

## MANUAL DE OPERACIÓN EQUIPO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y CONTROL

Laboratorio de Ingeniería Química - Planta Piloto

### RESUMEN

En el presente escrito se da a conocer el manual de operación del equipo de pérdidas por fricción y control ubicado en la planta piloto del Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, en el cual se realizan diferentes prácticas de laboratorio con fines académicos para profundizar especialmente en las materias de fluidos y control de procesos. Este equipo es multipropósito, ya que permite estudiar: las pérdidas de presión obtenidas por la implementación de válvulas y tuberías de diferentes materiales, balances de energía y tres lazos de control (temperatura, flujo y nivel) implementados en el sistema.

### 1. COMPONENTES DEL EQUIPO

El equipo de pérdidas por fricción tiene los siguientes equipos, instrumentos y tuberías:

- Válvulas de bola ½’’ para conexión de líneas de tuberías, etiquetadas en el equipo de la V1 a la V8.
- Diez líneas de tuberías con accesorios:

Tabla 1. Listado de tuberías del equipo de pérdidas por fricción.

TUBERÍA	CARACTERÍSTICAS	ACCESORIO
1	Manguera ¼’’ Cédula 18	Sin accesorio
2	PVC para agua caliente de ½’’ Cédula 18	Sin accesorio
3	Metacrilato ½’’ Cédula 18	Sin accesorio
4	PVC para agua caliente de ½’’ Cédula 18	V9 válvula en Y de PTFE
5	Acero Inoxidable 304 ½’’ Cédula 18	V10 válvula de compuerta ½’’ F1 Filtro de membrana
6	Acero Inoxidable 304 ½’’ Cédula 18	V11 válvula de diafragma Venturi V12 válvula de bola ½’’
7	Acero Inoxidable 304 ½’’ Cédula 18	Codos de 90°
8	Acero Inoxidable 304 ½’’ Cédula 18	Sin accesorio
9	Acero Inoxidable 304 ½’’ Cédula 18	Divisor de flujo V13 válvula de bola ¼’’ Dos uniones Clamp 1 ½’’ Divisor de flujo V14 válvula de bola ¼’’ V15 válvula de bola ¼’’ Dos uniones Clamp 1 ½’’
10	Acero Inoxidable 304 ½’’ Cédula 18	Codos de 120°

Nota: la numeración de las tuberías se realizaron según el diagrama del equipo presentado en el anexo (Diagrama.pdf) y los nombres presentados para los accesorios son los correspondientes a las etiquetas del equipo. Para mayor información sobre tuberías consultar el catálogo anexo (Catalogodetuberias.pdf).

- Tablero de tuberías: tiene una capacidad para ocho tuberías, las dos tuberías sobrantes se encuentran colgadas en la parte trasera del tablero. Este permite el cambio de tuberías según se requiera.

