

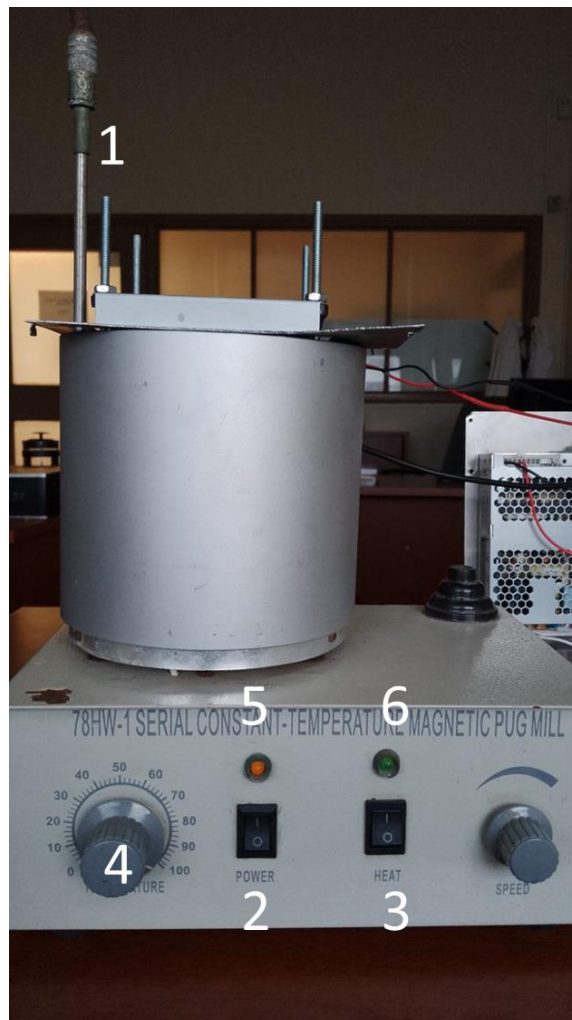
# Guía de uso del sistema de control para el laboratorio de Dinámica de Procesos

## 1 Hardware

Verificar que la plancha esté conectada a 230 V.

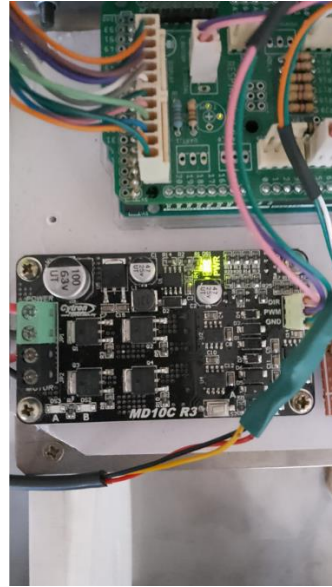
Verificar que el sensor de realimentación de la plancha esté colocado en la posición inferior de la misma (1)

Encender la plancha y esperar que llegue a la temperatura de equilibrio (2) (3). Note que la plancha tiene un control on-off independiente que se regula desde el panel frontal (4). Observe led amarillo y verde en el panel frontal (5) (6).



Verificar que la fuente de 12 V esté encendida (Llave roja posterior al módulo de control). Observe el led verde en el módulo de driver de motor.

Conecte el puerto USB, esto debe alimentar al microprocesador. Observe la temperatura y el PWM en el display



## 2 Inicio del programa

El programa está contenido en un archivo *lab\_control.rar*. Elija la carpeta para su instalación.

