



Generalidades y aplicaciones del equipo de regulación de cuatro variables GUNT

Karem Milena Ruiz
Camilo Andrés Castillo Acosta
Eduardo Ramírez Valencia



ean®

Ediciones

Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad EAN

Ruíz, Karem Milena
Generalidades y aplicaciones de un equipo de regulación de cuatro variables Gunt / Karem Milena Ruíz, Camilo Andrés Castillo Acosta, Eduardo Ramírez Valencia.
Descripción: 1a edición / Bogotá: Universidad EAN, 2018
56 páginas

9789587565966 (Electrónico 2018)

1. Control de proceso 2. Procesos de manufactura 3. Control automático
4. Automatización 5. Ingeniería de la producción

I. Castillo Acosta, Camilo Andrés II. Ramírez Valencia, Eduardo

660.2815 CDD23

Edición

Gerencia de Investigaciones

Gerente de Investigaciones

H. Mauricio Diez Silva

Coordinadora de Publicaciones

Laura Cediél Fresneda

Revisor de estilo

Juan Carlos Velásquez

Diagramación y finalización

María Eugenia Mila

Diseño de carátula

Cesar Augusto Rubiano Moreno

Publicado por Ediciones EAN, 2018.

Todos los derechos reservados.

ISBNe: 9789587565966

©Universidad EAN, El Nogal: Cl. 79 No. 11 - 45. Bogotá D.C., Colombia, Suramérica, 2018
Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin autorización de la Universidad EAN®

©UNIVERSIDAD EAN: SNIES 2812 | Personería Jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia -
16/05/69| Vigilada Mineducación. CONACREDITACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD,
Res. N° 29499 del Mineducación 29/12/17, vigencia 28/12/21

Producido en Colombia.

CONTENIDO

Resumen.....	5
Palabras clave.....	6
Introducción.....	7
1. Regulación de 4 variables-RT 578.....	9
1.1 Datos técnicos.....	9
1.2 Indicaciones de seguridad.....	9
1.3 Descripción del equipo.....	10
1.4 Tipos de control.....	16
1.5 Tipos de ensayo.....	17
1.6 Instrucciones generales de arranque del equipo.....	18
1.7 Ejecución de los ensayos.....	21
2. Aplicaciones generales de la ingeniería de control para la industria.....	53
2.1 Control de variables.....	53
2.2 Caldera a vapor.....	53
2.3 Control de nivel.....	54
Glosario.....	55
Nomenclatura.....	55
Referencias.....	56

Resumen

El control de procesos es el resultado de la combinación de métodos y herramientas físicas o tecnológicas, que se necesitan para medir y regular de una manera automática diferentes variables que están afectando el proceso de producción, esto con el fin de lograr un óptimo desempeño en cuanto a control, calidad, productividad, seguridad entre otros aspectos que afecten el proceso de estudio.

Dentro de la ingeniería de control existen conceptos como por ejemplo la identificación que hace parte del procedimiento usado para la obtención de un modelo matemático del sistema que detalla cómo cambia en el tiempo. Dentro de los diferentes métodos de identificación se encuentran el método de control P, realimentación por relé, oscilación mantenida y el método basado en curvas de reacción del proceso.

Por lo general, el más usado comúnmente es el de curvas de reacción y que el sistema sea de lazo abierto, a diferencia de los otros métodos que son de lazo cerrado.

En los sistemas de control de lazo abierto la salida no afecta la acción de control. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija, como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado.

Observe que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo es en lazo abierto. Por ejemplo, el control del tránsito mediante señales operadas con una base de tiempo (Ogata, 2010).

Palabras clave

Método, ingeniería de control, optimización de procesos.

Introducción

El control hace parte de la ingeniería que se enfoca en los sistemas dinámicos por medio de un sistema de realimentación, logrando que las salidas se aproximen a las indicaciones predefinidas.

La ingeniería de control, se basa principalmente en el uso de componentes sistemáticos como los son los controladores, controles numéricos, entre otros, que van acompañados de ayudas tecnológicas como los son software especializados para su manejo y control en procesos industriales modernos como control de temperatura, presión, flujo, nivel, entre otros, permitiendo su control automático y disminuyendo la intervención del ser humano.

El equipo RT 578, permite realizar estudios experimentales de la ingeniería de control con respecto a 4 sistemas controlados con la ayuda de un regulador electrónico, todos los componentes de este equipo son de tipo industrial, lo que permite un mayor acercamiento a la vida real.

Regulación de 4 variables - RT 578

1.

1.1 Datos técnicos

Tabla 1. Datos técnicos generales RT578

Tanques	<ul style="list-style-type: none">• Tanque graduado: aprox. 6L• tanque de recepción: aprox. 90L
Bomba centrífuga	<ul style="list-style-type: none">• Máx. velocidad de flujo: aprox. 75L/min• Máx. cabeza: aprox. 59 m
Bomba del circuito de calefacción	<ul style="list-style-type: none">• Máx. velocidad de flujo: aprox. 50L/min• Máx. cabeza: aprox. 3,5 m• Salida de energía de calefacción: aprox. 2kW
Controller parametrizable	<ul style="list-style-type: none">• P, PI o PID controlador• Controlador de conmutación
Rangos de medición del sensor	<ul style="list-style-type: none">• Nivel: 0 ... 700 mm• Caudal: 0 ... 4000L/h• Presión: 0 ... 6 bar• Temperatura: 0 ... 200 °C
Dimensiones y peso	<ul style="list-style-type: none">• LxWxH: 2500x900x2000mm• Peso: aprox. 450 kg

Fuente. Elaboración propia.

1.2 Indicaciones de seguridad

- Peligro de electrocución. Verificar que esté desconectado el enchufe de red antes de abrir el armario de distribución. Proteger el armario de distribución de la humedad.

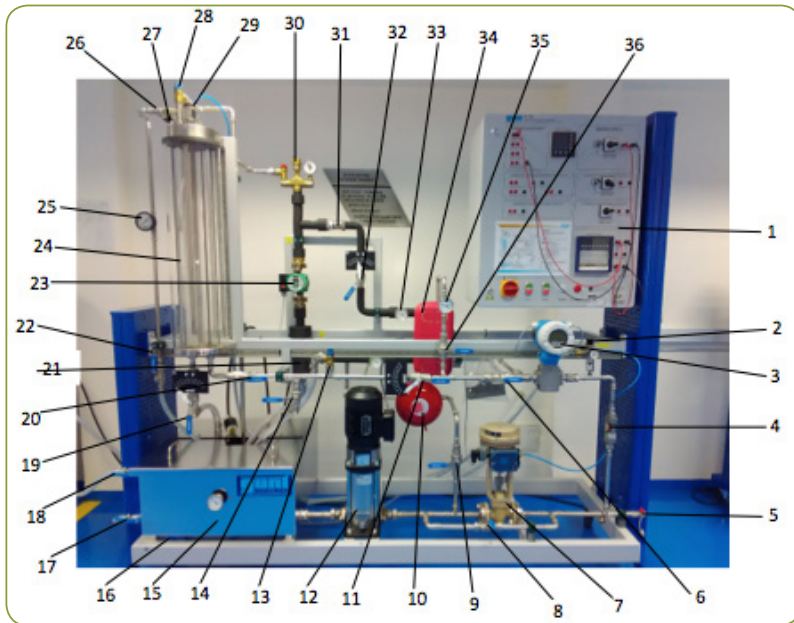
- Superficie caliente. No tocar durante el funcionamiento del equipo el calentador, cambiador de calor y tuberías del circuito de calefacción; pueden producirse quemaduras.
- Piezas móviles. No tocar, pueden existir lesiones.
- Precaución. El equipo debe ser ubicado en un espacio seco, libre de humedad, piso plano y sólido, el lugar debe mantenerse cerrado.
- Limpiar el depósito de agua y mantener seco de no utilizarse por largos periodos.
- Verificar que el deposito contenga agua antes de encender la motobomba.
- No exceder la presión más de 6 bar de presión del suministro de aire.
- Tener cuidado con el grifo de control electro neumática, puede averiarse.
- Evitar la máxima temperatura que es de 85 °C en el circuito de calefacción.

1.3 Descripción del equipo

1.3.1 Partes del equipo

En la figura 1, se detallan los principales componentes del equipo:

Figura 1. Control de 4 variables RT578.



Fuente. Elaboración propia.

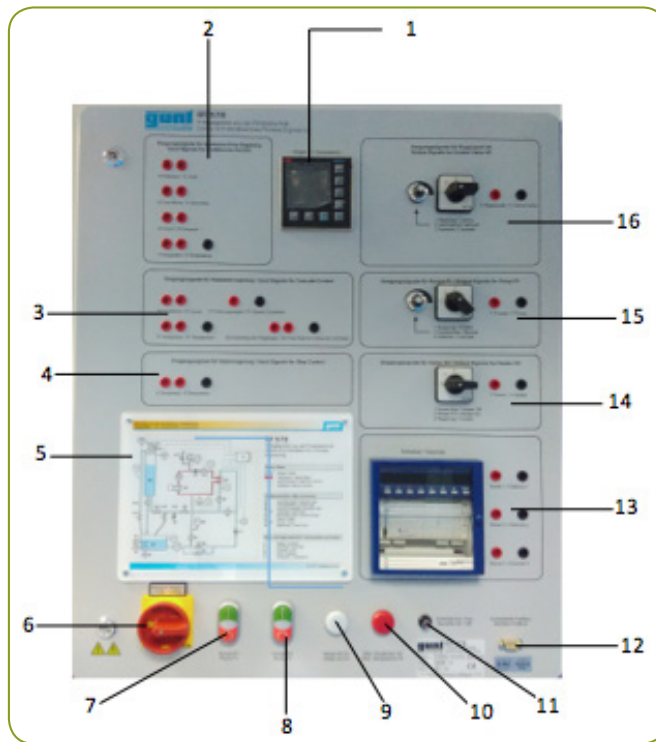
1. Tablero de funciones.
2. Regulador aire comprimido.
3. Caudalímetro Endress + Hauser.
4. Mirilla F1.
5. Grifo de bola V20 (vaciado de la instalación).
6. Grifo de bola V7.
7. Grifo de control.
8. Grifo de bola V5.
9. Grifo de bola V4.
10. Tanque de expansión B3.
11. Grifo de bola V9.
12. Bomba P1.
13. Grifo de seguridad V10.
14. Grifo de bola V11.
15. Depósito B1 con termómetro TI.
16. Grifo de bola para vaciado de depósito B1.

