha realizado a partir de una serie de especificaciones dadas, pero a lo largo del desarrollo mismo se ha visto la necesidad de añadir algunas que no constaban, como la detección de fallo en las bombas o la posibilidad de parar la maniobra en cualquier momento. Todo esto, ha supuesto una mejora en las especificaciones de partida.

7. BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

7.1 BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes y conocimientos adquiridos en las asignaturas de “Regulación y Control” y “Física II”
- Trabajo fin de grado sobre el control de un proceso de pesaje, Javier García Cavero 2015, [Enlace TFG](#)
- Manual programación en Zelio, <https://www.z-scada.com/dwnld/TutorialZelio.pdf>
- Libro autómatas programables, José Luís Romeral y Josep Balcells 1997, <https://cupdf.com/document/automatas-programables-josep-balcells.html?page=2>

7.2 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

- Bomba de operación B1, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Bomba auxiliar B2, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Válvula proporcional eléctrica Vpe, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Válvulas proporcionales manuales Vpm1 y Vpm2, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Válvulas on/off con accionamiento eléctrico V0/1e1 y V0/1e, [Enlace a página web de compra](#)
- Válvulas on/off con accionamiento manual V0/1m, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Caudalímetros C1, C2 y C3, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Sensor de nivel SN, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Módulo lógico Schneider SR3B261BD, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)

- Módulo de extensión Schneider SR3XT43BD, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Módulo Telemecanique AB17RM2401, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Adaptador de tensión, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Acoplamiento de compresión de latón RS, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Adaptador de 5 mm a 9.525 mm, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Racor neumático SMC KQ208-U03, [Enlace a página web de especificaciones y compra](#)
- Software Zelio Soft 2, [Enlace a página web de especificaciones y descarga](#)
- Software Z-SCADA, [Enlace a página web y descarga](#)