- Manómetro: este equipo proporciona la presión de entrada en psi de la línea de vapor vivo alimentada al intercambiador de calor.
- Flujómetro: este equipo proporciona la medida de flujo de las tuberías en L/min, para mayor información sobre las características del equipo consultar la plaqueta y referirse al catálogo anexo (Flujometro.pdf).
- Rotámetro: este equipo proporciona la medida de flujo de las tuberías. Se recomienda construir una curva de calibración de este equipo, para mayor información consultar la plaqueta del equipo.
- Termocupla TT1: es el elemento primario de medida de los lazos de control de temperatura, se encuentra ubicado en la línea de alimentación a las tuberías.
- Termocupla TT2: es un elemento de medida de temperatura ubicado a la entrada del intercambiador de calor, el cual no está conectado a ningún lazo de control y su función principal es permitir el balance de energía en el intercambiador de calor.
- Intercambiador de calor E1: es un intercambiador de tubos y coraza, con 35 tubos de un metro de longitud y un diámetro nominal de ½”, estos se encuentran arreglados en triángulo y con un espaciamiento entre tubos de ¾ pulgada. La coraza tiene un diámetro 8 pulgadas y cuenta con 4 baffles verticales espaciados entre sí con 152,4 mm con un porcentaje de corte del 25% y el material de todo el equipo es acero inoxidable 304.
- Tanque de condensado V1: es un tanque en acero inoxidable en el cual se almacena el agua condensada saliente del intercambiador de calor. Este tiene una capacidad de 20 L.
- Tanque de alimentación de agua V2: es un tanque en acero inoxidable en el cual se almacena el agua de proceso utilizada para la operación del equipo. Este tiene una capacidad de 60 L.
- Bomba centrífuga B1: es una bomba de la marca Petrollo modelo CP620, la cual proporciona un flujo de hasta 160 l/min y una cabeza de 57 m. Para mayor información sobre este equipo consultar la plaqueta y referirse al catálogo anexo (Bomba1.pdf)
- Bomba centrífuga B2: es una bomba de la marca DAB modelo KPF 30/16M, la cual proporciona un rango de operación desde 5 hasta 50 L/min y una presión nominal de 6 Bar, para mayor información sobre este equipo consultar la plaqueta y referirse al catálogo anexo (Bomba2.1.pdf, Bomba2.2.pdf).
- Válvulas de control
  - CV-1:** es una válvula de control ubicada en la línea de vapor vivo que ingresa al intercambiador de calor del equipo. Esta es normalmente cerrada y se encuentra debidamente rotulada. Para mayor información consultar la plaqueta de la válvula de control y referirse al catálogo anexo (CV-1.pdf).
  - CV-2 :** es una válvula de control ubicada en la línea de agua de proceso que ingresa al intercambiador de calor del equipo y permite la división de flujo de esta línea según el porcentaje de apertura. Esta es normalmente abierta y se encuentra debidamente rotulada. Para mayor información consultar la plaqueta de la válvula de control y referirse al catálogo anexo (CV-2.pdf).
  - CV-3 :** es una válvula de control ubicada en la línea de agua de proceso que ingresa al tanque de alimentación del equipo. Esta es normalmente abierta y se encuentra debidamente rotulada. Para mayor información consultar la plaqueta de la válvula de control y referirse al catálogo anexo (CV-3.pdf).
  - CV-4 :** es una válvula de control ubicada en la línea de salida en el arreglo de las tuberías de pérdidas por fricción que contiene en su interior el fluido del proceso. Esta es normalmente abierta y se encuentra debidamente rotulada. Para mayor información consultar la plaqueta de la válvula de control y referirse al catálogo anexo (CV-4.pdf).
- Tablero de control

- Tablero PLC: para conocer detalles sobre el algoritmo de control implementado en el PLC de marca Siemens consultar el documento anexo.
- Sensor de presión diferencial.

## 2. DESCRIPCIONES DE LOS LAZOS DE CONTROL

A continuación se presenta la descripción general de los lazos de control existentes en el equipo de pérdidas por fricción y la descripción de la interfaz gráfica del sistema de control.

### - Control de temperatura

El control de temperatura del equipo de pérdidas por fricción de la planta piloto es un control de temperatura tipo **bypass**. El sistema de control consiste en la medición de temperatura de la corriente del agua de proceso a la salida del intercambiador de calor **E1**. La termocupla **TT1**, es el elemento primario de medida que se encuentra ubicado en la línea de alimentación de agua de proceso a las tuberías, este medidor de temperatura envía una señal al PLC hacia la tarjeta del control por bypass. El PLC debe decidir la respuesta que se debe ejecutar en la válvula de control **CV-2**, la cual permite la división de flujo de la corriente del agua de proceso que entra al intercambiador de calor. El control tipo bypass permite ajustar la cantidad de flujo que se dirige por el intercambiador y la cantidad de flujo que no entra al intercambiador. Es decir, si la medición de temperatura reportada por **TT1** es elevada, entonces la válvula **CV-2** permitirá un mayor flujo por la línea del bypass, logrando que el flujo de la alimentación del agua de proceso al intercambiador **E1** sea menor, con el propósito finalmente de que cuando se mezcle con el agua que sale del intercambiador, la temperatura disminuya.

Cabe resaltar que este tipo de control bypass no es el único posible para el control de temperatura en el equipo de pérdidas por fricción, debido a que la válvula **CV-2** puede ser cerrada completamente, operando el sistema sin la zona de bypass. Si la válvula **CV-2** se encuentra cerrada, se enviará el flujo total de alimentación de agua de proceso al intercambiador **E1**. La estrategia de control utilizada sin bypass es un **control de temperatura directo**, el cual consiste en la medición de la temperatura en la salida de la corriente del agua de proceso también por medio del sensor **TT1**, el cual enviará una señal al PLC hacia la tarjeta de control por temperatura. El PLC debe decidir la respuesta que se debe ejecutar en la válvula de control **CV-1**, la cual es una válvula normalmente cerrada por seguridad ya que esta proporciona la cantidad de flujo de alimentación de vapor vivo al sistema, controlando así la temperatura que se requiere en la corriente de salida del intercambiador de calor.



