



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Manual de usuario

INTERFAZ PARA LA UNIDAD DE REFRIGERACIÓN

Autores:

Damián Zamacona Juan Ricardo

Ochoa Ortiz José Abel

marzo de 2012

Proyecto PAPIME

Institución Patrocinadora: DGAPA

Financiamiento: Externo

INTERFAZ PARA LA UNIDAD DE REFRIGERACIÓN

Juan Ricardo Damián Zamacona, José Abel Ochoa Ortiz

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Circuito Exterior S/N, C.P. 04510, A.P.70-186,
Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.

Resumen:

El presente “Manual de Empleo de la Interfaz para la Unidad de Refrigeración”, está dirigido a estudiantes y profesores del Laboratorio de Termofluidos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Este manual está pensado para que los usuarios de la Unidad Didáctica de Refrigeración, puedan operar de manera fácil el software que se diseñó en el CCADET de la UNAM y que forma parte de un sistema más completo con el cual se pueden desarrollar prácticas por parte de los alumnos de una manera muy accesible. El *software* presentado en este manual, sirve para comunicar la Unidad Didáctica de Refrigeración también diseñada y construida en el mismo Centro, con una computadora; desde la cual, se puedan monitorear las variables más importantes de la Unidad, y así poder realizar los cálculos requeridos sobre el ciclo termodinámico en cuestión.

Por otro lado, cabe mencionar que existe un Reporte Técnico de la Unidad Didáctica de Refrigeración para referirse al *hardware* que la integra. También se están desarrollando prácticas por parte de Ingeniería de Procesos en las que, el alumno pueda llevar a un estado determinado el sistema (Carga térmica, flujo de refrigerante, apertura de las válvulas, etc.) y pueda trazar el ciclo correspondiente sobre el diagrama de mollier.

INDICE:

Introducción.....	4
1. Antes de empezar.....	4
1.1. Conexión de la computadora con el sistema.....	4
1.2. Instalación de la tarjeta de National Instruments (Ni) 6220 en la PC.....	5
1.2.1. Drivers de la tarjeta.....	5
1.2.2. Conexión física.....	5
2. Carga de <i>software</i>	6
3. Instrucciones rápidas de encendido del sistema de refrigeración.....	6
4. Instrucciones rápidas de apagado del sistema de refrigeración.....	7
5. Descripción del panel frontal (Interfaz) de sistema de refrigeración.....	7
5.1. Controles generales de (1) a (7).....	7
5.2. Controles de la pestaña de diagrama de proceso (7/7).....	9
5.3. Controles de la pestaña de Temperatura, Presión y Gasto(21/7).....	12
5.4. Pestaña de Voltaje y Corriente consumida(25/7).....	14
5.5. Pestaña de Potencia(28/7).....	15
5.6. Pestaña para Gráfica.....	17
6. Pantallas de Interfaz.....	18
7. Diagrama P-h de un sistema frigorífico.....	24
8. Precauciones.....	25
9. Agradecimientos.....	25
10. Bibliografía.....	25

INTRODUCCIÓN

En muchos Laboratorios en los que se realizan estudios sobre procesos termodinámicos se requiere muchas veces medir y controlar ciertas variables para de esta forma, conocer bien el sistema con el que se esta trabajando. Una vez caracterizado, se pueden realizar calculos de eficiencia , lo cual a su vez, puede ayudar a mejorar el sistema y así, de esta forma, lograr su máximo rendimiento.

Este manual pretende dar una vision muy rápida de cómo funciona el software diseñado especialmente para la Unidad didáctica de Refrigeración (interfaz de usuario) construida en el CCADET y mostrada en la figura 1. Esta unidad tiene por objetivo principal, el realizar prácticas del ciclo de refrigeración en el Laboratorio de Termofluidos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

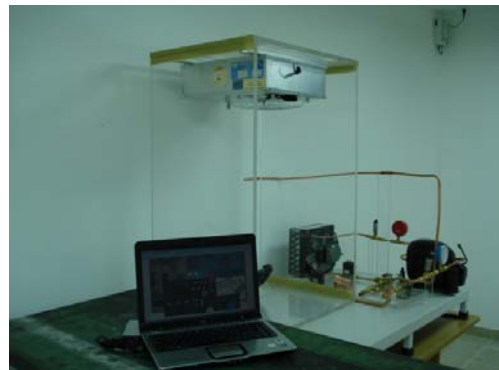
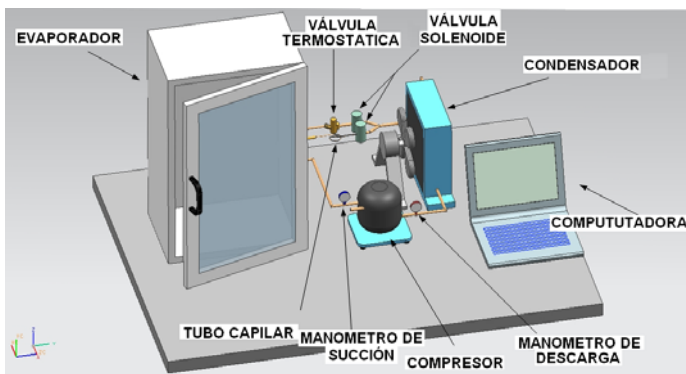