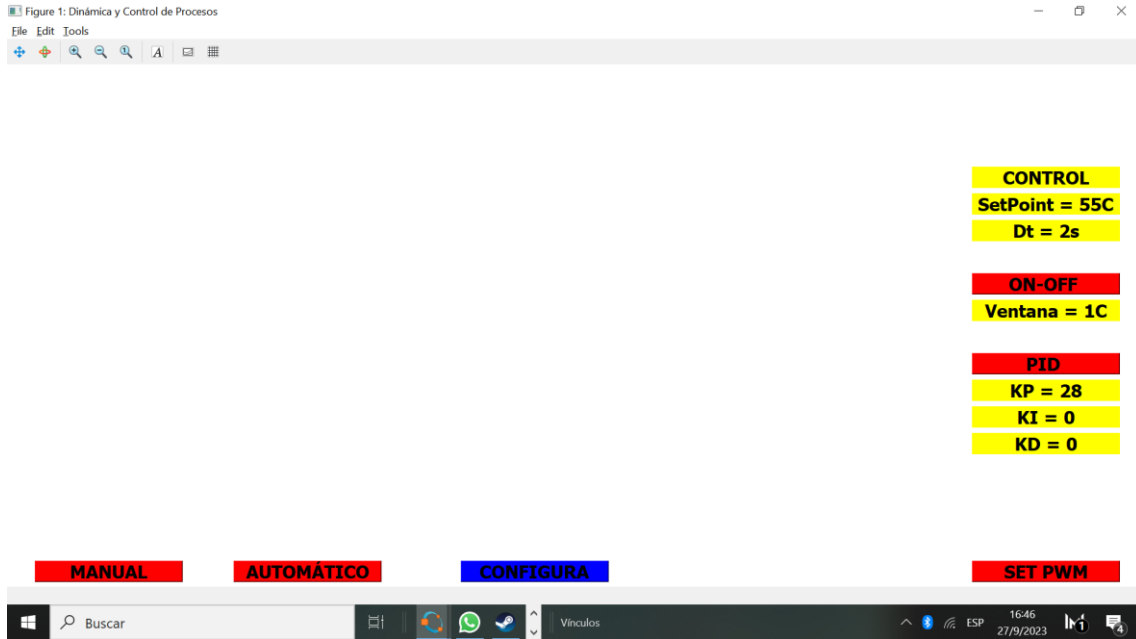
Se copian todos los archivos necesarios para la ejecución. Debería funcionar desde Octave sin configuraciones adicionales.

Se crea un subdirectorio *archivos* donde se guardan los resultados

so > Windows (C:) > nico > 1 docencia > Dinamica y control > new > lab\_control

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
archivos	25/9/2023 11:37	Carpeta de archivos	
arch_conf	18/9/2023 16:58	Archivo	1 KB
automatico	25/9/2023 15:43	Archivo M	2 KB
backup	31/8/2023 17:09	Archivo	1 KB
configura_control1	31/8/2023 18:30	Archivo M	3 KB
controlador	25/9/2023 15:41	Archivo M	1 KB
fin_caja	28/8/2023 12:19	Archivo M	1 KB
guardar	25/9/2023 15:47	Archivo M	1 KB
lab_control	25/9/2023 15:30	Archivo M	5 KB
lee_PWM	5/9/2023 15:27	Archivo M	1 KB
lee_T	5/9/2023 15:26	Archivo M	1 KB
manual	25/9/2023 15:30	Archivo M	2 KB
on_off_on_off	30/8/2023 17:49	Archivo M	1 KB
pid_on_off	30/8/2023 17:46	Archivo M	1 KB
pru	15/9/2023 16:53	Archivo M	1 KB
set_pwm	31/8/2023 19:54	Archivo M	1 KB

Se inicia la interfase de comandos con el *lab\_control.m* Todo el programa está contenido en funciones, por lo que no se generan variables en el workspace.