Figura 1. Termocupla, elemento primario de medida para control de temperatura.

#### - Control de nivel

El control de nivel del equipo de pérdidas por fricción de la planta piloto consiste en la medición del nivel del tanque de alimentación de agua **V2** por medio del elemento primario de medida sensor de presión diferencial, ubicado en la base del tanque. Este medidor envía una señal al PLC hacia la tarjeta del control de nivel. El PLC decide la respuesta que se debe ejecutar en la válvula de control **CV-3**, la cual permite modificar la cantidad de flujo de la línea de alimentación del tanque que contiene agua fresca proveniente del sistema de tuberías de la planta piloto.

#### - Control de flujo

El control de flujo del equipo de pérdidas por fricción de la planta piloto consiste en la medición de flujo de la corriente de salida de las tuberías por medio de un flujómetro que es implementado como el elemento primario de medida. Este medidor envía una señal al PLC hacia la tarjeta del control de flujo. El PLC decide la respuesta que se debe ejecutar en la válvula de control **CV-4**, la cual permite modificar el flujo de la línea de salida de las tuberías. Este control es principalmente utilizado para controlar el flujo de las líneas.

#### - Interfaz gráfica del PLC

La interfaz gráfica del PLC del equipo de pérdidas por fricción muestra en su pantalla los distintos procedimientos de manejo posibles en el equipo. A continuación, se presentan algunas figuras de la interfaz gráfica que ayudan a seguir el procedimiento presentando en los diagramas de flujo.

## SELECCIÓN DEL MODO DE OPERACIÓN

EMPLEANDO LOS BOTONES DE LA PARTE INFERIOR ACTIVE EL MODO DE OPERACIÓN DESEADO Y VISUALICE SUS PARÁMETROS :

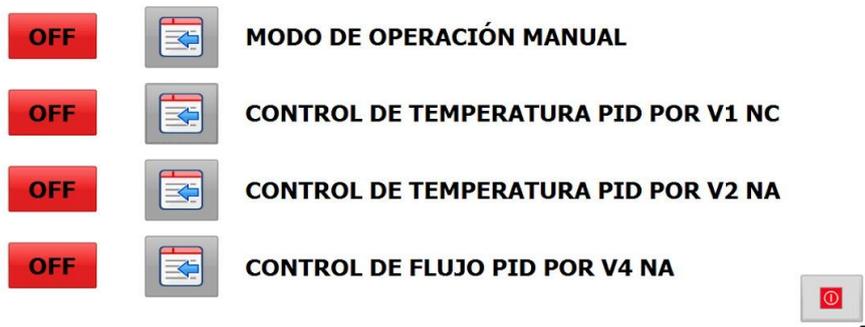


Figura 2. Interfaz de inicio del PLC con todos los modos de operación apagados.

## SELECCIÓN DEL MODO DE OPERACIÓN

EMPLEANDO LOS BOTONES DE LA PARTE INFERIOR ACTIVE EL MODO DE OPERACIÓN DESEADO Y VISUALICE SUS PARÁMETROS :

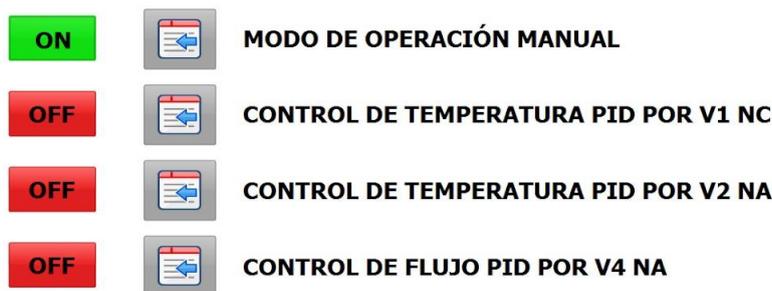


Figura 3. Interfaz de inicio del PLC con el modo de operación manual prendido.