Figura 1 Sistema de Refrigeración

1. ANTES DE EMPEZAR

1.1 Conexión de la computadora con el sistema

El primer punto a tomar en cuenta es conectar la unidad de refrigeración (U.R.) con la computadora que contiene el programa diseñado para el control y lectura de datos. Para esto es necesario que previamente ya se tenga instalada la tarjeta de adquisición de Ni en uno de las ranuras de expansión de la PC, ver figura 2.

1.2. Instalación de la tarjeta de National Instruments (Ni) 6220 en la PC

La tarjeta 6220 de Ni es una tarjeta PCI de 16 bits y 250 KS/s, 16 entradas analógicas y 24 E/S digitales esta se conecta a una de las ranuras de expansión de la PC que se va a utilizar.

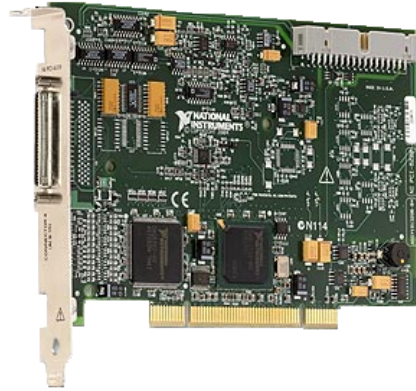


Figura 2. Tarjeta Ni 6220 tipo PCI.

1.2.1 Drivers de la tarjeta

Para que la tarjeta pueda ser vista por la PC y a su vez esta pueda funcionar adecuadamente es necesario cargar los drivers de la misma, estos drivers al igual que el programa completo están contenidos en el disco de instalación de la Unidad de Refrigeración.

1.2.2 Conexión Física

El sistema (Unidad de Refrigeración U.R.) ya cuenta con el bloque de conexiones de Ni (**Connector Block - Screw Terminal SCB-68 - 776844-01**), que se adapta perfectamente a la tarjeta Ni6220 previamente instalada en la PC, es de este bloque de conexiones, de donde sale un cable especial (**Cable - Shielded SHC68-68-EPM Cable (2m) - 192061-02**), el cual se conecta con la tarjeta alojada en la PC. Por lo tanto, para un correcto funcionamiento, se requiere entonces de un software, la tarjeta Ni6220, el cable y el bloque de conexiones. Esto se muestra en la figura 3.

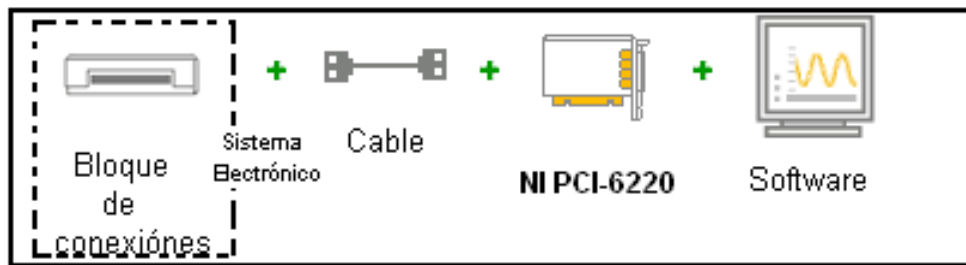


Figura 3. Elementos necesarios para conectar la tarjeta Ni6220 al sistema U.R.

2. CARGA DE SOFTWARE

Crear una carpeta especial en la PC. En esta carpeta, que se va a usar para trabajar con la unidad de refrigeración, se deben grabar los archivos: NI-DAQmx 9.1.1 (Driver de la Tarjeta PCI- 6220), Run-Time 8.5.1 (Harramienta de ejecución) y Sistema.vi (Instrumento virtual), Ver figura 4.



Figura 4. Iconos de los programas necesarios

Una vez instalados se procede con los siguientes puntos.

3. INSTRUCCIONES RÁPIDAS DE ENCENDIDO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

1. Verificar la conexión de sensores.
2. Verificar alimentación a 127VAC.
3. Verificar la conexión del sistema (U.R) a la PC mediante el cable de la tarjeta de NI.
4. Encender la PC.
5. Cargar el programa (Sistema.vi).
6. Encender el equipo (U.R.) con la perilla ON/OFF.
7. Correr el programa. (Ctrl + R)
8. Ajustar el motor a pasos en el origen.
9. Seleccionar la pestaña correspondiente del programa.
10. Encender el compresor de la U.R.
11. Tomar las lecturas correspondientes.