17. Grifo de bola V2 – serpentín de enfriamiento.
18. Grifo de bola V1 – serpentín de enfriamiento.
19. Grifo de bola V14.
20. Grifo de bola V12.
21. Cambiador de calor – calentador.
22. Grifo de bola V13.
23. Bomba de circulación circuito de calefacción.
24. Depósito de procesos B2.
25. Manómetro PI.
26. Transductor de presión PT-04.
27. Válvula de seguridad V18.
28. Válvula de aireación y desaireación V19.
29. Sensor de nivel LT-03.
30. Componentes de seguridad circuito de calefacción.
31. Mirilla F2.
32. Grifo de bola V15.
33. Termómetro TI.
34. Cambiador de calor H1.
35. Termómetro TI.
36. Grifo de bola V8.

1.3.2 Tablero de funciones.

En la figura 2, se detallan las partes del tablero de funciones:

Figura 2. Tablero de funciones RT578.



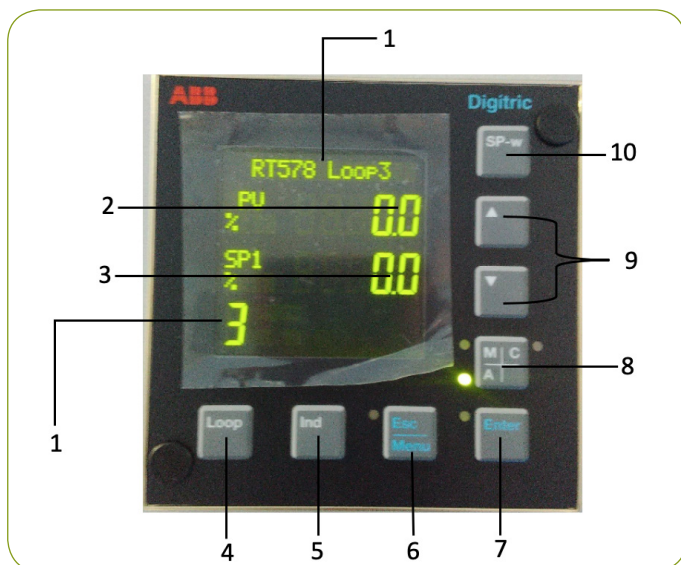
Fuente. Elaboración propia.

1. Controlador electrónico ABB.
2. Senales de sensor para las variables controladas. Rojo: senal de entrada puentable del sensor. Negro: GND.
3. Senales de regulación en cascada. Izquierda: variables controladas del regulador de la variable de referencia. Derecha: variable de control del regulador de la variable de referencia (arriba). Variable controlada del regulador secuencial (abajo).
4. Senales de entrada para regulación escalonada (regulador de dos posiciones).
5. Esquema del proceso.
6. Interruptor principal.
7. Interruptor de encendido y apagado bomba 1.
8. Interruptor de encendido y apagado bomba 2.

9. Indicador de funcionamiento calentador H2.
10. Indicador de sobrecalentamiento H2.
11. Interruptor de encendido y apagado registrador de multicanal.
12. Interfaz de tarjeta profibus.
13. Registrador multicanal con traza continua de 3 canales. Rojo: sena +. Negro: senal -.
14. Senales de salida para el calentador. Interruptor: on, off, regulación. Rojo: senal de variable de control. Negro: GND.
15. Senales de salida para bomba P1. Interruptor: regulación, modo manual, cascada. Rojo: senal de variable de control. Negro: GND. Potenciómetro para el ajuste manual.
16. Senales de salida para válvula de control V6. Interruptor: regulación, modo manual, cascada. Rojo: senal de variable de control. Negro: GND. Potenciómetro para el ajuste manual.

1.3.3 Controlador electrónico ABB.

Figura 3. Controlador Electrónico –ABB.



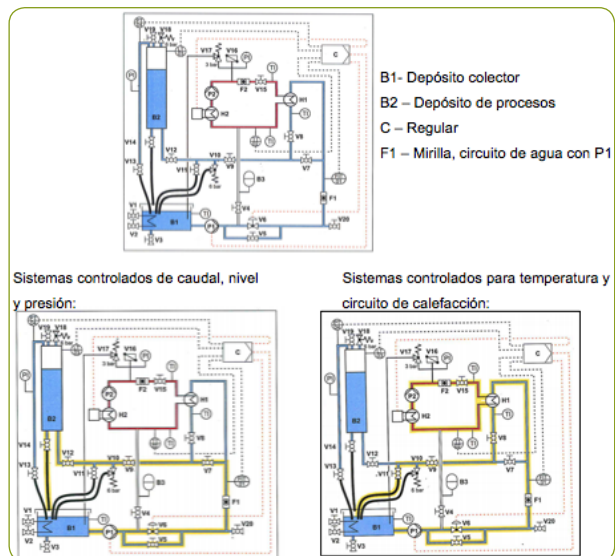
Fuente. Elaboración propia.

1. Indica el número de regulador individual (Loop n.o).
2. Indicador de variable controlada x.
3. Indicador de variable de referencia w set point (en modo automático). Indicador de valor de control y (en modo manual).
4. Conmutación para loop.
5. Conmutador de indicación.
6. Tecla para selección del menú.
7. Confirmación de entradas, confirmación de alarmas.
8. Conmutador de funcionamiento. Modo automático: A, modo manual: M, modo cascada: C.
9. Desplazar hacia arriba/hacia abajo.
10. Conmutador variable de referencia.

1.3.4 Esquema de los procesos

El sistema general del equipo RT578 se observa a continuación:

Figura 4. Diagrama del sistema de regulación.



Fuente. Tomado de Manual de Experimentos RT 578 Regulación de 4 variables de la Ingeniería de Procesos

1.4 Tipos de control

1.4.1 Control Simple

En la siguiente tabla, se encuentra la configuración para control simple:

Tabla 2. Configuración para control simple.

Variables	Configuración para actuador y variable controlada	Configuración sentido de trabajo
Nivel	Loop 3	Inverso (INV)
Caudal	Loop 3	Inverso (INV)
Presión	Loop 3	Inverso (INV)
Temperatura	Loop 3	Directo (DIR)

Fuente. Elaboración propia.

1.4.2 Control a dos posiciones

En la siguiente tabla, se encuentra la configuración para el control a dos posiciones:

Tabla 3. Configuración a dos posiciones.

Variable	Configuración para actuador y variable controlada en el regulador	Configuración sentido de trabajo
Temperatura	Loop 4	Inverso (INV)

Fuente. Elaboración propia.

1.4.3 Control en cascada

En la siguiente tabla, se encuentra la configuración para el control en cascada.

Tabla 4. Configuración en cascada.

Variables	Configuración para actuador y variable controlada en el regulador	Configuración sentido de trabajo
Nivel/Caudal	Loop 2 Loop 1	Inverso (INV) Inverso (INV)
Temperatura/Caudal	Loop 2 Loop 1	Directo (DIR) Inverso (INV)

Fuente. Elaboración propia.

1.5 Tipos de ensayos

Los ensayos que se pueden realizar en el equipo RT 578 son:

- Control de nivel en el depósito B2: controlar el nivel en el depósito B2, abierto con una presión ambiental normal por medio de un regulador industrial, configuración PID y válvula electro neumática.
- Control de caudal: regular el caudal dentro de un sistema de tuberías. Se usa la válvula de control y un regulador industrial.
- Control de presión en el depósito B2: regular la presión dentro del depósito B2 cerrado, por medio de bombeo de agua. El control se debe hacer con una bomba con velocidad regulada y un regulador industrial.
- Control de temperatura en circuito de calefacción: controlar la temperatura en el circuito de calefacción, por medio de un intercambiador de calor, válvula electro neumática y regulador industrial.

- Control en cascada: permite mejorar el desempeño al sistema de control, viéndose afectada la variable manipulada por medio de las perturbaciones que ingresan al sistema. Se cuenta con dos tipos de control, el controlador maestro y el controlador esclavo: el controlador maestro opera como regulador manteniendo la variable controlada en el valor deseado; el controlador esclavo funciona como servomecanismo que sigue al valor deseado dado por el controlador maestro (Alfaro, 2012).

1.6 Instrucciones generales de arranque del equipo

- A. Llenar tanque B1 hasta la mirilla.
- B. Conectar a la red eléctrica y verificar conexión al desagüe.

Figura 5. Termómetro de depósito B1.



Figura 6. Conexión eléctrica del equipo.