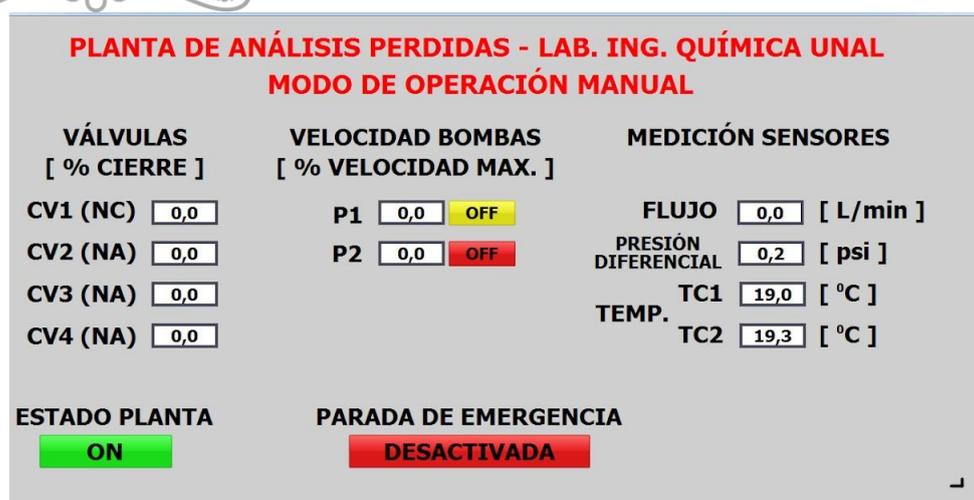


Figura 4. Interfaz del controlador en modo operación manual.