4. INSTRUCCIONES RÁPIDAS DE APAGADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

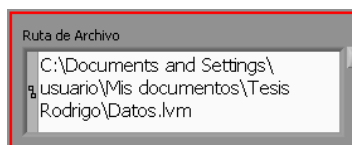
1. Apagar el compresor desde el programa
2. Cerrar el programa (Sistema.vi).
3. Des-energizar el equipo (U.R) con la perilla ON/OFF.
4. Apagar la PC.

5. DESCRIPCIÓN DEL PANEL FRONTAL (INTERFAZ) DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

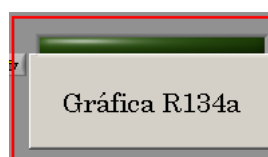
Para mejor ubicación de los controles (1) al (7), ver figura 5 del apartado 7.

5.1 Controles Generales de (1) a (7)

(1) **Ruta de Archivo:** En este indicador podemos modificar la ruta donde será guardado el reporte de datos recolectados.



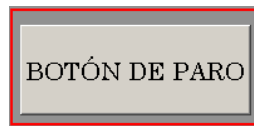
(2) **Grafica R134a:** Este botón envía a la impresora predeterminada la grafica del punto (33) del apartado 6.6.



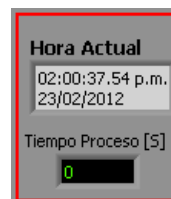
(3) **Guardar Datos:** Este botón guarda los datos en la ruta definida en el punto (1) y estará en funcionamiento mientras el LED indicador este encendido.



(4) **Botón de paro:** es el control que detiene el Instrumento Virtual (vi), y funciona de la misma manera que el botón de Stop que está bajo la Barra de Menú.



(5) **Hora actual y Tiempo de proceso:** El indicador de hora actual muestra la hora y fecha en que se está ejecutando el sistema, el indicador tiempo de proceso muestra en segundos el tiempo transcurrido del proceso.

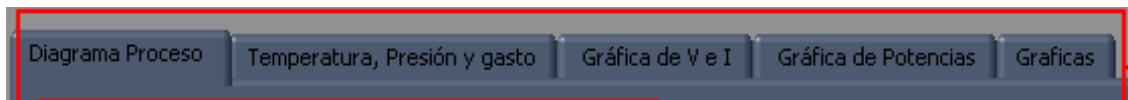


(6) **Calendario:** En este calendario se muestra marcada la fecha del día, mes y año corriente.



(7) **Control Tab:** Esta estructura muestra en la parte superior de la pantalla las pestañas de nuestro instrumento virtual (vi) como son:

- *Diagrama de proceso.*
- *Temperatura, Presión y Gasto.*
- *Grafica de Voltaje [V] y Corriente [I].*
- *Grafica de Potencias.*
- *Graficas (Grafica del Refrigerante R134a)*



5.2. Controles de la pestaña de *diagrama de proceso* (7/7)

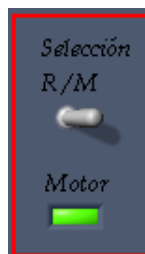
La pestaña de *diagrama de proceso* contiene los bloques (8) a (20) numerados a continuación

Para mejor ubicación de los controles (8) al (20), ver figura 5 del apartado 7.

- (8) **Diagrama del movimiento del Motor a pasos (PAP):** En este diagrama se muestra una grafica polar del ángulo que gira el motor PAP, también se muestra el indicador del ángulo (magnitud), la secuencia binaria de las bobinas del motor PAP, los controles de RESET, UP, DOWN y Paro, con los cuales se controla el motor PAP para aumentar, disminuir y detener el ángulo de giro de la válvula. Además, contiene dos indicadores LED que muestran el RESET y Origen, el LED de Origen se enciende cuando la válvula de expansión está completamente en la posición de inicio.



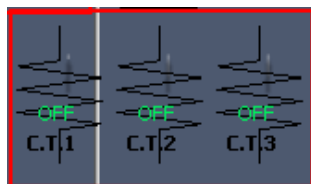
- (9) **Selección R/M:** Este switch activa y desactiva el modulo de control del motor PAP. Por lo tanto deberá estar activado para poder manipular el motor PAP. En la otra posición no se puede manipular el motor.