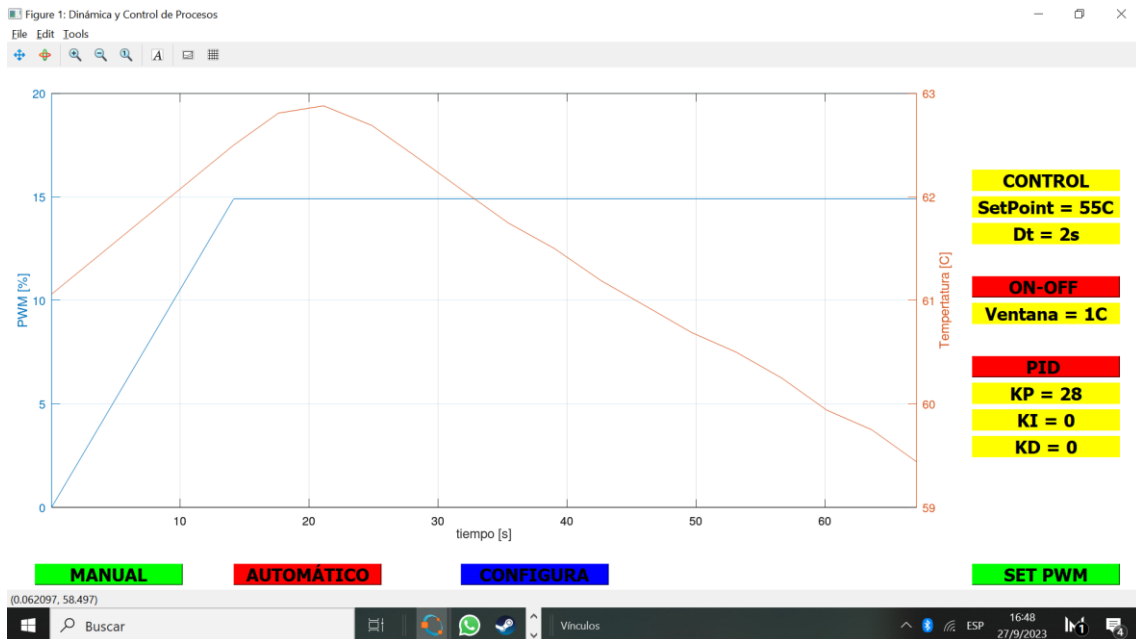


### 3 Modo Manual

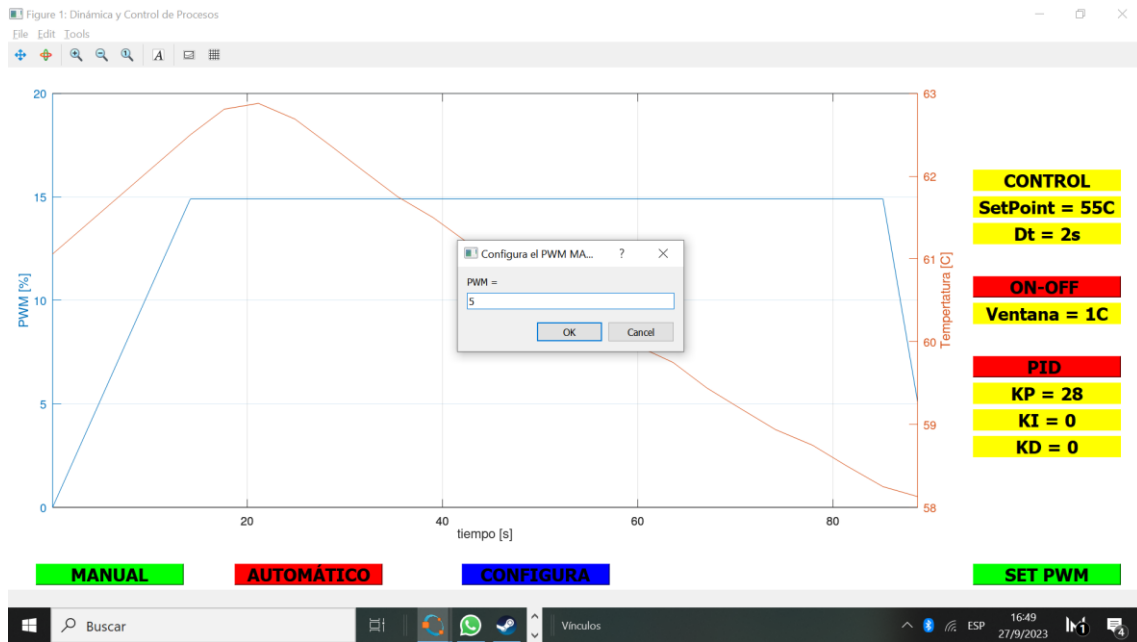
El modo manual habilita a dos cosas: monitorear la temperatura en función del tiempo y generar respuestas al escalón.