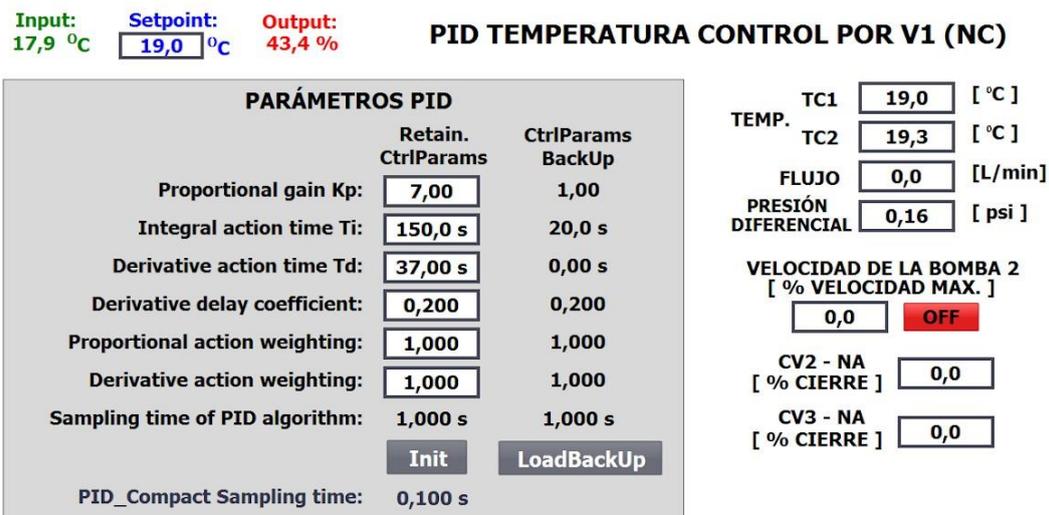


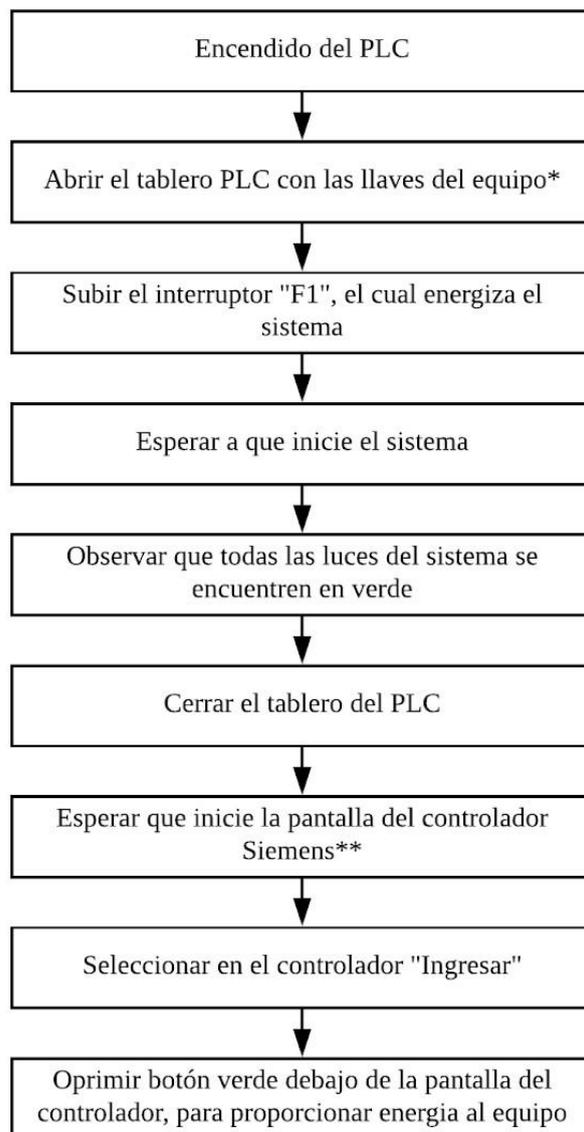
Figura 5. Interfaz del controlador en modo PID temperatura de control por V1 NC.



Figura 6. Curva de operación del sistema presentada por el controlador de temperatura por V1 NC.

