



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE OPERACIONES DE SEPARACIÓN, REACCIÓN Y CONTROL

MANUAL DE OPERACIÓN: SECADOR ROTATORIO LIQ

**JORGE ANDRÉS FELIBERT ÁLVAREZ
JULIÁN DAVID PÉREZ SÁNCHEZ
GERSON URIEL COLORADO CIFUENTES
WILMER SEBASTIÁN RÍOS RODRÍGUEZ**

CONTENIDO

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO**
- 3. ENCENDIDO DEL EQUIPO**
- 4. INICIO DEL PROGRAMA**
- 5. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA**
- 6. OBTENCIÓN DE DATOS**
- 7. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES**

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual tiene como fin ayudar al estudiante a familiarizarse con el equipo de secado rotatorio de la planta piloto de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Este equipo es utilizado principalmente para las prácticas de control en lazo abierto de la asignatura de Laboratorio de operaciones de separación, reacción y control, aunque también es posible utilizarlo para prácticas de separación. En este se presentará, a grandes rasgos, cómo encender el equipo, cómo iniciar el programa, el funcionamiento del equipo, cómo obtener los datos a partir del programa y una serie de sugerencias y recomendaciones importantes para el manejo del mismo. Para ello, nos dispusimos a recolectar una serie de imágenes que serán de ayuda para el estudiante. Cada imagen está numerada y se especifica en cada caso la imagen que el estudiante debe observar, así como también se editaron las imágenes para que ubique fácil y rápidamente el botón o texto al que se hace referencia. Adicionalmente, tenga en cuenta que en el presente, los autores ubicaron las imágenes posteriores al texto en el cual se describen.

No es objetivo de este manual sugerir un procedimiento estandarizado para la realización de las prácticas, así como tampoco un análisis detallado del programa de configuración o de modificación de la interfaz de usuario. Queda al criterio del estudiante cómo realizar su práctica y cómo realizar los cálculos de sintonía del controlador PID.

Por último, cabe resaltar que se sugiere al estudiante leer la totalidad de este manual antes de realizar su práctica en el equipo mencionado, y esperamos que el presente sea de utilidad.

2. RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO

El sistema de secado rotatorio de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, consta de 3 partes. La primera de ellas es el computador, desde el cual se maneja por completo el equipo. La segunda es el PLC, ubicado en la pared justo detrás del computador, en el cual encontrará la CPU a la cual están conectados los sensores del secador y demás cableado necesario para un correcto funcionamiento del sistema. Por último se encuentra el secador, el cual consta de un cilindro metálico en la zona central, el cual está sujeto a una cadena que al girar hace rotar el secador. La cadena se mueve mediante un motor eléctrico (motor 2) que se controla desde el computador. El aire entra por el costado izquierdo del secador por acción de un soplador, el cual gira por acción de otro motor (motor 1) operado también desde el computador. El aire circula a contracorriente con respecto al alimento sólido. Este primero pasa a través de un sistema de resistencias que calienta el aire, luego pasa por el cilindro rotatorio en donde se lleva a cabo el secado del sólido y por último llega a un ciclón, en donde las partículas sólidas son separadas del aire. Durante su recorrido, el aire pasa a través de cuatro sensores, dos de ellos sensores de temperatura, uno antes del cilindro del secado y otro después; y por último, por unos sensores que permiten determinar la temperatura y humedad del aire justo antes de ser descargado a la atmósfera. El alimento del secado, es decir, el sólido húmedo, se introduce en un recipiente plástico en la parte superior derecha del equipo. Este se alimenta al sistema mediante un tornillo sin fin (tornillo de Arquímedes) ensamblado a un motor (motor 3) eléctrico operado desde el computador. El sólido cae dentro del cilindro y se mueve en la dirección deseada debido a que existe una inclinación considerable dentro del secador. Luego de pasar por el secador rotatorio, el sólido cae dentro de

otro recipiente plástico sellado en donde es posible recuperarlo destapando dicho recipiente. (Ver imagen 1)

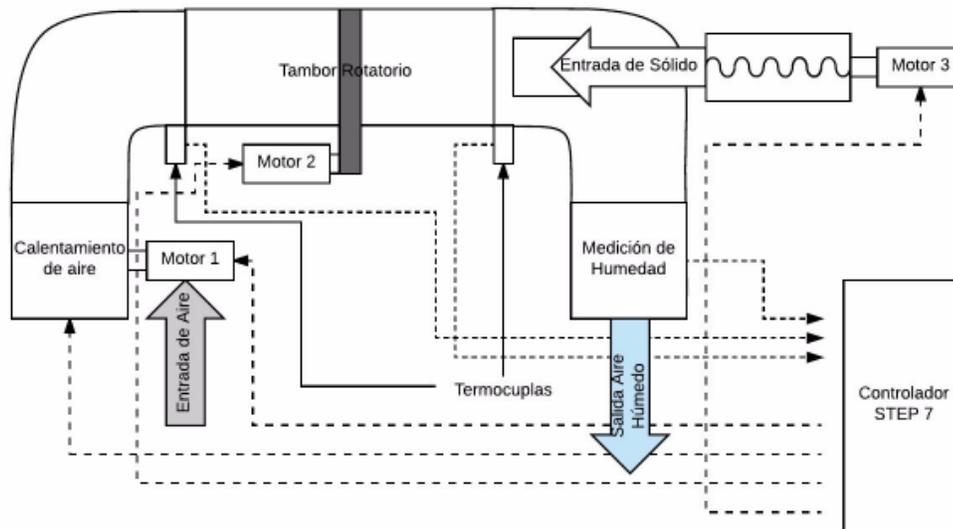


Imagen 1.

3. ENCENDIDO DEL EQUIPO

3.1. El primer paso para encender el equipo es dirigirse al panel de los “tacos” de la electricidad (Brakes), ubicado a la izquierda del PLC. Una vez allí, abra el panel y coloque el primer “taco” de la parte superior izquierda en la posición de encendido (mueva hacia la derecha). (Ver imagen 2)



Imagen 2.

3.2. Cierre el panel y diríjase al PLC. Para abrirlo, gire la manija en la dirección contraria a las manecillas del reloj. (Ver imagen 3)



Imagen 3.

3.3 Dentro del PLC, en la parte central derecha del mismo encontrará otro “taco” como el observado en la imagen siguiente. Ubique este en la posición de encendido (hacia arriba). (Ver imagen 4)

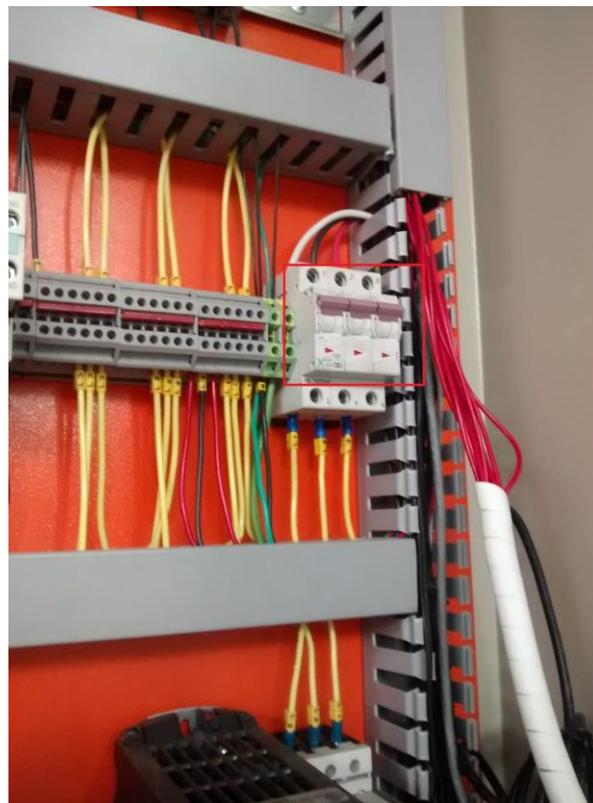


Imagen 4.