Se inicia con el botón MANUAL de la interfase. Este botón pasa de rojo a verde cuando el modo está activo.

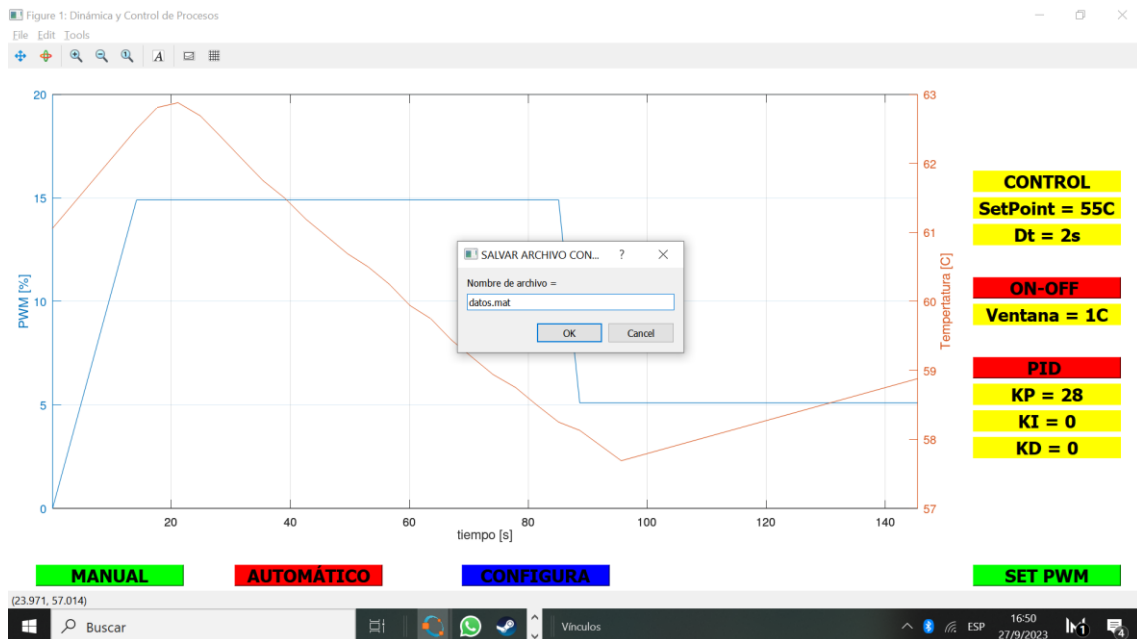
Cuando el modo manual está activo se habilita el botón SET PWM que permite configurar un valor deseado en la velocidad del motor.



Note que PWM está escalado entre 0 y 100% de la acción de control. Una acción de control inferior al 5% no tiene torque suficiente para iniciar el giro del ventilador.