Fuente. Elaboración propia.

Fuente. Elaboración propia.

- C. Alimentar el equipo con aire comprimido.
 - a. Encender compresor de tornillo.

Figura 7. Compresor de tornillo para el suministro de aire comprimido.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 8. Tablero de control Compresor.



Fuente. Elaboración propia.

- b. Verificar en la unidad de suministro de aire del equipo RT578, que esté alimentado sin exceder 6 bar de presión.

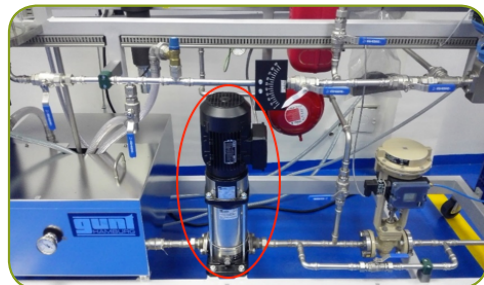
D. Desairear la bomba P1.

Figura 9. Regulador de aire comprimido.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 10. Bomba centrífuga P1.



Fuente. Elaboración propia.

a. Configurar de la siguiente manera las válvulas:

Tabla 5. Configuración de válvulas para ensayo.

N.º válvula	Configuración
V4	Cerrada
V5	Abierta
V7	Abierta
V8	Cerrada
V9	Abierta
V11	Abierta
V12	Cerrada

Fuente. Elaboración propia.

b. Ajustar potenciómetro a un 50 % y encender la bomba con el interruptor P1 ubicado en el tablero de control, dejar en modo manual.

Figura 11. Potenciómetro para bomba P1.

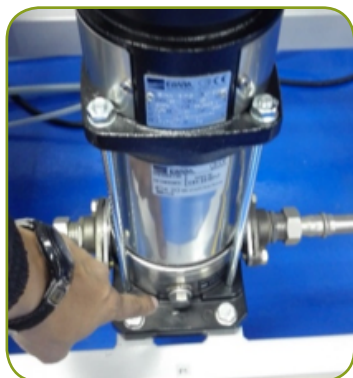


Fuente. Elaboración propia.

c. Abrir el tornillo de purga lentamente y esperar hasta que salga agua, cerrar nuevamente el tornillo y apagar interruptor P1.

E. Conectar el equipo por medio de cable RS232, interfaz profibus.

Figura 12. Tornillo de purga de bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 13. Interfaz para tarjeta profibus.



Fuente. Elaboración propia.

1.7 Ejecución de los ensayos

1.7.1 Control de nivel en el depósito B2.

A. Realizar el ajuste de las válvulas de la siguiente manera:

Tabla 6. Configuración de válvulas para ensayo.

N.º válvula	Configuración
V4	Cerrada
V5	Cerrada
V7	Abierta
V8	Cerrada
V9	Abierta
V11	Cerrada
V12	Abierta
V13	Abierta
V14	35 °C
V19	Abierta

Fuente. Elaboración propia.

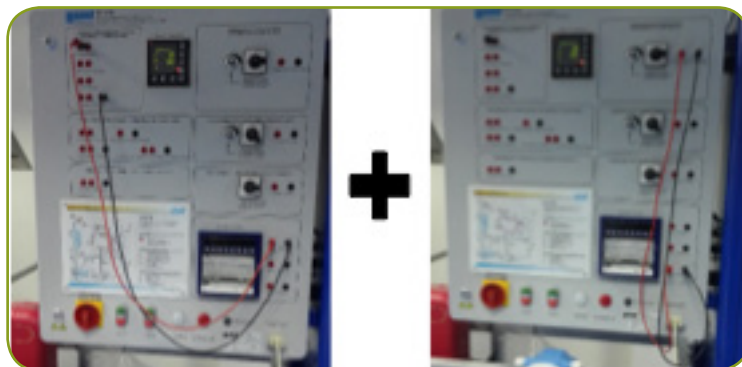
Figura 14. Configuración de válvulas para ensayo inicial.



Fuente. Elaboración propia.

B. Realizar la siguiente conexión de entrada en el tablero de funciones para el regulador.

Figura 15. Tablero de control de funciones.

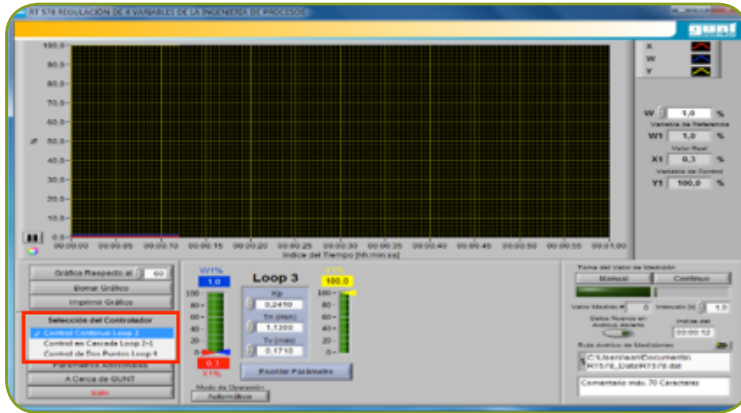


Fuente. Elaboración propia.

C. Realizar parametrización en el software de adquisición de datos de la siguiente manera:

a. Seleccionar Loop 3.

Figura 16. Visualización de software con profibus.



Fuente. Elaboración propia.

b. Ubicar válvula v6 en 1 modo control, en el tablero de funciones.

Figura 17. Potenciómetro de válvula de control V6.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 18. Potenciómetro de bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

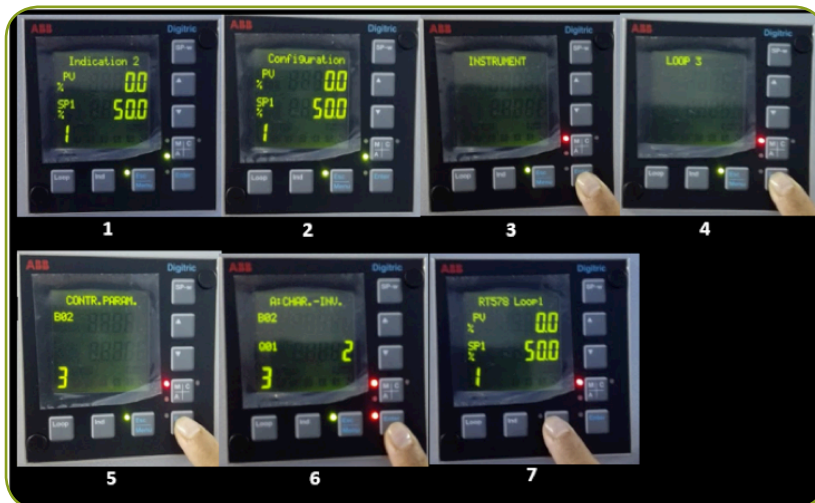
c. En el tablero de funciones dejar la bomba P1 en modo 2 manual y potenciómetro al 100 %.

d. Configurar sentido de trabajo inverso con el controlador electrónico.

Configuración sentido de trabajo

- Pulsar la tecla Esc/Menú una vez.
- Buscar con o la opción Configuration y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Contr.Param. y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Char.-Dir. o Char.-Inv. seleccionarla con Enter.
- Seleccionar con o Char.-Inv. o Char.-Dir. para la posición parpadeante y confirmarlo con Enter.
- Para salir de este nivel del programa pulsar repetidas veces la tecla Esc/Menú.
- Seleccionar el modo de trabajo (automático, manual, en cascada).

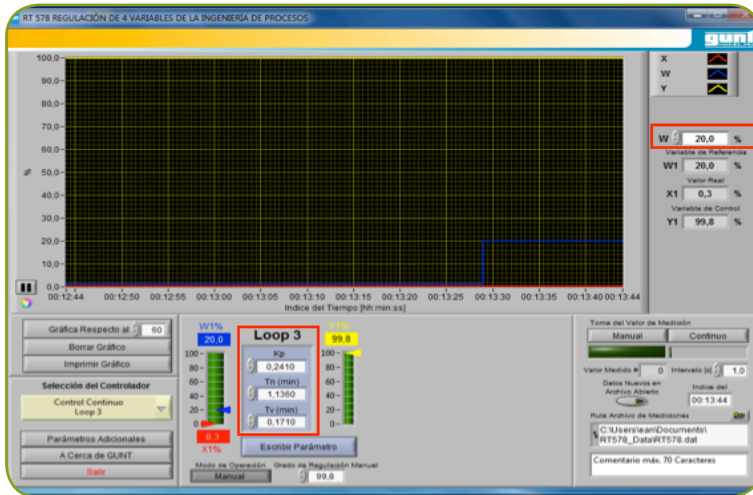
Figura 19. Configuración inicial en controlador electrónico.



Fuente. Elaboración propia.

- e. Introducir valores de variables K_p , T_n y T_v y ajustar variable de referencia $W1$ al 20 %, por ejemplo:

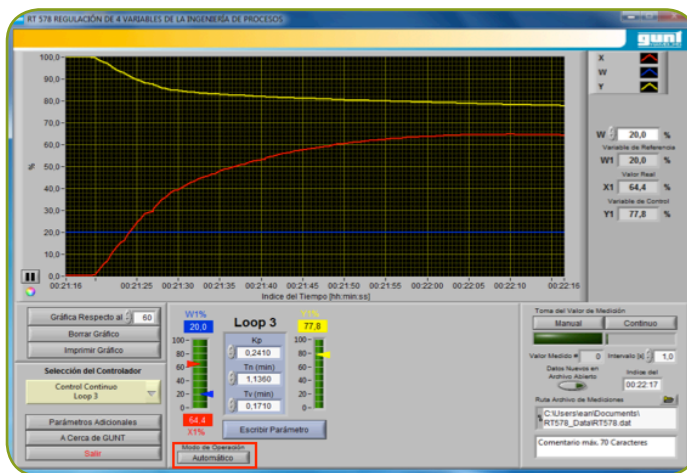
Figura 20. Visualización de software con profibus.