3.4. Cierre correctamente el panel (cierre la puerta y ajústela bien girando la manija en la dirección de las manecillas del reloj) y, a continuación, gire el interruptor externo ubicado justo debajo del botón verde hacia la posición de encendido (hacia la derecha). (Ver imagen 5)



Imagen 5.

3.5. Hecho esto, encienda el computador.

4. INICIO DEL PROGRAMA

4.1. Una vez encendido el computador, ubique la carpeta “Lab control” en el escritorio de Windows. Abra la carpeta. (Ver imagen 6)

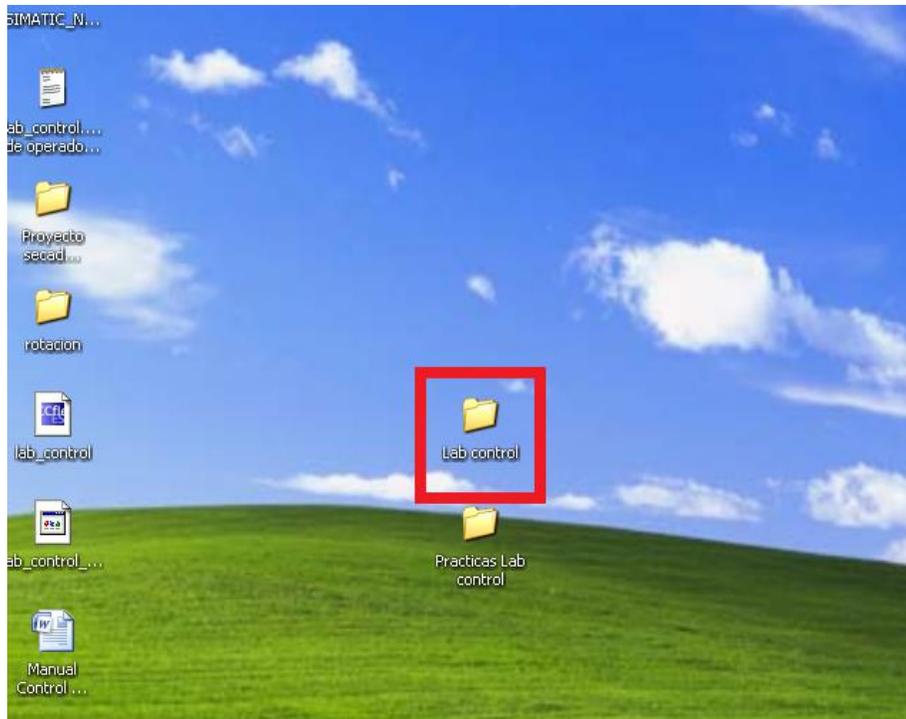


Imagen 6.

4.2. Dentro de esta encontrará dos carpetas: “Control temperatura de entrada” y “Control temperatura de salida”. Abra la que requiera, dependiendo de la práctica que esté desarrollando. (Ver imagen 7)

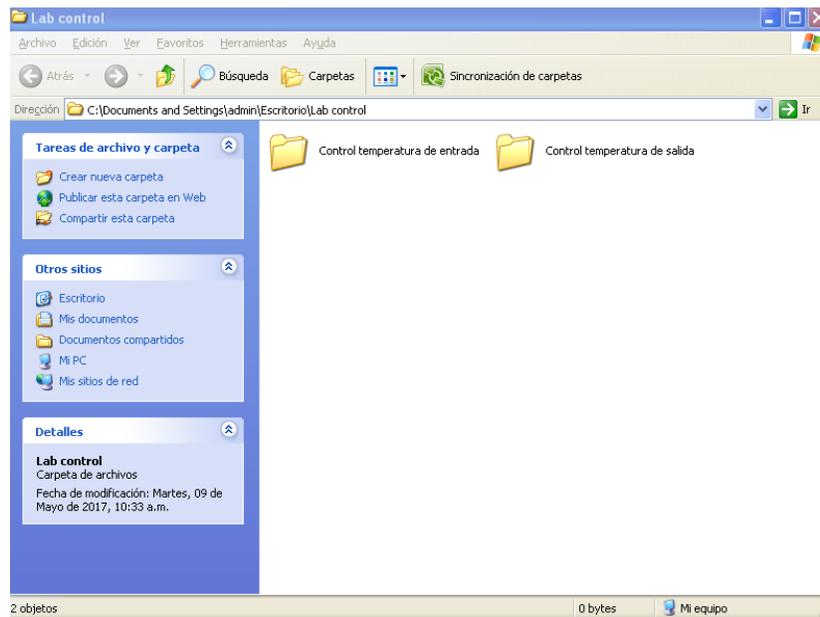


Imagen 7.

4.3. Independientemente de la carpeta que haya abierto, encontrará que el contenido en cada una es el mismo. Abra el archivo “Lab-control-temp”. (Ver imagen 8)

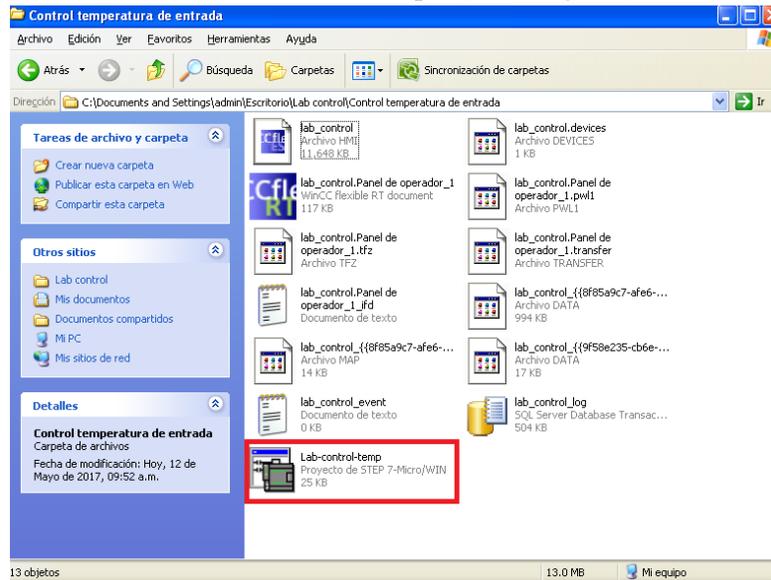


Imagen 8.

4.4. En este archivo encontrará toda la programación del lazo de control, apagado del equipo, encendido de los motores, entre otras funciones. Si no requiere hacer ningún cambio específico en las características iniciales del equipo, prosiga a cargar el programa en la CPU. Para ello, haga clic en el botón “comunicación” en el costado izquierdo. (Ver imagen 9)



Imagen 9.