### 3. DIAGRAMAS DE FLUJO

#### - Inicio del tablero PLC

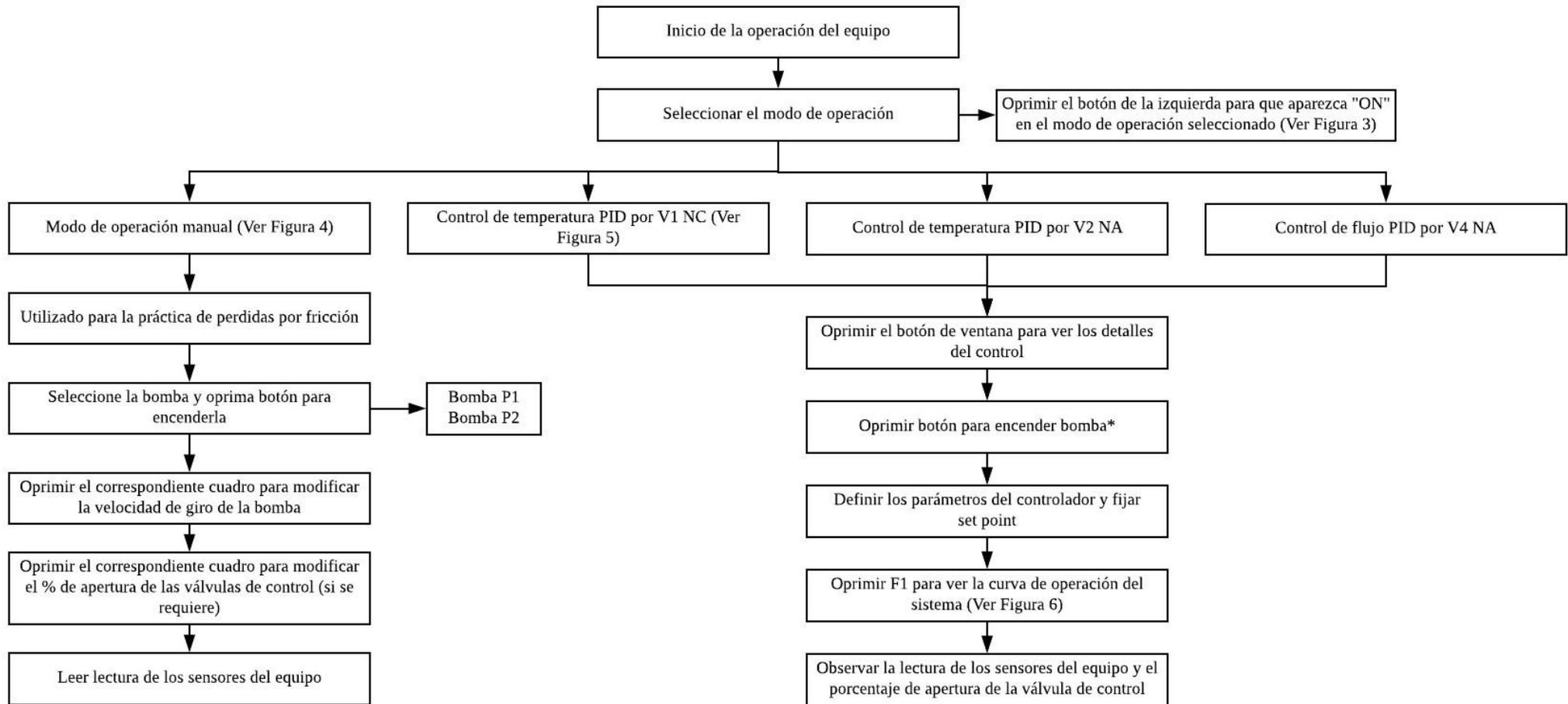


D  
JAL  
A  
RÍA QUÍMICA  
RÍA QUÍMICA

\*Las llaves del equipo deben ser proporcionadas por el encargado a cargo.

\*\*El controlador cuenta con botones y pantalla táctil para el manejo de este.