Fuente. Elaboración propia.

- f. Cambiar del modo manual a automático.

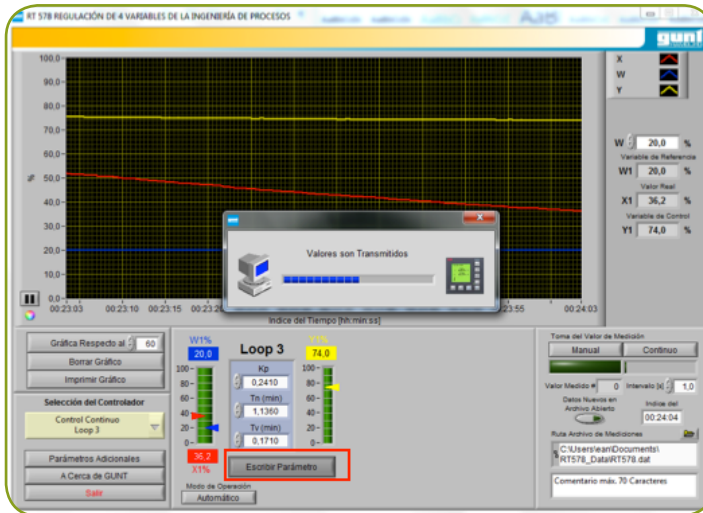
Figura 21. Registro y curva de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

g. Clic en botón escribir parámetros.

Figura 22. Transferencia de datos hacia el regulador electrónico para iniciar operación.



Fuente. Elaboración propia.

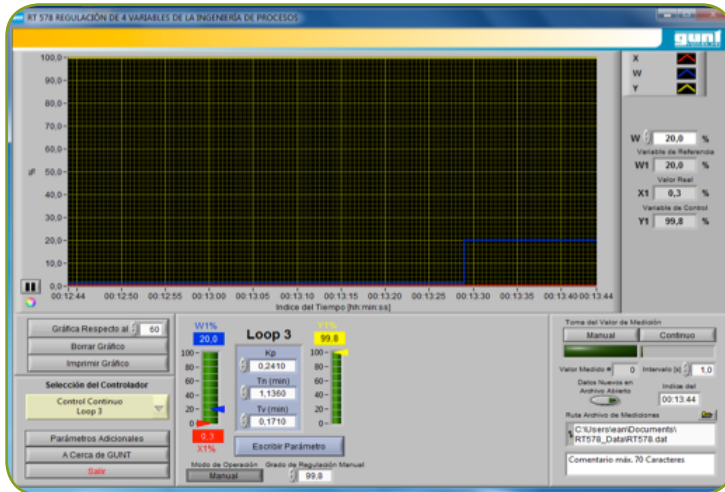
h. Encender bomba P1 con interruptor y esperar hasta que el nivel del agua en el depósito B2 sea constante.

Figura 23. Interruptor de encendido Bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 24. Visualización de Software con profibus.



Fuente. Elaboración propia.

Como ejemplo se puede cambiar la variable de referencia W1 a 60 % para verificar el control de nivel.

D. Para finalizar, disminuir el potenciómetro hasta un 50 % y apagar bomba P1 con interruptor.

E. Apagar compresor.

Figura 25. Potenciómetro bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

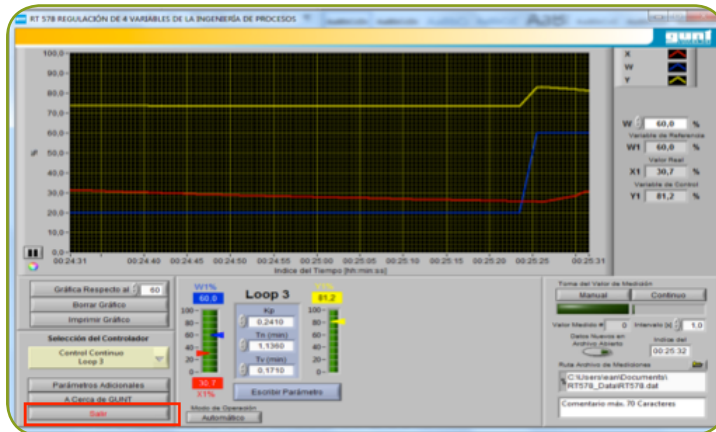
Figura 26. Tablero de control de Compresor.



Fuente. Elaboración propia.

F. Clic en salir, para finalizar sesión.

Figura 27. Registro y curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

1.7.2 Control de caudal dentro del sistema de tuberías

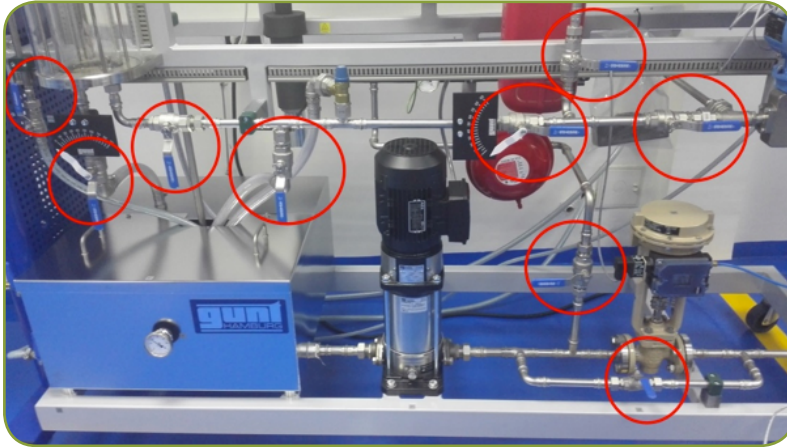
- Verificar cumplimiento de las instrucciones iniciales de arranque del equipo.
- Realizar el ajuste de las válvulas de la siguiente manera:

Tabla 7. Tabla de configuración de válvulas para ensayo.

N.º válvula	Configuración
V4	Cerrada
V5	Cerrada
V7	Abierta
V8	Cerrada
V9	Abierta
V11	Abierta
V12	Cerrada
V13	Abierta
V14	Abierta

Fuente. Elaboración propia.

Figura 28. Configuración de válvulas para ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

C. Realizar la siguiente conexión de entrada en el tablero de funciones para el regulador.

Figura 29. Tablero de control de funciones.



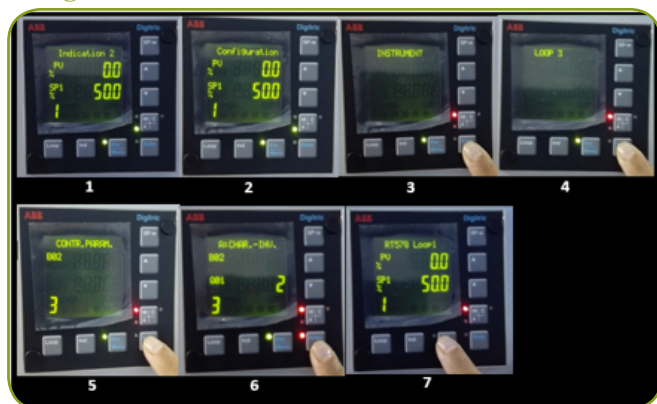
Fuente. Elaboración propia.

D. Determinar el sentido de trabajo inverso (INV).

Configuración sentido de trabajo

- Pulsar la tecla Esc/Menú una vez.
- Buscar con o la opción Configuration y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Contr.Param. y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Char.-Dir. o Char.-Inv. seleccionarla con Enter.
- Seleccionar con o Char.-Inv. o Char.-Dir. para la posición parpadeante y confirmarlo con Enter.
- Para salir de este nivel del programa pulsar repetidas veces la tecla Esc/Menú.
- Seleccionar el modo de trabajo (automático, manual, en cascada).

Figura 30. Configuración en controlador electrónico.

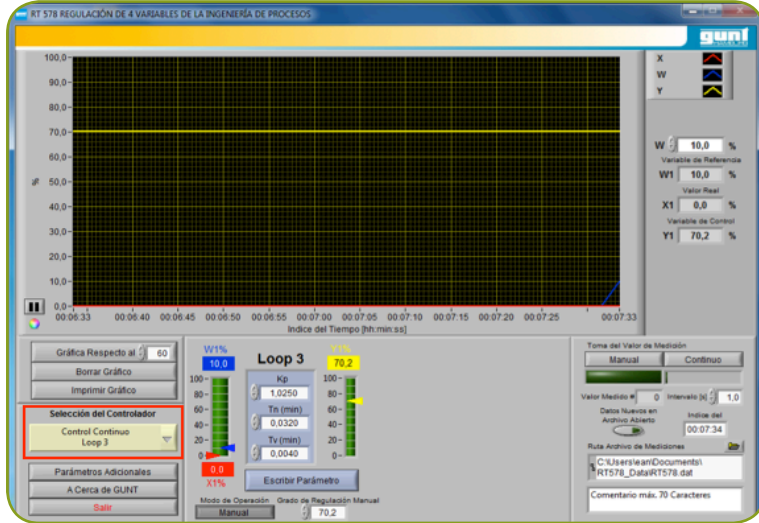


Fuente. Elaboración propia.