4.5. Luego haga clic en el botón “Ajustar interface PG/PC”. (Ver imagen 10)

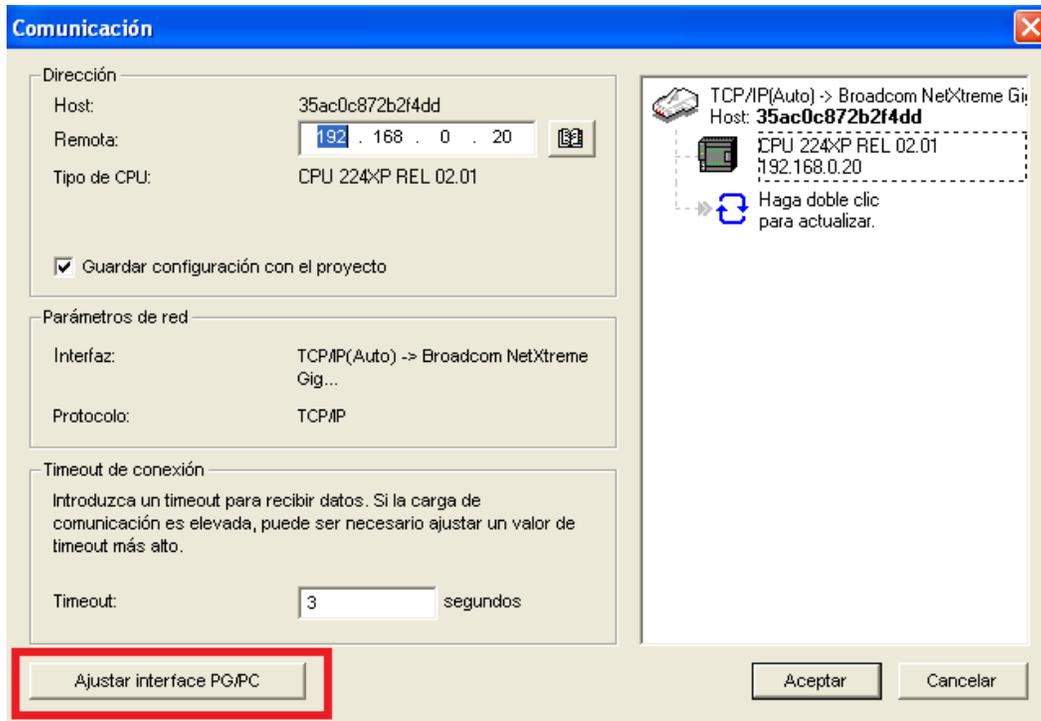


Imagen 10.

4.6. Haga clic en la opción “PC/PPI cable (PPI)” y luego en aceptar. Aparecerá un cuadro de diálogo, oprima aceptar nuevamente. (Ver imagen 11 e imagen 12)

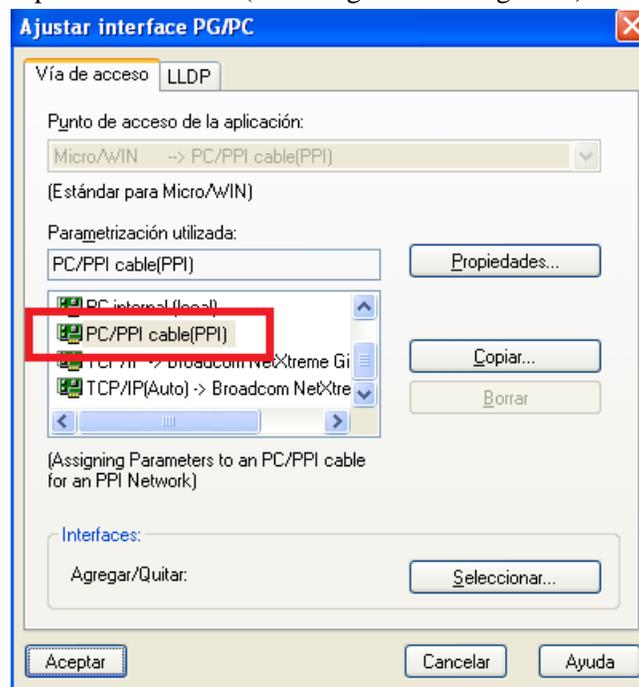


Imagen 11.

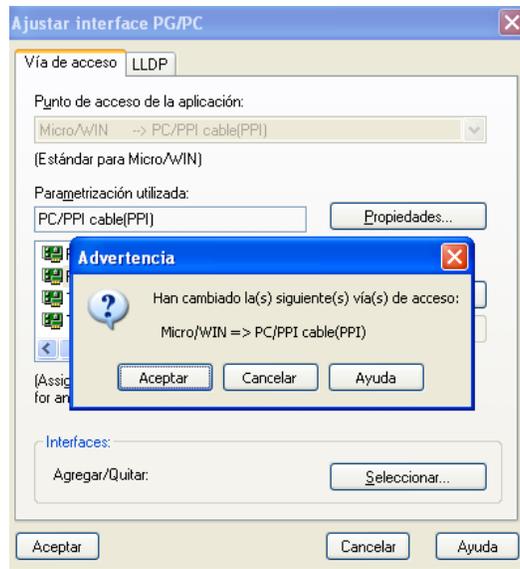


Imagen 12.

4.7. Hecho esto, regresará a la pestaña anterior. Ahora, en la parte derecha observará un botón que dice “Haga doble clic para actualizar”. Una vez haga doble clic sobre este mensaje, espere mientras se realice la actualización. (Ver imagen 13)

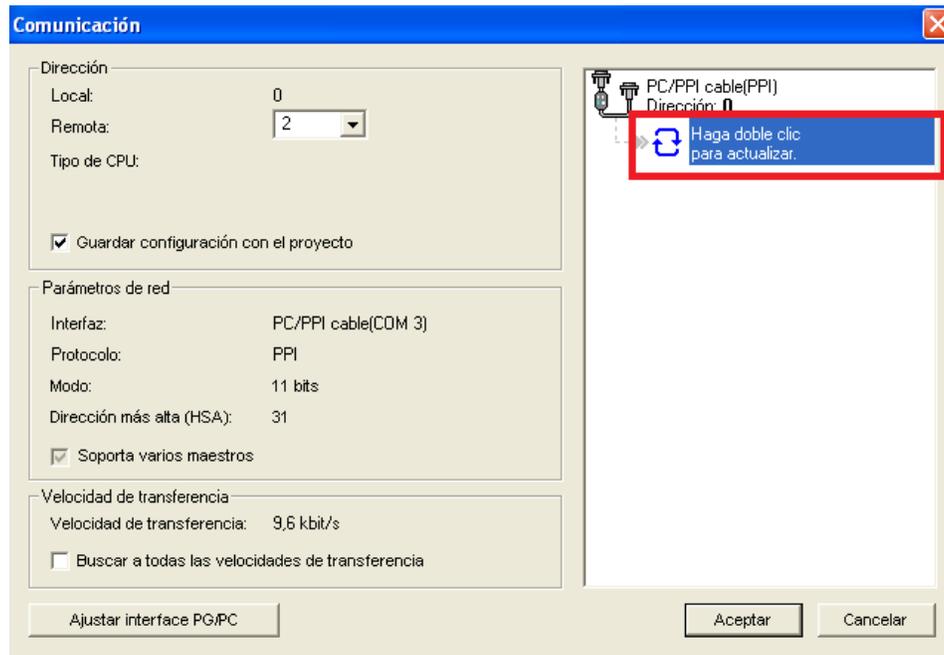


Imagen 13.