- Inicio de operación

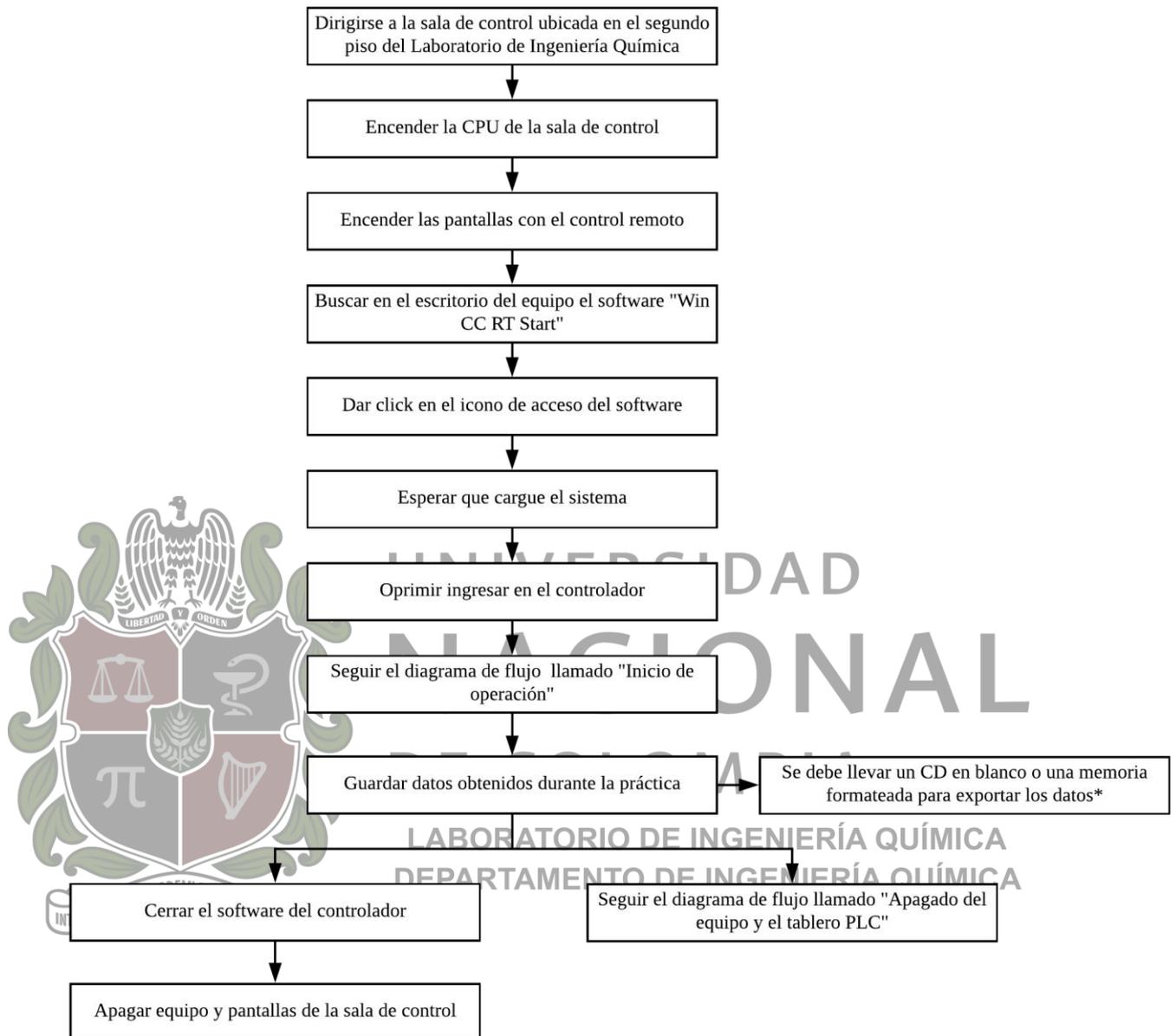


\*Actualmente solo se encuentra habilitada la bomba P2 para la operación del equipo con control de temperatura y flujo.

Notas:

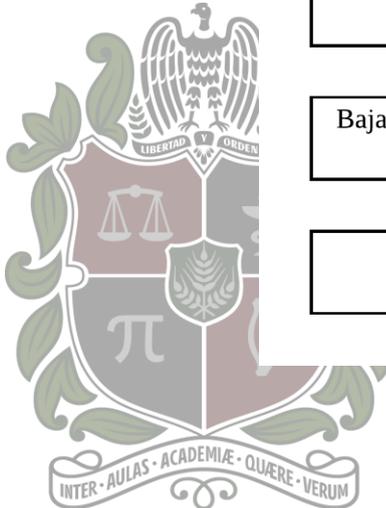
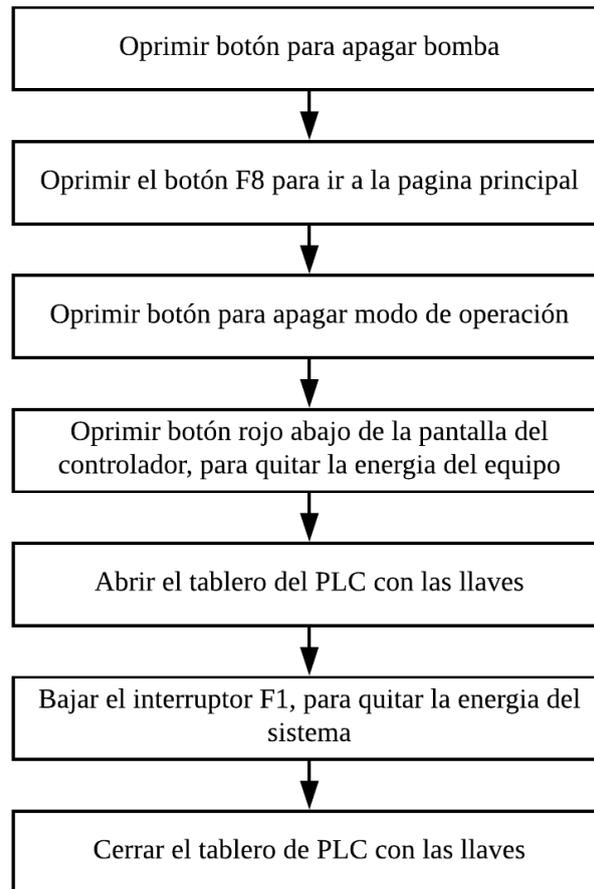
- El control de nivel del equipo de pérdidas de fricción se encuentra actualmente en construcción, por lo que el controlador no se encuentra programado para realizar esta operación.
- Para regresar a otro modo de operación o a la pantalla principal se oprime el botón F8 (debajo de la casa).
- Solo es posible tener un modo de operación prendido en un instante de tiempo.

- Manejo del equipo en la sala de control



\*Este procedimiento es obligatorio debido a que el computador no cuenta con acceso a internet y se debe asegurar la funcionalidad de este.

- Apagado del equipo y el tablero PLC



D  
JAL  
A

LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA  
Y AMBIENTAL