E. Realizar parametrización en el software de adquisición de datos de la siguiente manera:

- a. Seleccionar el controlador Loop 3.

Figura 31. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

- b. Ubicar válvula V6 en 1 modo control, en el tablero de funciones.
- c. En el tablero de control dejar bomba P1 en modo 2 manual y potenciómetro al 100 %.

Figura 32. Potenciómetro válvula V6. Figura 33. Potenciómetro válvula P1



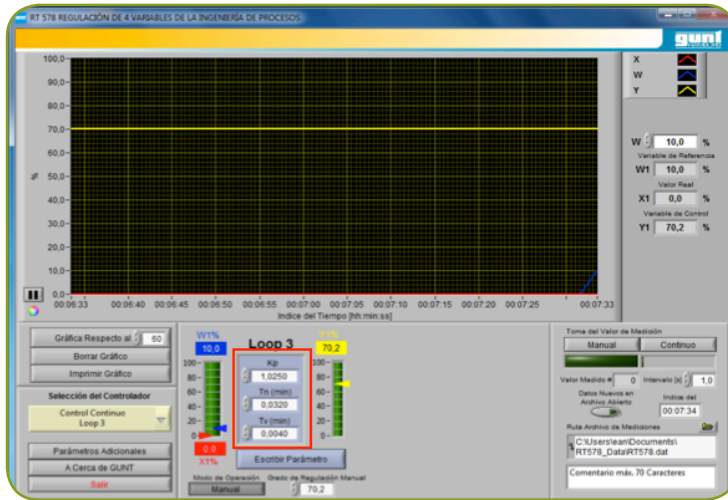
Fuente. Elaboración propia.



Fuente. Elaboración propia.

d. Introducir parámetros de variables K_p , T_n y T_v .

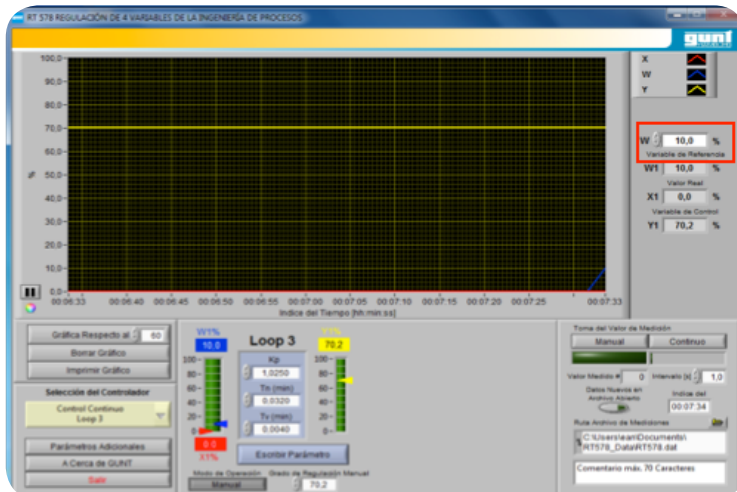
Figura 34. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

e. Ajustar variable de referencia $W1$ al 10 %, por ejemplo.

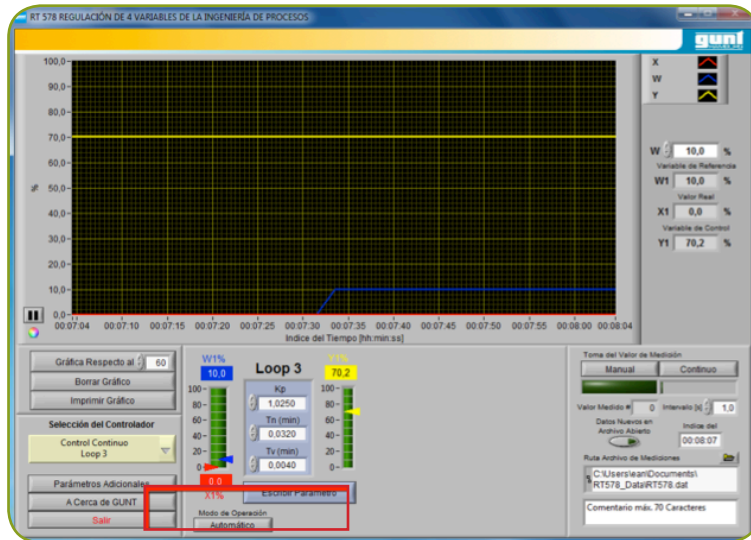
Figura 35. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

f. Cambiar del modo manual a automático.

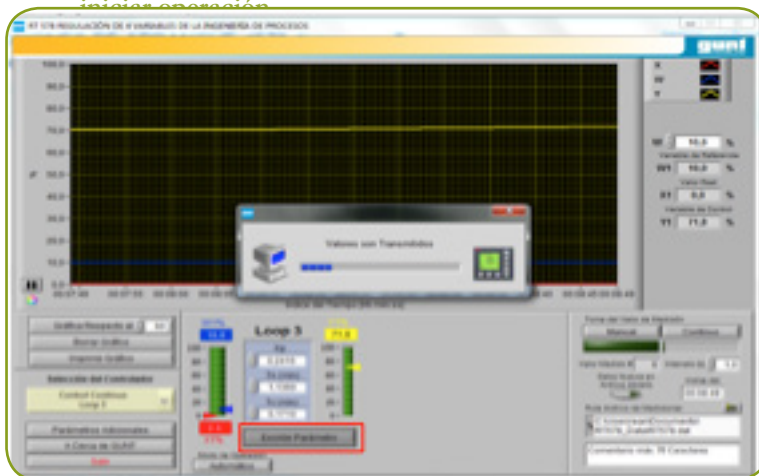
Figura 36. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

g. Clic en botón escribir parámetros.

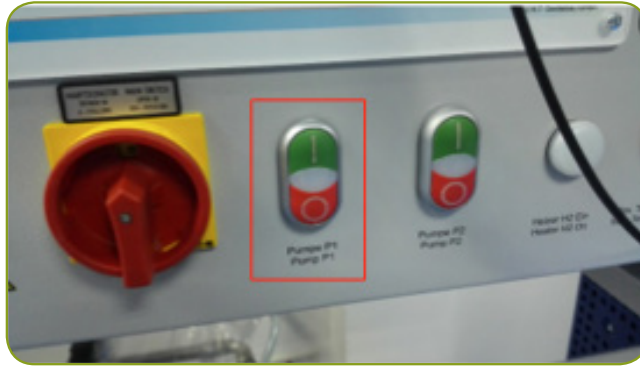
Figura 37. Transferencia de datos hacia el regulador electrónico para iniciar operación.



Fuente. Elaboración propia.

h. Encender bomba P1.

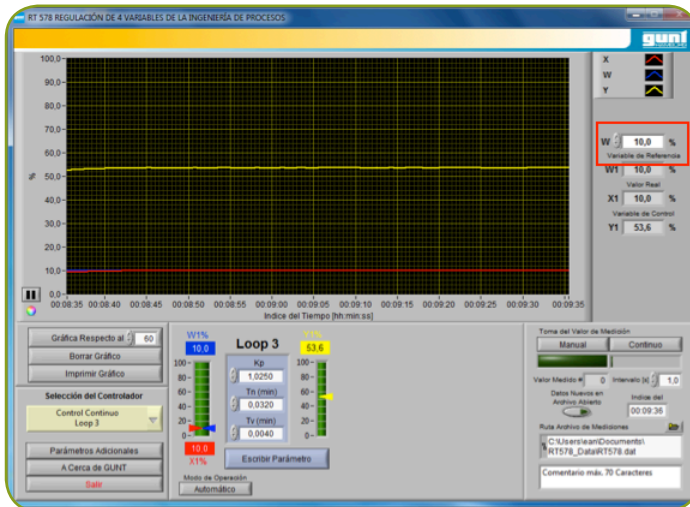
Figura 38. Interruptor de encendido bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

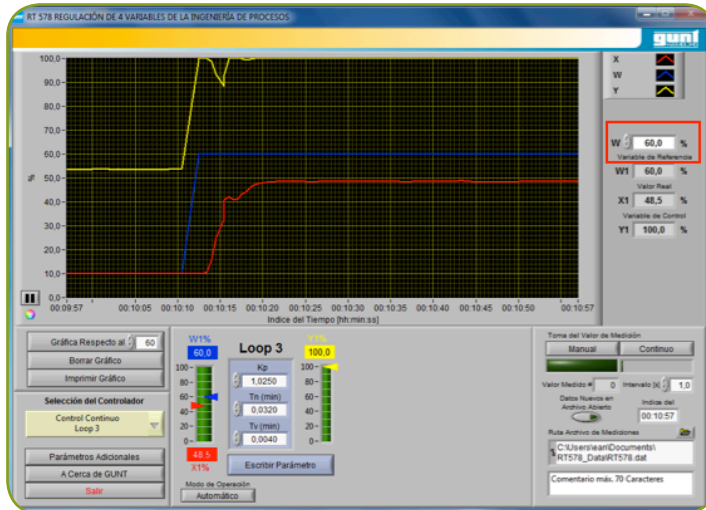
F. Iniciar ensayo, variable de referencia W1 al 10 % y al 60 %, por ejemplo.