4.8. Terminada la actualización, observará que sobre el botón “Haga doble clic para actualizar” aparece la información “UNKNOWN dirección: 2”. Esto indica que el computador y la CPU están comunicados. Dele clic en Aceptar, con que lo que regresa a la pantalla principal del programa. (Ver imagen 14)

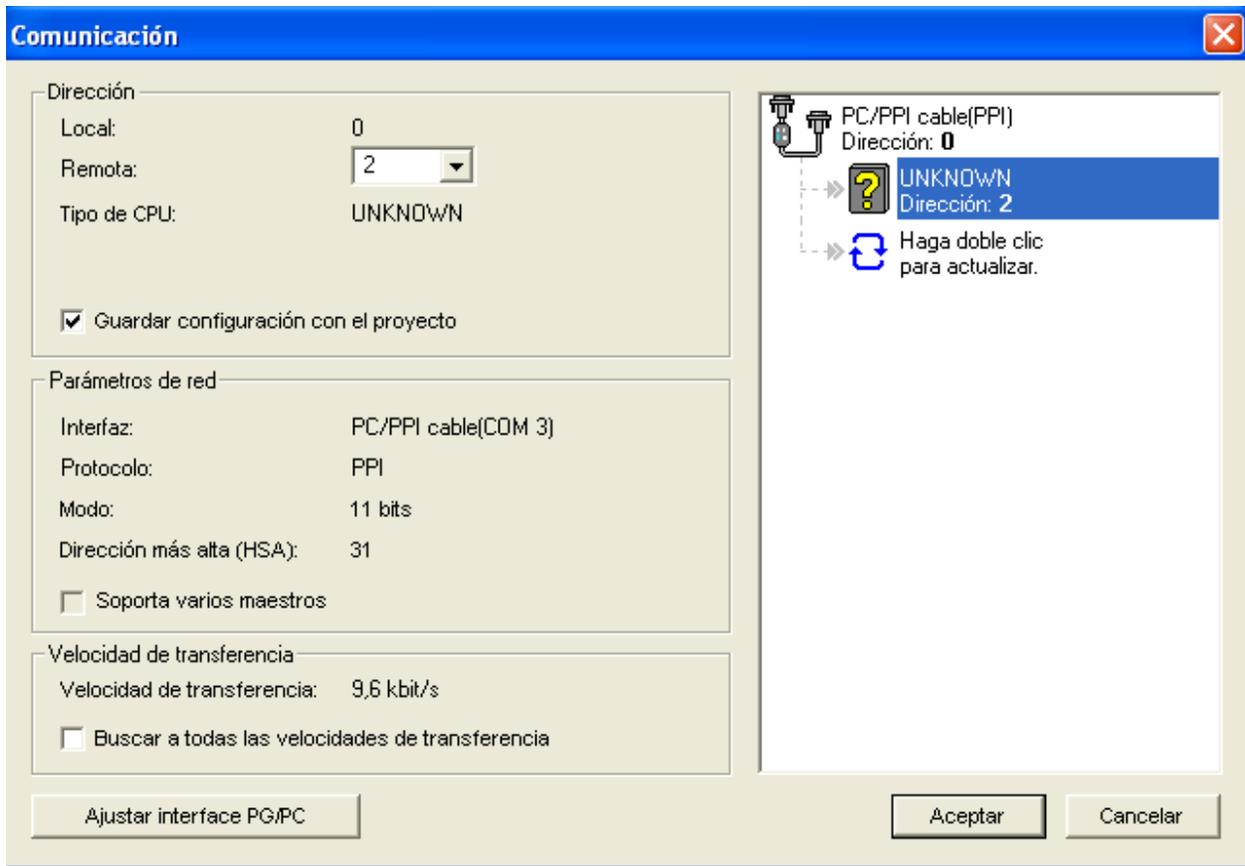


Imagen 14.

4.9. Para cargar el programa en la CPU, haga clic en el botón “cargar en CPU” ubicado en la parte superior. (Ver imagen 15)

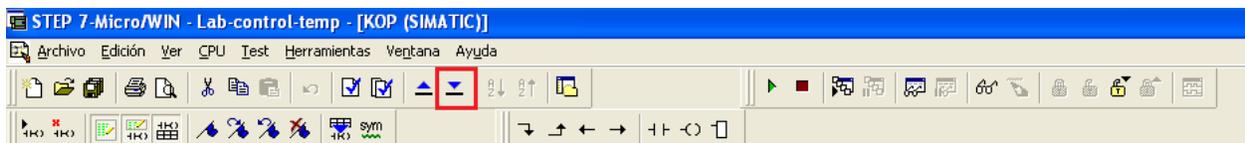


Imagen 15.

4.10. A continuación, desmarque la opción “Configuraciones de registros de datos” y haga clic en “Cargar en CPU”. El programa pedirá autorización para realizar la carga en modo STOP. Acepte y espere mientras el programa carga. (Ver imagen 16)