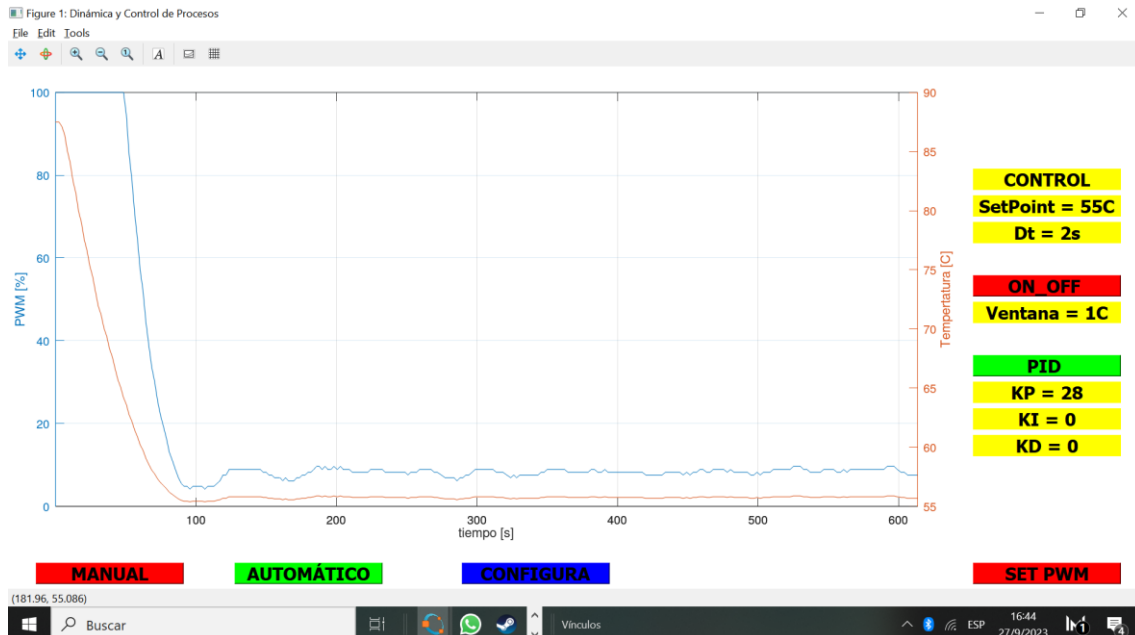
Luego de realizado el ensayo, se sale del modo apretando nuevamente el botón MANUAL. Aparece un cuadro de dialogo para guardar los resultados. Luego de guardados el sistema queda nuevamente en la pantalla de inicio.



El resultado se guarda en la carpeta *archivos*.

## 4 Modo Automático

En el modo automático el sistema pasa a controlar en modo PID o ON-OFF. Para ello hay que seleccionar un modo activo haciendo click en el botón correspondiente. Cuando el modo está activo el botón pasa de rojo a verde.



El sistema pasa a controlar con el algoritmo que está en la función *controlador.m*. En principio está implementado un ON-OFF y un PID.

Los parámetros de ambos controladores se configuran con el botón CONFIGURACION. Este abre un cuadro de dialogo que permite cambiar:

Setpoint

Ventana de histéresis del on-off

KP

KI

KD

Tiempo del lazo (este tiempo se suma al retardo de operación del sistema 2s)

Vert Escala en pixel de la pantalla

Hor Escala en pixel de la panalla

Cuando se oprime nuevamente “automático” aparece un cuadro de dialogo para guardar el archivo con los datos.

# Protocolo Laboratorio de Control.

El laboratorio se divide en dos etapas, una de identificación de modelo y otra de control propiamente dicho.

Se trata de controlar la planta en una temperatura de 55 C que corresponde aproximadamente a 10% del a la acción de control PWM. Para ello se realizan dos ensayos de identificación, uno en lazo abierto y uno en lazo cerrado.

## Ensayo 1. Identificación de modelo por respuesta al escalón en lazo abierto.

Haremos una respuesta al escalón entre PWM = 15% y PWM = 5 %. Para ello se procede de la siguiente manera:

- 1.1) Activar el modo manual “Manual”
  - 1.2) Fijar el PWM manual en 15 % y esperar que la planta estabilice (aprox. 700s)
  - 1.3) Con la planta estable en el punto 15% aplicar un escalón pasando PWM a 5%. Note que esto produce un salto de 10 % en la variable de control. En nuestro caso la variable PWM va de 0 a 255 por lo que el salto es de 25 unidades PWM.
  - 1.4) Cuando el sistema alcance el nuevo equilibrio (aprox. 1400s) guarde el archivo con los resultados. Esto se logra apretando nuevamente el botón “Manual”
  - 1.5) El archivo posee fecha, temperatura, tiempo y variable de control. Con ello debería poder determinar la dinámica del modelo en torno al punto de funcionamiento y estimar los parámetros Z-N a partir de la respuesta de lazo abierto.
- Tiempo estimado de esta parte 45 min

## Ensayo 2. Identificación de modelo en lazo cerrado.

Se cierra el lazo con un control proporcional. El setpoint se fija en 55 C que es el punto de operación donde se quiere controlar la planta. Note que la linealización depende del punto elegido, un cambio de setpoint o entorno de funcionamiento implica identificar nuevamente la dinámica.