Figura 39. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 40. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

G. Verificar comportamiento del ensayo en el caudalímetro para cada salto de referencia.

H. Para finalizar, disminuir el potenciómetro hasta un 50 % y apagar bomba P1 con el interruptor.

Figura 41. Caudalímetro FIT -01.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 42. Potenciómetro bomba P1



Fuente. Elaboración propia.

I. Apagar compresor.

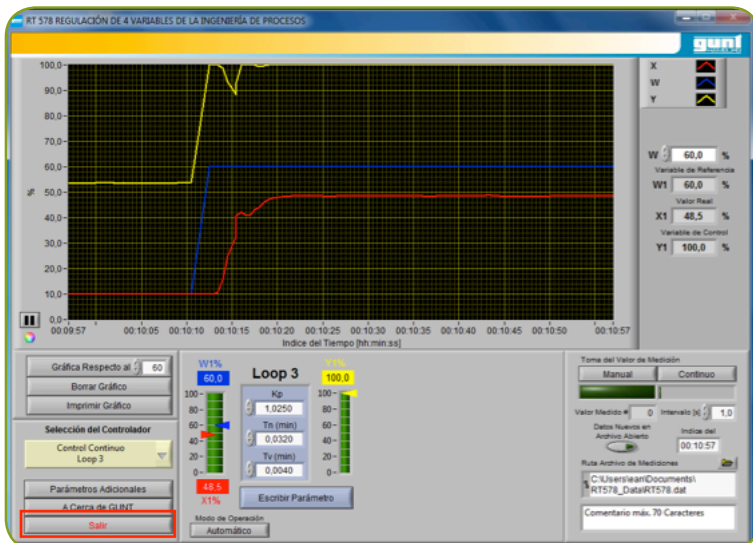
Figura 43. Tablero de control de compresor.



Fuente. Elaboración propia.

J. Clic en salir para finalizar sesión.

Figura 44. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

1.7.3 Control de presión en el depósito B2, cerrado

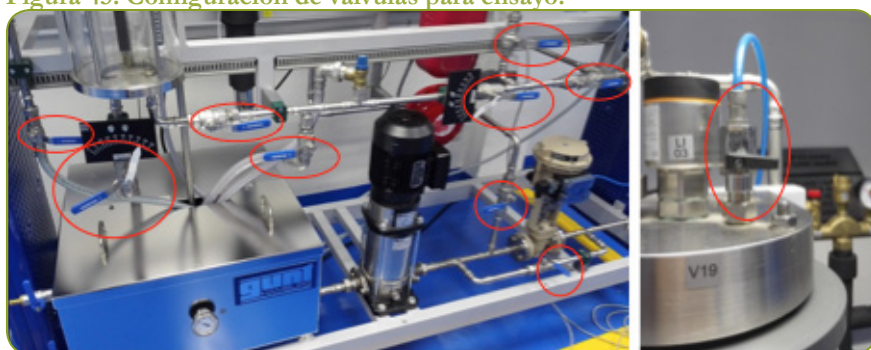
- A. Verificar el cumplimiento de las instrucciones iniciales de arranque del equipo.
- B. Realizar el ajuste de las válvulas de la siguiente manera:

Tabla 8. Tabla de configuración de válvulas para ensayo.

N.º válvula	Configuración
V4	Cerrada
V5	Cerrada
V7	Abierta
V8	Cerrada
V9	Abierta
V11	Cerrada
V12	Abierta
V13	Cerrada
V14	75 °C
V19	Cerrada

Fuente. Elaboración propia.

Figura 45. Configuración de válvulas para ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

- C. Realizar la siguiente conexión de entrada en el tablero de funciones para el regulador.

Figura 46. Tablero de control de funciones.



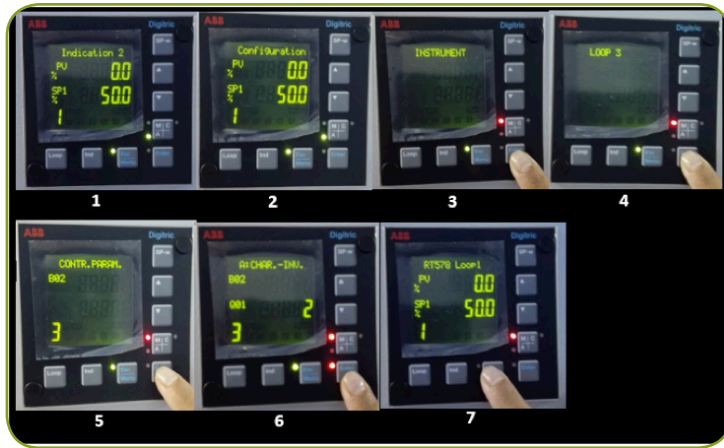
Fuente. Elaboración propia.

D. Determinar el sentido de trabajo inverso (INV).

Configuración sentido de trabajo

- Pulsar la tecla Esc/Menú una vez.
- Buscar con o la opción Configuration y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Contr.Param. y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Char.-Dir. o Char.-Inv. seleccionarla con Enter.
- Seleccionar con o Char.-Inv. o Char.-Dir. para la posición parpadeante y confirmarlo con Enter.
- Para salir de este nivel del programa pulsar repetidas veces la tecla Esc/Menú.
- Seleccionar el modo de trabajo (automático, manual, en cascada).

Figura 47. Configuración en controlador electrónico.



Fuente. Elaboración propia.

- E. Ubicar la válvula V6 en 2 modo manual, en el tablero de funciones.
- F. Ubicar la bomba P1 en 1 modo control, en el tablero de funciones.

Figura 48. Potenciómetro válvula V6.



Fuente. Elaboración propia.

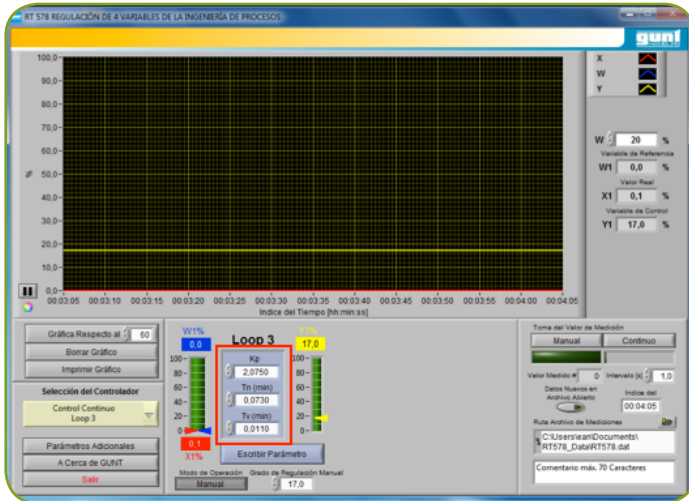
Figura 49. Potenciómetro bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

- G. Introducir parámetros de variables K_p , T_n y T_v .

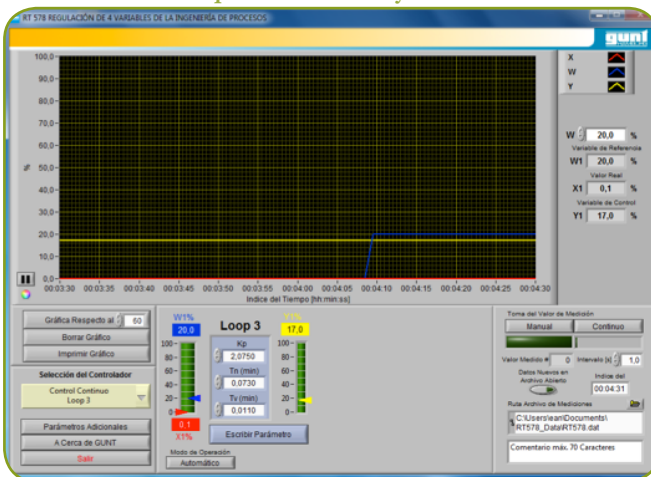
Figura 50. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

H. Cambiar del modo manual a automático.

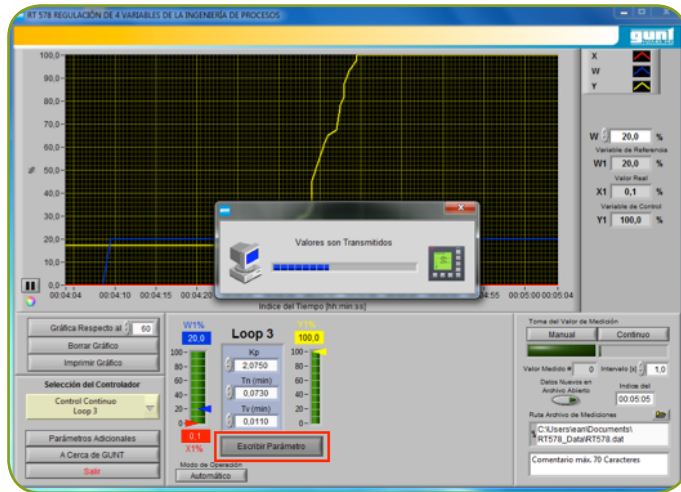
Figura 51. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

I. Clic en botón escribir parámetros.

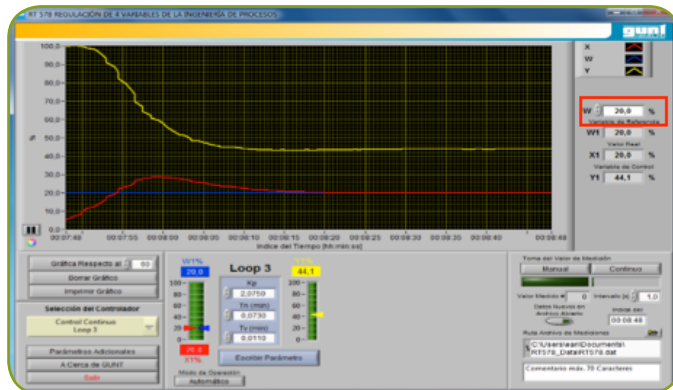
Figura 52. Transferencia de datos hacia el regulador electrónico para iniciar operación.