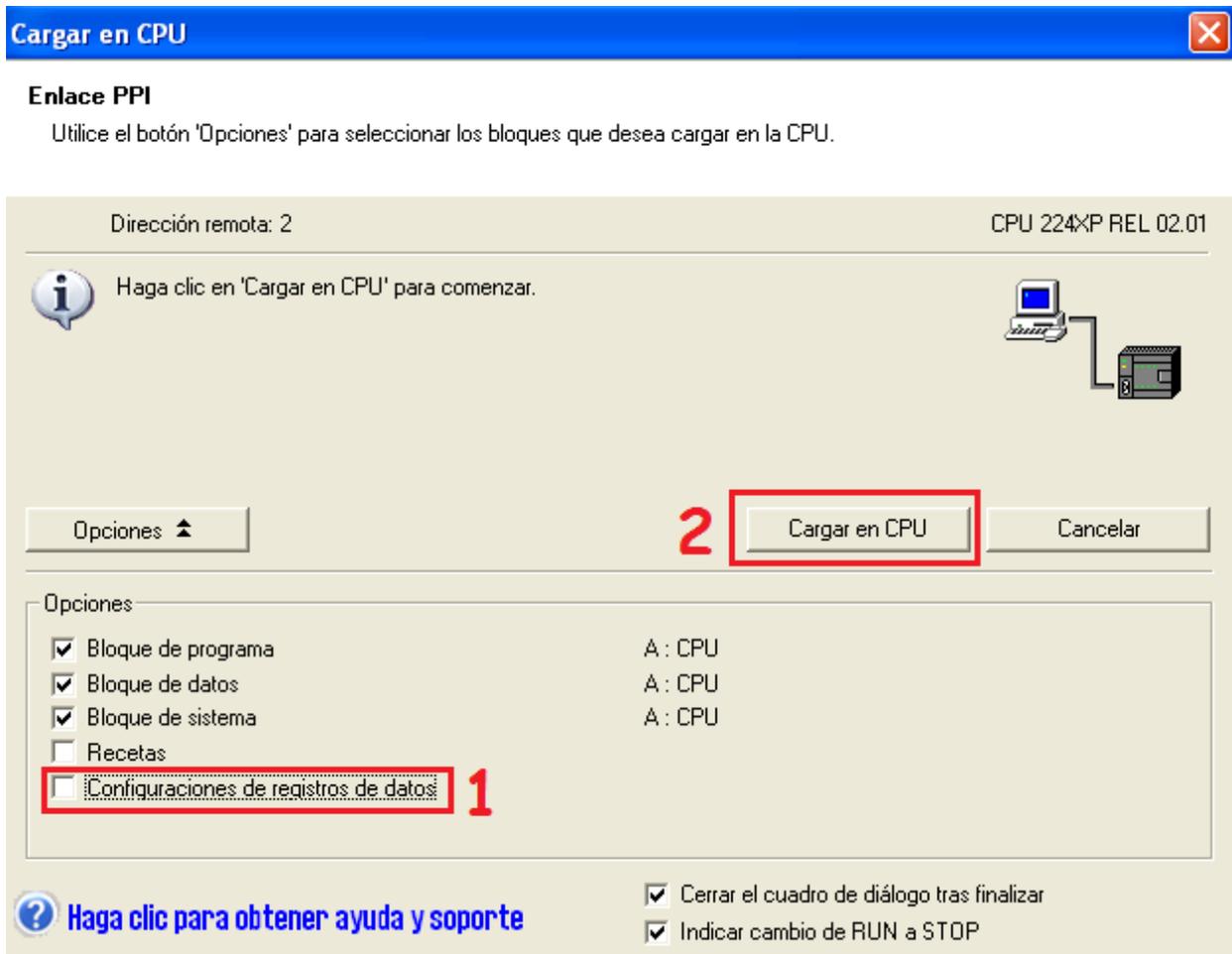


Imagen 16.

4.11. Finalizado esto, regresa automáticamente a la pantalla principal del programa. Haga clic en el botón RUN, ubicado en la parte superior. (Ver imagen 17)



Imagen 17.

4.12. Si lo requiere, puede comunicar el programa y la CPU por Ethernet realizando nuevamente los pasos 4.6. a 4.11. . Para ello, elija la opción “TCP/IP(Auto)” en vez de “PC/PPI cable(PPI)”.

4.13. Minimice el programa (no lo cierre), y vaya nuevamente a la carpeta de control de temperatura que haya abierto (entrada o salida). Haga doble clic en el ejecutable “lab_control.Panel de operador_1”. (Ver imagen 18)

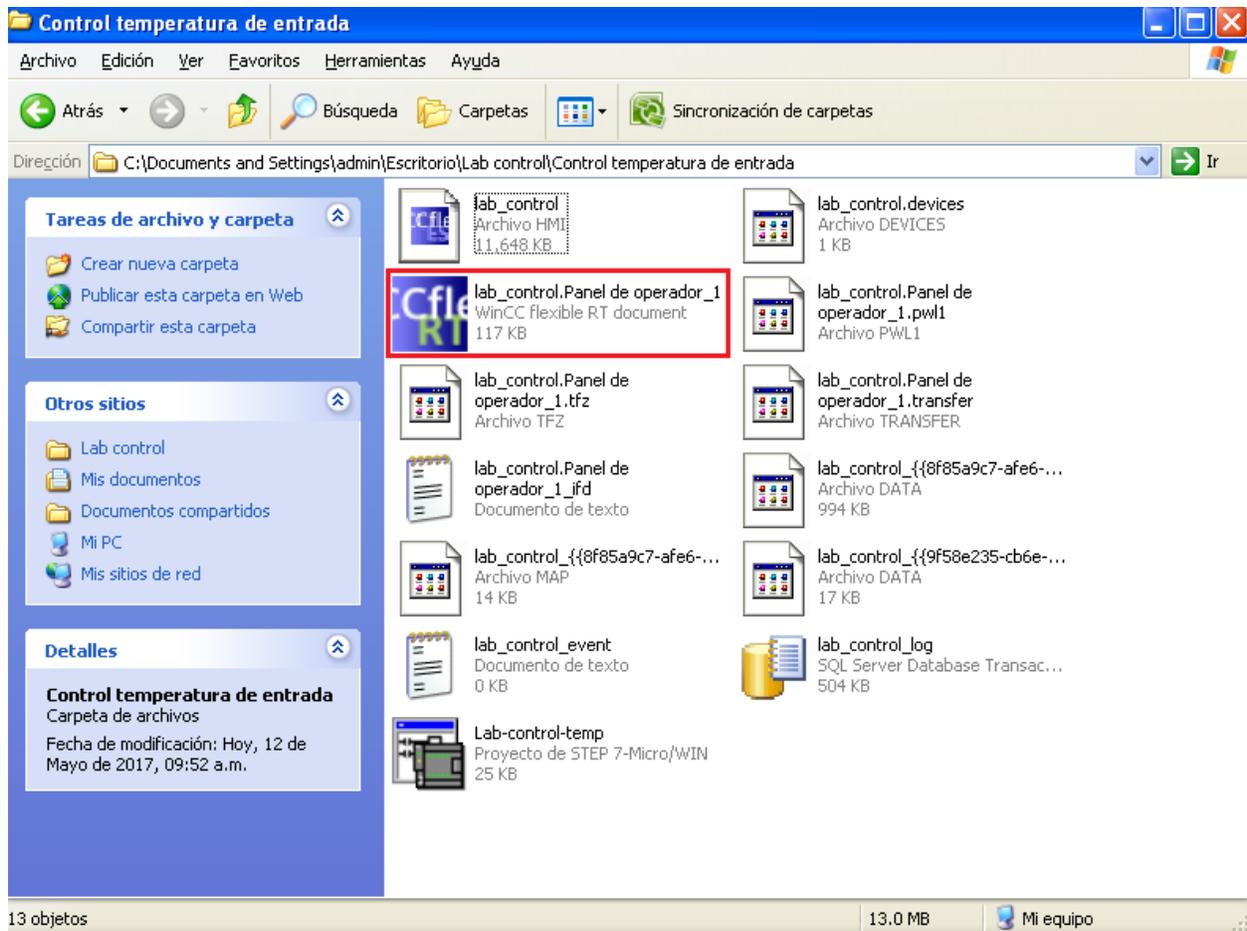


Imagen 18.

5. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

a. INTERFAZ

Una vez abierto el panel de operador, observará la interfaz principal de este como se observa en la siguiente imagen. Notará que la interfaz que observa coincide con el equipo. (Ver imagen 19)

La principal función de esta pestaña es establecer la rotación de los motores. Dicha rotación deberá estar en un rango de 0 a 60 rpm. Para ello, haga clic sobre el motor que desea encender y escriba el valor que desea. Luego, haga clic en el botón verde que dice “Apagado”, el cual cambiará su texto a “Prendido”, lo cual indica que el motor en efecto ya encendió, si todos los pasos se han desarrollado correctamente.

Los botones “Gráfica TE” y “Gráfica TS” lo dirigirán a una nueva pestaña en donde obtendrá la gráfica en función del tiempo de la temperatura de entrada y la temperatura de salida respectivamente. Sobre estos botones se reporta la temperatura que está siendo medida por el sensor correspondiente.

El botón “Encendido Automático Desactivado/Activado” realiza un encendido sistemático del equipo. El orden de encendido es: primero el soplador, luego la rotación y por último alimentación. El tiempo entre cada encendido y las revoluciones para cada motor están ya establecidas.