Se fijan las ganancias  $K_P=0$  y  $K_D=0$ . Se releva la ganancia proporcional para determinar la  $K_P$  crítica donde comienzan las oscilaciones sostenidas. Cuando el sistema está cerca de desestabilizarse se observan oscilaciones amortiguadas.

Inicie el sistema de una temperatura de al menos 60 C. Los resultados no deberían depender del punto inicial, pero nos permitirá comparar mejor con el resto de los grupos.

- 2.1) Determina la respuesta del sistema para  $K_P = 25, 50, 75, 100$ . Para cada valor de la ganancia inicie un nuevo experimento. Espere un tiempo aproximado de 300 s y guarde el resultado. Debería poder observar si el sistema es inestable y el período de oscilación en caso de ocurrir.

2.2) En base a lo observado en la parte anterior encuentre un valor de  $K_P$  crítico con una incertidumbre de  $\pm 2,5\%$ .

2.3) Con estos datos debería ser capaz de determinar  $K_P$  crítica y  $T$  crítico y con ello la estimación de  $Z - N$  para el controlador.

- Tiempo estimado de esta parte 60 min

### **Ensayo 3. Control de sistema.**

Tenemos tres posibles métodos de determinar los parámetros del controlador.

Método empírico  $Z - N$  en lazo abierto.

Método empírico  $Z - N$  en lazo cerrado.

Método analítico en función del modelo identificado de la planta.

3.1) Determinar la respuesta de los controladores P, PI y PID obtenidos a partir del método  $Z - N$  en lazo abierto. (aprox. 300s/ensayo)

3.2) Determinar la respuesta de los controladores P, PI y PID obtenidos a partir del método de  $Z - N$  en lazo cerrado. (aprox. 300s/ensayo)

3.3) Elija una topología y un método de diseño a partir de lo visto en el teórico y determine la respuesta de su controlador.

3.4) A partir de los ensayos ud. podrá determinar:

Error en estado estacionario

Tiempo de subida

Sobretiro

Tiempo de asentamiento (5%)

Y realizar una comparativa sobre el desempeño de los controladores.

### **4. Informe**

Del ensayo 1, cada grupo contará con un archivo que posee fecha, temperatura, tiempo y variable de control.

Previo a la realización de la segunda práctica se deberá entregar un informe grupal (verificar en EVA la fecha límite para entregarlo).

Tratamiento de datos para el informe:

- Determinar función de transferencia que mejor ajusta los datos obtenidos en torno al punto de funcionamiento (se deberán probar por lo menos dos posibles curvas de ajuste).
- Determinar el valor de estado estacionario
- Determinar la ganancia última del proceso de forma teórica.

- Comparar la ganancia última obtenida de forma experimental y la obtenida de forma teórica
- Estimar los parámetros Z-N a partir de la respuesta de lazo abierto.
- Ajustar controladores PI y PID para un sistema de control *feedback*, que permita controlar la temperatura del ducto actuando sobre el porcentaje de PWM del ventilador.

Contenido del informe:

- Objetivos de la práctica.
- Diagrama de flujo y diagrama de bloques (indicando unidades) de un control *feedback* para regular la temperatura del ducto actuando sobre el porcentaje de PWM del ventilador
- Determinación de la función de transferencia correspondiente a los datos medidos en el laboratorio.
- Determinación de la función de transferencia del proceso.
- Cálculo de la ganancia última.
- Estimar los parámetros Z-N a partir de la respuesta de lazo abierto
- Ajuste de controladores PI y PID.
- Análisis de resultados y conclusiones.