Fuente. Elaboración propia.

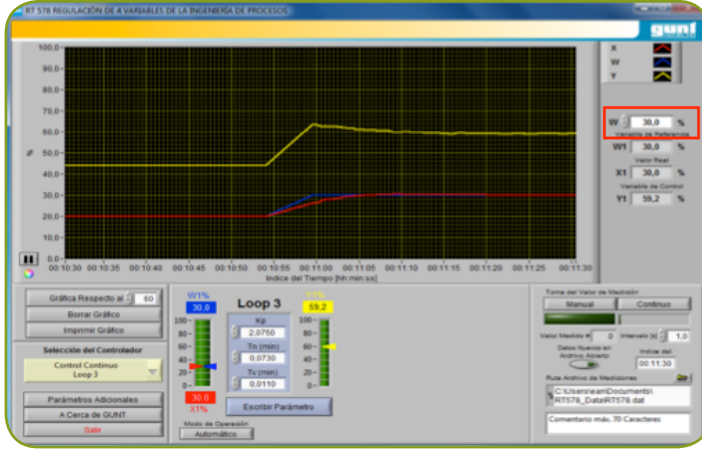
- J. Iniciar ensayo, variable de referencia W1 al 20 %, 30 % y al 60 %, por ejemplo.

Figura 53. Curvas de tiempo durante ensayo.



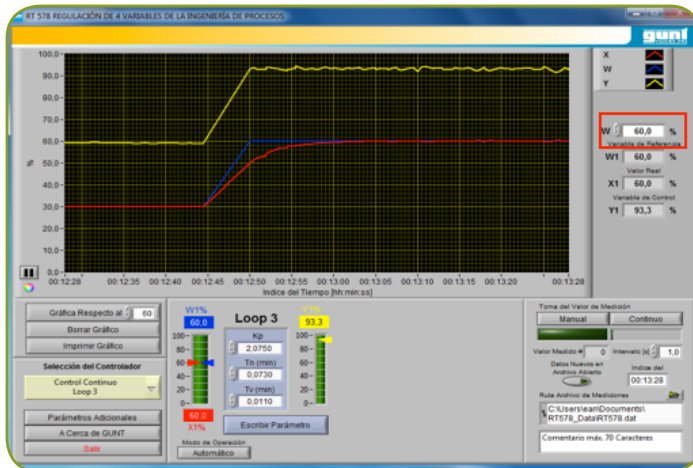
Fuente. Elaboración propia.

Figura 54. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 55. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 56. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

- K. Verificar comportamiento del ensayo en el manómetro para cada salto de referencia (W).
- L. Para finalizar, disminuir el potenciómetro hasta un 50 % y apagar bomba P1 con el interruptor.

Figura 57. Manómetro de presión.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 58. Potenciómetro de bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

- M. Apagar compresor.

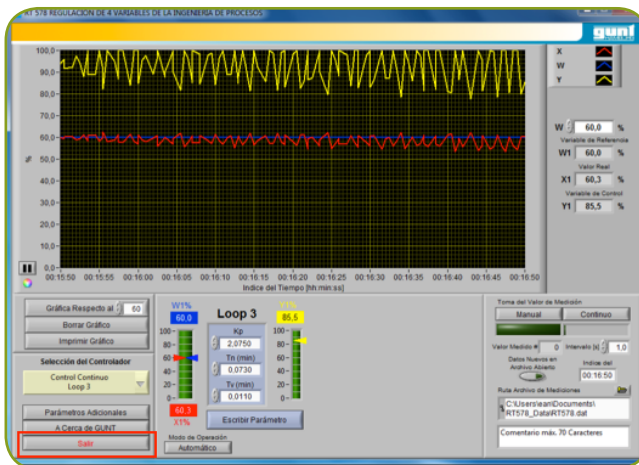
Figura 59. Tablero de control de compresor.



Fuente. Elaboración propia.

N. Clic en salir para finalizar sesión.

Figura 60. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

1.7.4 Control de temperatura en circuito de calefacción

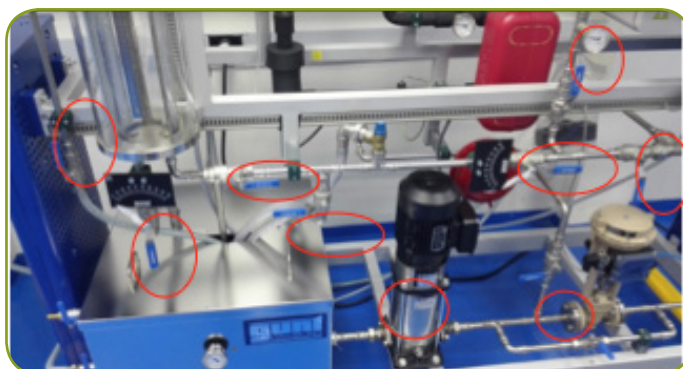
- A. Verificar el cumplimiento de las instrucciones iniciales de arranque del equipo.
- B. Realizar el ajuste de las válvulas de la siguiente manera:

Tabla 9. Tabla de configuración de válvulas para ensayo.

N.º válvula	Configuración
V4	Cerrada
V5	Cerrada
V7	Cerrada
V8	Abierta
V9	Abierta
V11	Cerrada
V12	Abierta
V13	Abierta
V14	Abierta
V15	0 °C

Fuente. Elaboración propia.

Figura 61. Configuración de Válvulas para ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

- C. Realizar la siguiente conexión de entrada en el tablero de funciones para el regulador.

Figura 62. Tablero de control de funciones.



Fuente. Elaboración propia.

D. Determinar el sentido de trabajo directo (DIR).

Configurar sentido de trabajo

- Pulsar la tecla Esc/Menú una vez
- Buscar con o la opción Configuration y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Contr.Param. y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Loop 3 y seleccionarla con Enter.
- Buscar con o la opción Char.-Dir. o Char.-Inv. seleccionarla con Enter.
- Seleccionar con o Char.-Inv. o Char.-Dir. para la posición parpadeante y confirmarlo con Enter.
- Para salir de este nivel del programa pulsar repetidas veces la tecla Esc/Menú.
- Seleccionar el modo de trabajo (automático, manual, en cascada).

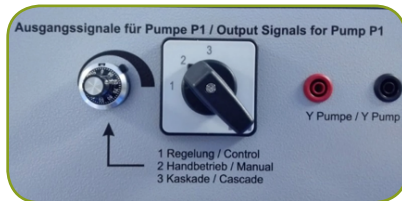
Figura 63. Configuración en controlador electrónico.



Fuente. Elaboración propia.

- E. Ubicar la bomba P1 en 2 modo manual y potenciómetro al 50 % en el tablero de funciones.
- F. Ubicar la válvula V6 en 1 modo control, en el tablero de funciones.

Figura 64. Potenciómetro bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

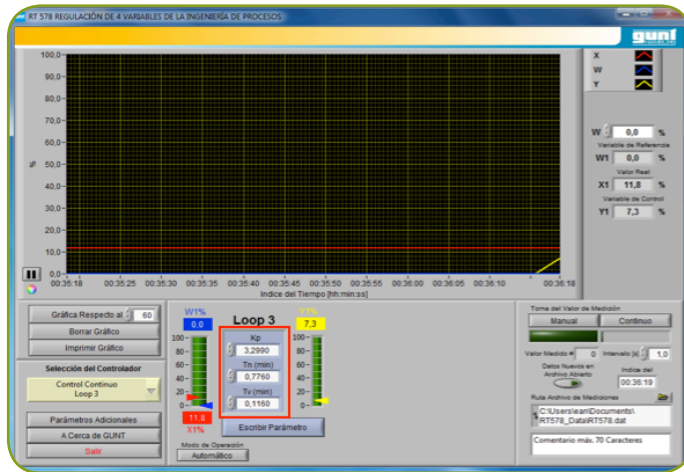
Figura 65. Potenciómetro válvula V6.



Fuente. Elaboración propia.

- G. Introducir parámetros de variables K_p , T_n y T_v .