El botón “Apagado desactivado/activado” realiza un apagado sistemático del equipo. En este, primero se apaga el motor de la alimentación, el control PID, el control on/off y se establece una amplitud de 0 (la variable amplitud está ubicada en el control de temperatura. Esta se explica posteriormente). Adicionalmente, aumentará las revoluciones del soplador al máximo (60rpm). Luego, apagará el motor que permite la rotación del secador. Por último, si la temperatura de entrada es inferior a 35 °C, se apagará el motor del soplador; de lo contrario, permanecerá encendido hasta que la temperatura descienda.

También observará en la esquina superior derecha, la temperatura y la humedad relativa de descarga de aire a la atmósfera.

El botón “Menú” lo llevará a una nueva pestaña, la cual se muestra posteriormente.

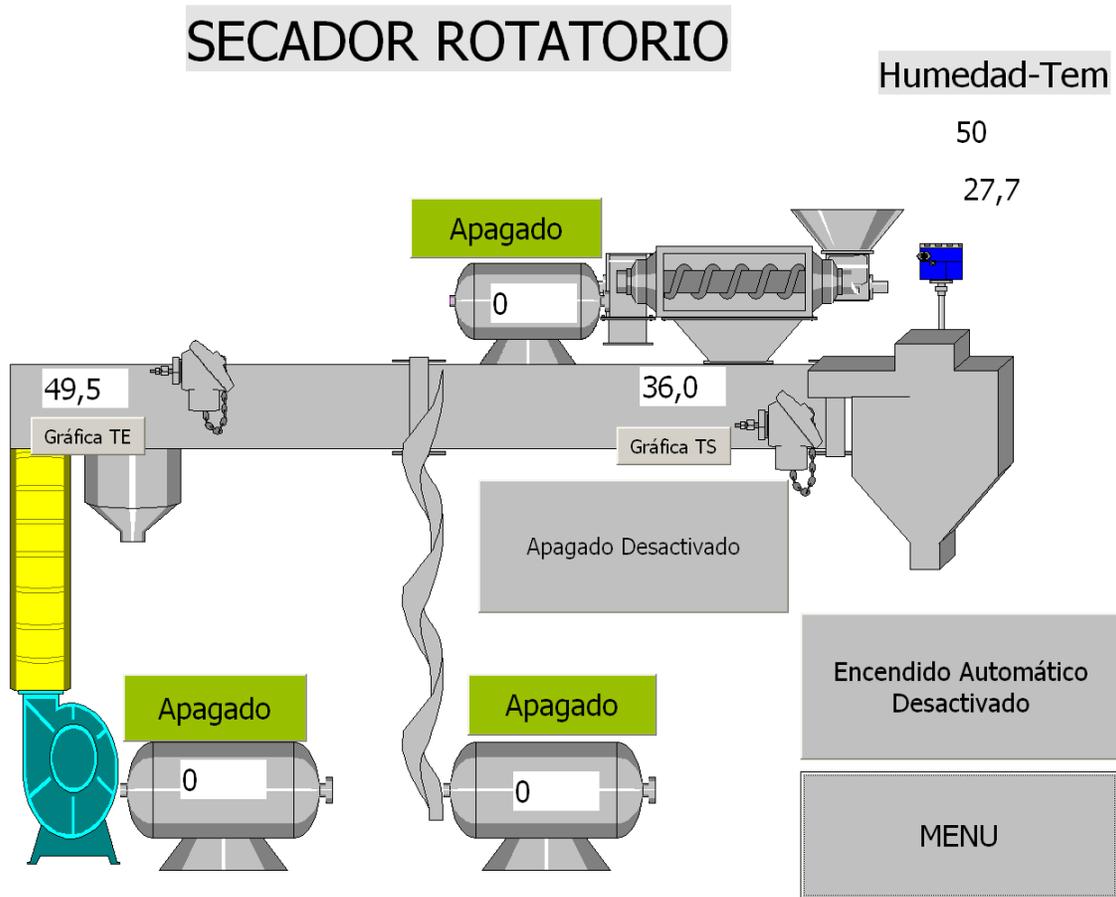


Imagen 19.

b. GRÁFICAS

En esta pestaña encontrará 4 botones (Ver imagen 20). El botón “menú” e “Interfaz” lo llevará a su respectiva pestaña. El botón “registrar” permitirá al programa guardar todos los datos (temperatura de

entrada, temperatura de salida, setpoint, amplitud, temperatura de descarga y humedad) en función del tiempo. El botón “no registrar” detiene esta acción. Una explicación detallada del registro de datos se presenta en 6. “OBTENCIÓN DE DATOS”.

Los botones con forma de lupa en la parte inferior de la gráfica permiten ajustar el tiempo de visualización. El tiempo base es de 180 segundos (3 minutos), y puede ser ajustado mediante las lupas a 22 segundos, 45 segundos, 90 segundos, 360 segundos, 720 segundos y 1440 segundos. Ajuste el tiempo de la gráfica al que más se adecúe a sus necesidades. Esta acción no altera el tiempo entre toma de datos.

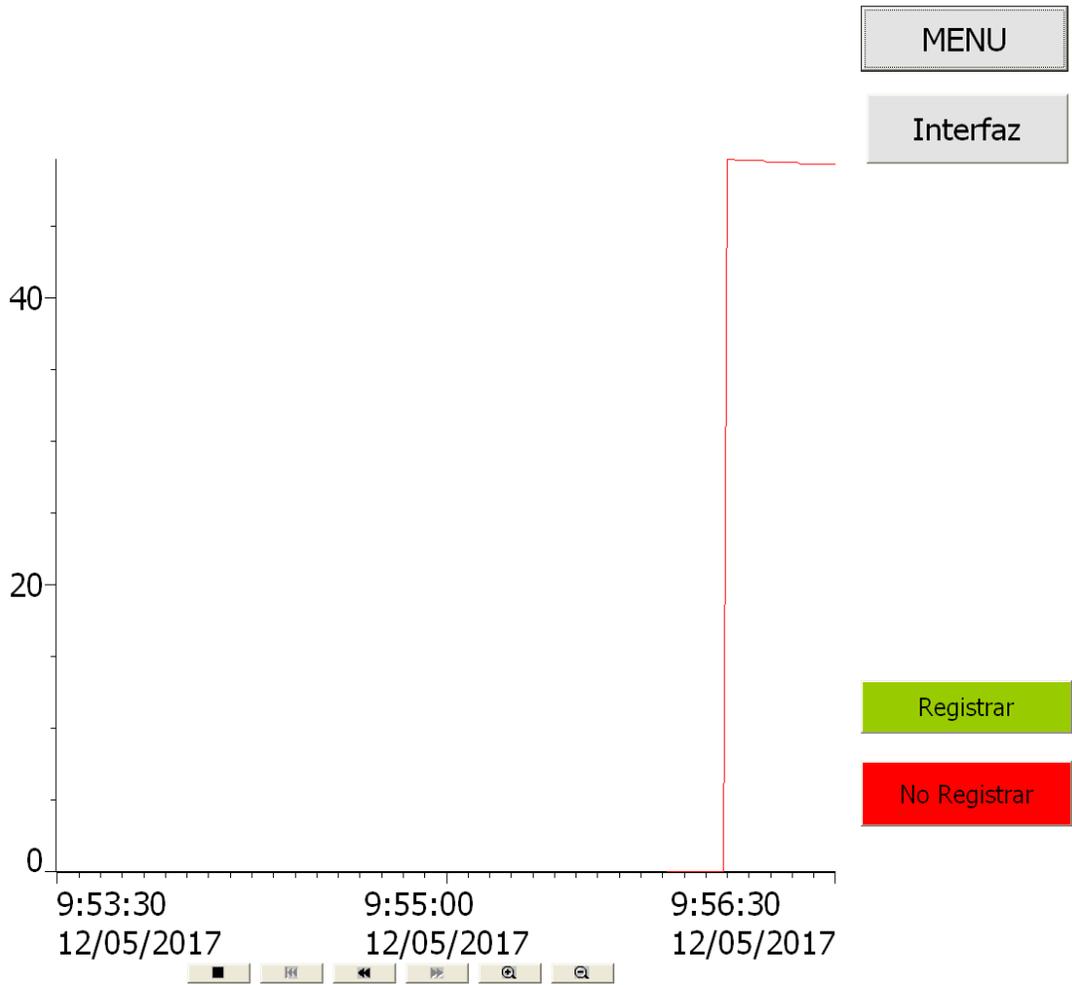


Imagen 20.

c. MENÚ

Esta pestaña, a la cual puede acceder desde las pestañas “Interfaz”, “Gráfica TE” y “Gráfica TS”, le permite seleccionar entre las opciones “Interfaz” (lo cual lo regresará a dicha pestaña), “Control de temperatura” (la cual lo dirigirá a una nueva pestaña) y “Salir del programa” para volver al escritorio. (Ver imagen 21)



Imagen 21.

d. CONTROL DE TEMPERATURA

Esta pestaña es la más relevante del programa. Desde aquí podrá elegir entre los tres modos distintos de control de temperatura.

i. Control OnOff

Para elegir este modo, primero establezca un setpoint de temperatura (en Celsius) y ubique el botón central de esta pestaña en la opción “Control OnOff activado”. Notará que dicho botón tiene únicamente las opciones “Control OnOff activado” y “Control manual/PID activado”. Luego, haga clic en el botón “Resistencia Off” para pasar a “Resistencia on”. Con este tipo de control la resistencia encenderá cuando la temperatura esté por debajo del setpoint y se mantendrá apagada cuando esté por encima. (Ver imagen 22)

ii. Control Manual

Para elegir este modo, primero establezca el botón central en la opción “Control manual/PID activado”. A continuación, el botón ubicado bajo la palabra “Control” permite las opciones “Control manual” y “Control PID”. Ubique este botón en la opción “Control manual”. Por último, establezca un valor de amplitud entre 0 y 100. Este valor indica el tiempo de contacto entre las resistencias en ciclos fijos de 20 segundos, donde el máximo tiempo de contacto es de 3 segundos, es decir, por ejemplo: para un valor de amplitud de 100, la resistencia estará encendida 3 segundos y apagada 17 segundos; mientras que para un valor de amplitud de 50 la resistencia estará encendida 1,5 segundos y apagada 18,5 segundos. (Ver imagen 22)

iii. Control PID

Para elegir este modo, primero establezca un setpoint de temperatura (en Celsius) y ubique el botón central en la opción “Control manual/PID activado”. A continuación, ubique el botón inferior en la opción “Control PID”. Introduzca los valores de ganancia, tiempo integral y tiempo proporcional que desee utilizar para su control PID. (Ver imagen 22)

The image shows a software interface for temperature control. At the top, it is titled "Control Temperatura de entrada". Below the title, there is a "SET POINT" field with the value "0". A button labeled "Control On/Off activado" is positioned below the setpoint. The main interface is divided into several sections:

- Control OnOff:** Contains a button labeled "Resistencia Off".
- Control:** Contains a button labeled "Control manual".
- Control manual:** Contains a "% Amplitud" field with the value "0".
- Control PID:** Contains three fields: "Ganancia" with value "10", "Tiempo Integral" with value "10", and "Tiempo Derivativo" with value "0".

At the bottom of the interface, there are two buttons: "MENU" and "Interfaz".

Imagen 22.

6. OBTENCIÓN DE DATOS

6.1. Los datos registrados mediante el botón “registrar” en las gráficas de temperatura de entrada y temperatura de salida se guardan en la carpeta “Practicas Lab control” ubicada en el escritorio. En caso de ser borrada, esta carpeta se crea automáticamente al seleccionar “registrar”. Abra esta carpeta. (Ver imagen 23)

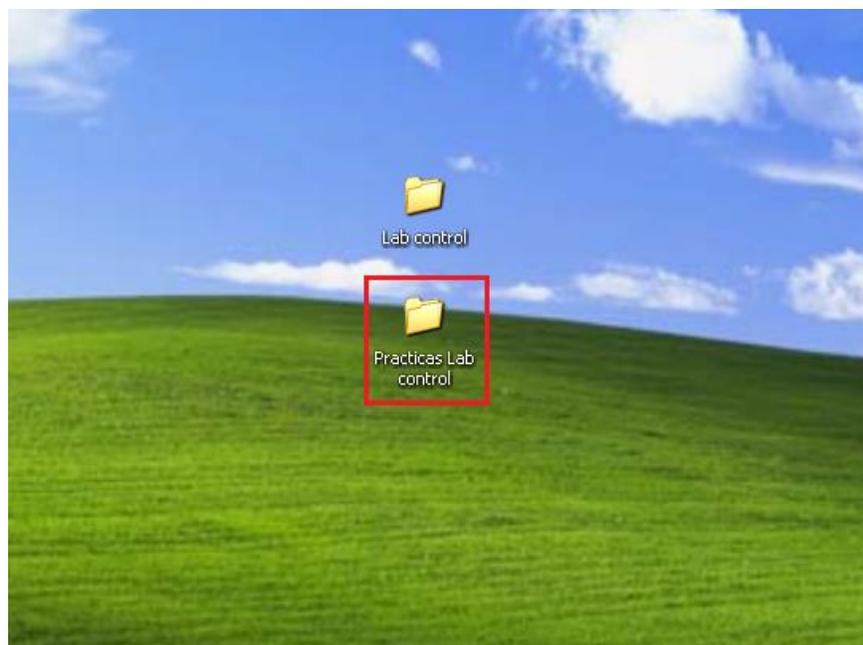


Imagen 23.

6.2. Dentro de esta carpeta encontrará 2 tipos de archivos. El primer tipo, son aquellos llamados “Registro_Datos_Control” junto con el número de archivo, por ejemplo: “Registro_Datos_Control2”. Al llenarse cada hoja de excel, se genera un nuevo archivo con un nuevo número, por ejemplo: “Registro_Datos_Control3”. En este tipo de archivo se reporta temperatura de entrada, temperatura de salida, temperatura de descarga, humedad relativa y setpoint. El otro tipo de archivo son aquellos llamados “Registro_amplitud”. En estos se reporta la amplitud en función del tiempo. Dado que en la mayoría de los casos no será de importancia para la práctica el registro de la amplitud, abra solo el archivo “Registro_Datos_Control” que requiera. (Ver imagen 24)

 Registro_amplitud0	12/05/2017 09:40 a...	Archivo de valores...	32 KB
 Registro_Datos_Control0	12/05/2017 09:15 a...	Archivo de valores...	68 KB
 Registro_Datos_Control1	12/05/2017 09:32 a...	Archivo de valores...	68 KB
 Registro_Datos_Control2	12/05/2017 09:40 a...	Archivo de valores...	28 KB

Imagen 24.