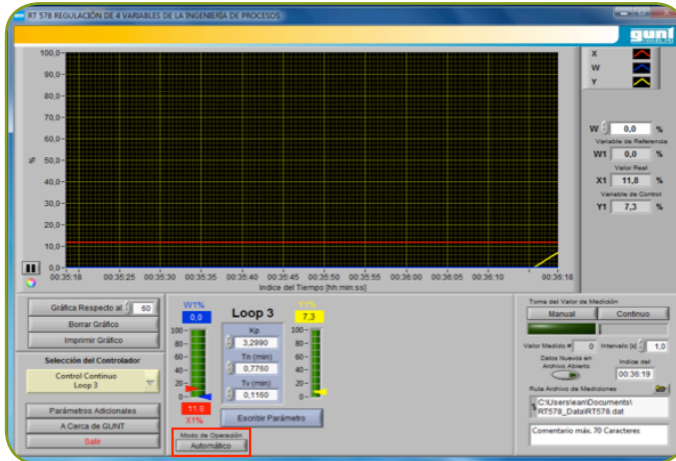
Figura 66. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

H. Cambiar del modo manual a automático.

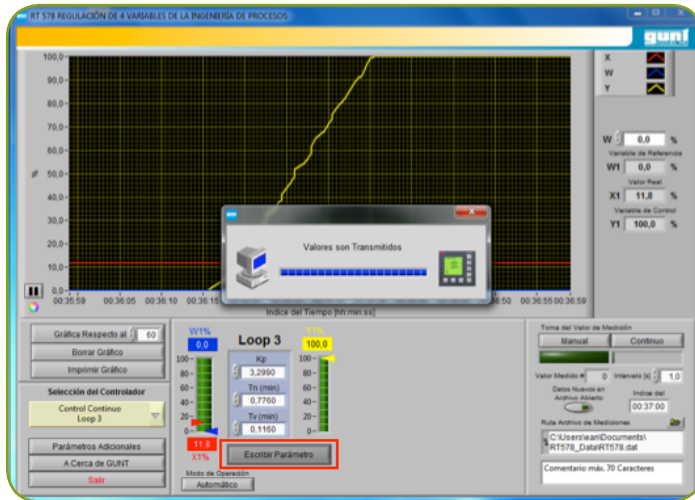
Figura 67. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

I. Clic en el botón escribir parámetros.

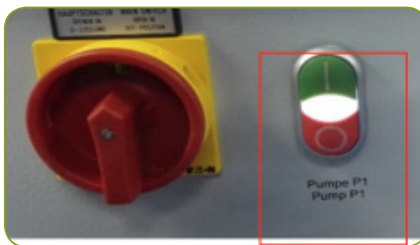
Figura 68. Transferencia de datos hacia el regulador electrónico para iniciar operación.



Fuente. Elaboración propia.

- J. Encender la bomba P1.
- K. Encender la bomba P2.

Figura 69. Interruptor de encendido bomba P1.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 70. Interruptor de encendido Bomba P2.



Fuente. Elaboración propia.

- L. Encender el calefactor H2.

Figura 71. Potenciómetro de calentador H2 e indicador de encendido.

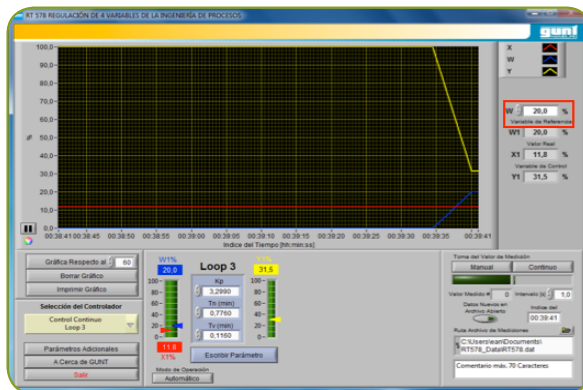


Fuente. Elaboración propia.

Fuente. Elaboración propia.

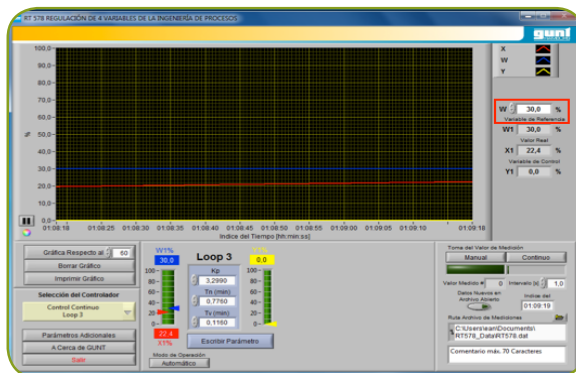
M. Iniciar ensayo, variable de referencia W1 al 20 % y 30 %, por ejemplo.

Figura 72. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 73. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

- N. Para finalizar, disminuir el potenciómetro y apagar la bomba P1 con el interruptor.
- O. Apagar el calefactor con el interruptor.
- P. Apagar el compresor.

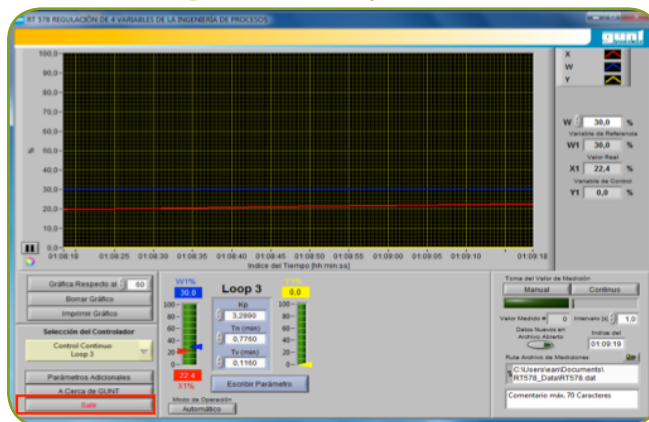
Figura 74. Tablero de control de compresor.



Fuente. Elaboración propia.

- Q. Clic en salir para finalizar sesión.

Figura 75. Curvas de tiempo durante ensayo.



Fuente. Elaboración propia.

Aplicaciones generales de la ingeniería de control para la industria

2.

2.1 Control de variables

En todo proceso industrial el objeto es la generación de un producto final, de unas especificaciones determinadas por lo general propias del proceso de forma que dé cumplimiento a los niveles de calidad exigidos. El fin de un sistema de control de variables de un proceso es corregir las desviaciones surgidas, respecto a unos estándares determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto desarrollado.

Factores como temperatura, presión, nivel y caudal son algunos índices determinantes en la ejecución de un producto final. Debido a lo anteriormente mencionado haremos una breve descripción acerca de los dos siguientes procesos:

2.2 Caldera a vapor

En la industria en general muchos de los procesos emplean grandes cantidades de vapor. La caldera se destaca por una gran capacidad nominal de producción de vapor, es decir toneladas hora a determinada presión y con un flujo de caudal; dependiendo de la demanda de la fábrica estas deben mantenerse a una presión constante de trabajo durante el proceso, por lo tanto, debe cumplir con medidas fiables para obtener una buena producción.

2.3 Control de nivel

La posibilidad de regular el flujo del agua de alimentación establece el nivel de fiabilidad de la caldera esto depende de múltiples factores como los son: el tipo de caldera a utilizar, la carga suministrada para la demanda, el arrastre de fuerza de la bomba y la capacidad de control del flujo del agua de alimentación para poder controlar y mantener un nivel óptimo de agua en la caldera, se hace vital el uso de un control de nivel, el cual le da una senal por medio de un controlador para encender y apagar la bomba de alimentación de agua, cuando este no cumpla con el estándar óptimo durante el proceso. También durante este proceso son de vital importancia los sistemas de seguridad de nivel, los cuales generan alarmas en el sistema.

En conclusión, el equipo de control de variables nos permite interactuar de manera didáctica con problemas reales industriales, ya que nos da la posibilidad de realizar ajustes y monitoreos de control del comportamiento de las diferentes variables que se nos presentan en el ámbito profesional y en las múltiples industrias, ya que se manejan procesos distintos pero la finalidad es brindar factores confiables y óptimos basados en estándares de calidad de cada proceso.

Glosario

Presión: es una magnitud física que mide la trayectoria de una fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie.

Caudal: es la cantidad de fluido que pasa por un elemento determinado con respecto a una unidad de tiempo.

Fiabilidad: probabilidad de que un sistema, aparato o dispositivo cumpla con su función bajo ciertas condiciones dadas, durante un tiempo determinado.

Nomenclatura

Kp - Ganancia del controlador.

CO - Salida del controlador.

Tv - Tiempo derivativo en minutos.

Tn - Tiempo integral en minutos.

SP - Valor deseado.

W2 - Valor deseado en controlador esclavo.

W1 - Valor deseado en controlador maestro y simple.

X2 - Valor de variable controlada esclavo.

X1 - Valor de variable controlada en el controlador maestro y simple.

Y2 - Valor de la variable manipulada esclavo.

Y1 - Valor de la variable manipulada en el controlador maestro y simple.

PV - Variable controlada.

Referencias

- Absorción en la Industria Petrolera. (22 de septiembre de 2017). Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/97368049/Absorcion-en-La-Industria-Petrolera>
- Alfaro, L. (2012). Guías para el laboratorio de control e instrumentación de procesos industriales. Costa Rica.
- Mccabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (1991). Operaciones unitarias en ingeniería química. 4.^a edición. McGraw-Hill.
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna. 5.^a edición. Pearson.
- Treybal, R. (s.f.). Operaciones de transferencia de masa. 2.^a edición). México: McGraw-Hill.



Generalidades y aplicaciones del equipo regulación de cuatro variables GUNT

Texto que habla de la ingeniería de control, de conceptos como la identificación que hace parte del procedimiento usado para la obtención de un modelo matemático del sistema que detalla cómo cambia en el tiempo, procesos resultado de la combinación de métodos y herramientas físicas o tecnológicas, necesarias para medir y regular de una manera automática diversas variables que afectan el proceso de producción, esto con el fin de lograr un óptimo desempeño en cuanto a control, calidad, productividad, seguridad entre otros aspectos que afecten el proceso de estudio, y de diferentes métodos de identificación como: el método de control P, realimentación por relé, oscilación mantenida y el método basado en curvas de reacción del proceso.