6.3. Una vez abierto, notará que los datos se encuentran distribuidos en 5 columnas y las variables se encuentran mezcladas en la columna “VarName”. A su derecha se reporta la fecha y hora de generación del dato y luego el valor del mismo. Para poder escoger la variable que necesita, seleccione todos los datos y haga clic en “Ordenar y filtrar” y posteriormente en “Filtro”. (Ver imagen 25)

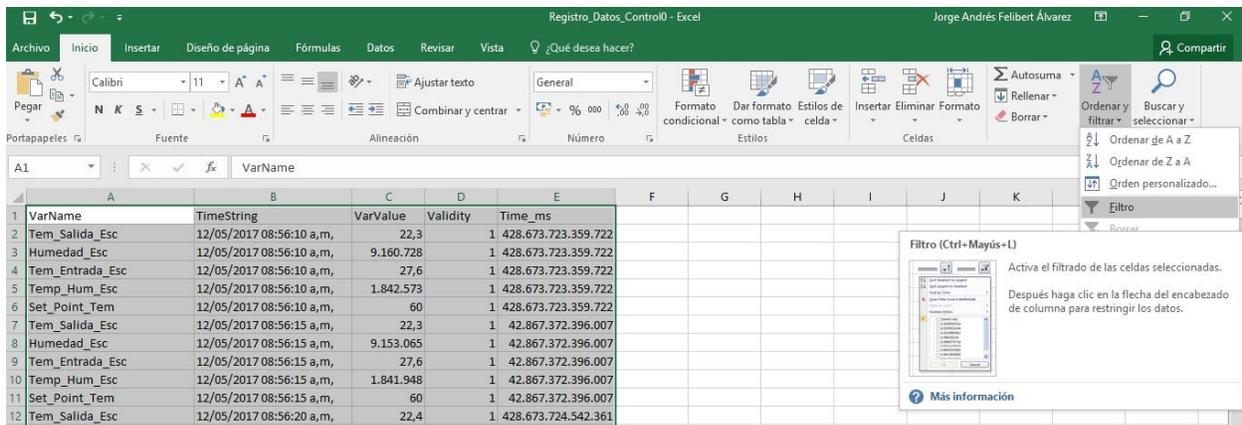


Imagen 25.

6.4. Hecho esto, haga clic en la “flecha” de selección del filtro que se generó en la pestaña “VarName” y marque la(s) variable(s) que necesite filtrar. (Ver imagen 26)

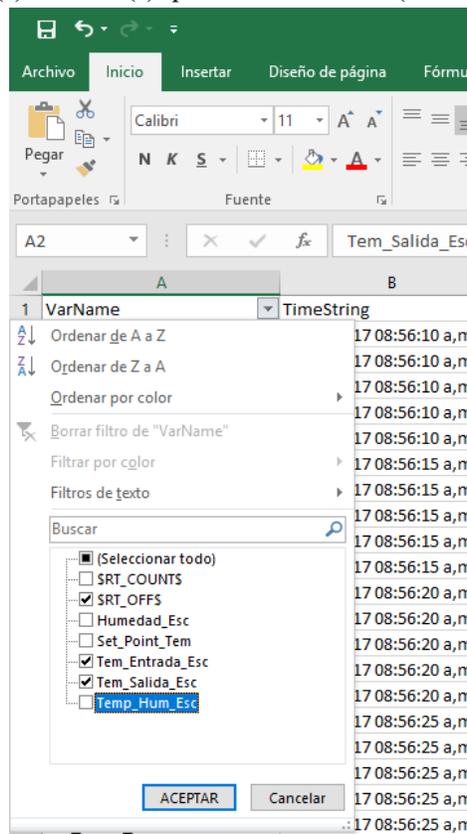


Imagen 26.

6.5. Con esto, obtendrá únicamente la(s) variable(s) filtrada(s) y su respectiva fecha y hora de generación y su valor. Utilice esta información de fecha y hora para realizar la gráfica de la variable estudiada en función del tiempo. En caso de no obtener la hora exacta, con segundos incluidos (lo cual puede ocurrir por problemas de compatibilidad entre el programa que genera el

archivo y el programa con el cual lo abre), utilice una escala de 5 segundos entre cada valor. (Ver imagen 27)

	A	B	C
1	VarName	TimeString	VarValue
4	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:10 a,m,	27,6
9	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:15 a,m,	27,6
14	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:20 a,m,	27,6
19	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:25 a,m,	27,6
24	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:30 a,m,	27,6
29	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:35 a,m,	27,5
34	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:40 a,m,	27,5
39	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:45 a,m,	27,7
44	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:50 a,m,	28,1
49	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:56:55 a,m,	28,4
54	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:00 a,m,	28,8
59	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:06 a,m,	29,4
64	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:11 a,m,	30,1
69	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:16 a,m,	30,8
74	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:22 a,m,	31,3
79	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:27 a,m,	31,8
84	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:32 a,m,	32,2
89	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:37 a,m,	32,6
94	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:43 a,m,	32,8
99	Tem_Entrada_Esc	12/05/2017 08:57:48 a,m,	33

Imagen 27.

7. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

- No realice modificaciones en el panel de operador ni en el programación sin previa autorización del profesor encargado.
- No realice la toma de datos con un medio distinto al programa, ya que de esta forma no obtendrá la exactitud que requiere la práctica.
- No mueva, cambie el nombre ni borre los archivos y/o carpetas requeridas para el funcionamiento del controlador. Esto se refiere la carpeta “Lab control” y todos los archivos contenidos en ella.
- Borre los archivos “Registro_Datos_Control” y “Registro_amplitud” existentes antes de comenzar la práctica y borre los generados por usted al terminar la práctica, con el fin de no generar cruce entre los datos de cada grupo.
- Para evitar inconvenientes con el equipo, SIEMPRE pase el programa a modo “STOP” y luego a modo “RUN” cada vez que vaya a cambiar entre los distintos modos de control de temperatura (OnOff, manual y PID).
- Incluya dentro de sus cálculos de ganancia la ganancia del sensor de temperatura, la cual es de:

$$k = \frac{100\%}{400\text{ }^{\circ}\text{C} - (-50\text{ }^{\circ}\text{C})}$$

- En caso de emergencia, oprima el botón rojo ubicado en la parte frontal del PLC en vez del botón “Apagado activado/desactivado” del panel de operador. (Ver imagen 3)
- OJO: No utilice valores de amplitud ni de setpoint muy altos, dado que esto puede generar un calentamiento peligroso en el equipo.

- Si observa que alguno de los motores no enciende, que el registro de temperaturas o de humedad no tiene sentido (ej: valores negativos), o cualquier otro comportamiento anormal en el equipo, llame al profesor encargado.
- Bajo ninguna circunstancia haga cambios en las conexiones dentro del PLC sin autorización previa.
- Tenga en cuenta que muchos de los botones dentro del panel de operador tienen dos funciones que se alternan. Es decir, al hacer clic en ellos pasan de una opción a la otra. Por ejemplo: Al hacer clic en el botón “control manual” se alternará a “control PID”, en vez de activar el control manual.