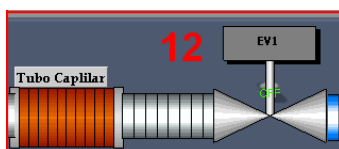
- (10) **Sección de activación de Resistencias de Carga 1, 2 y 3, activación de ventilador V2 del condensador, activación de electro- válvulas EV ó EV2:** En esta sección se pueden activar y desactivar las Resistencias de Carga, Ventilador y Electro válvulas siempre que el selector del punto (9) este en la posición “R”.



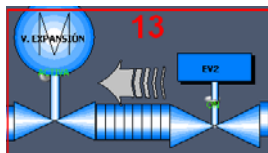
- (11) **Indicadores de Resistencias de carga 1, 2 y 3:** En esta sección se indica el estado de las Resistencias de carga 1, 2 y 3. Cada resistencia es de 50 W de potencia. Cuando alguna de ellas esta activada, cambia de color.



- (12) **Electro válvula 1 (EV1):** Esta sección es un indicador del estado (ON-OFF) de la electro- válvula 1 (EV1) y cambia de color según su estado. Cuando está activa, el gas pasa por el tubo capilar. EV1 es normalmente cerrada.



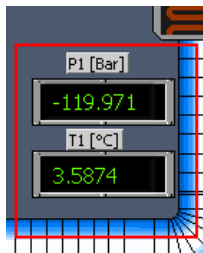
- (13) **Electro válvula 2 (EV2):** esta sección es un indicador del estado (ON-OFF) de la electro válvula 2 (EV1) y cambia de color según su estado. Cuando está activa, el gas pasa por la válvula de expansión. Esta válvula, a su vez puede ser controlada por el motor paso a paso, abriéndola o cerrándola más. EV2 también es normalmente cerrada.



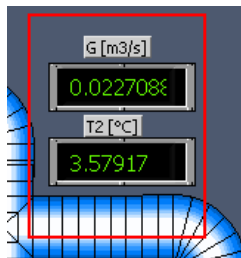
- (14) **Ventilador:** Este es un indicador del estado (ON-OFF) del Ventilador de enfriamiento del condensador (se simula en movimiento cuando esta activo).



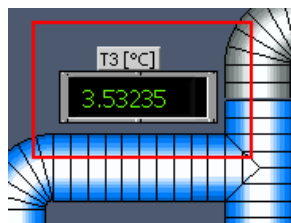
- (15) **Indicadores de Presión 1 (P1) y Temperatura 1 (T1):** Estos indicadores muestran la presión y temperatura a la salida del compresor.



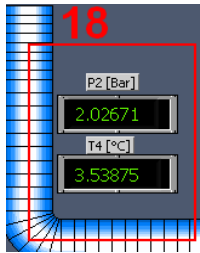
- (16) **Indicadores de Gasto volumétrico (G) y Temperatura 2 (T2):** Estos indicadores muestran el gasto del refrigerante y la temperatura a la salida del condensador.



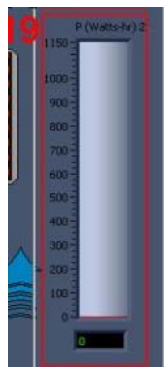
- (17) **Indicador de Temperatura 3 (T3):** este indicador muestra la temperatura a la salida del tubo capilar o de la válvula de expansión según sea el caso.



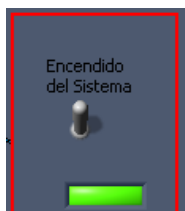
- (18) **Indicadores de Presión 2 (P2) y Temperatura 4 (T4):** estos indicadores muestran la presión y temperatura a la entrada del compresor.



- (19) **Indicador de Potencia (Watts/hr):** En este indicador se muestra la potencia consumida por la Unidad de refrigeración durante el tiempo que tarda el proceso.



- (20) **Encendido de la Unidad de Refrigeración:** Este switch inicia la Unidad de refrigeración desde la PC (se activa el compresor).

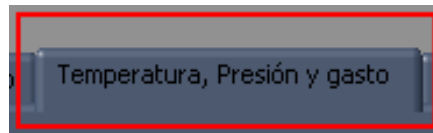


5.3. Controles de la pestaña de Temperatura, Presión y Gasto (21/7)

Esta pestaña contiene los bloques (22) a (24)

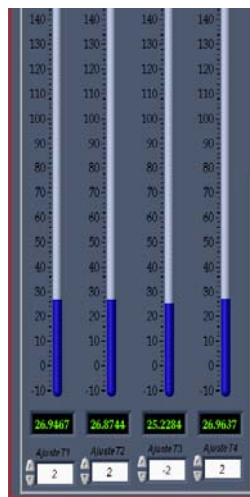
Para mejor ubicación de los controles del punto (21) al (24) ver figura 6.

- (21) **Pestaña de Temperatura, Presión y gasto (21/7):** en esta pestaña se encuentran los indicadores de Temperatura, Presión y gasto volumétrico.

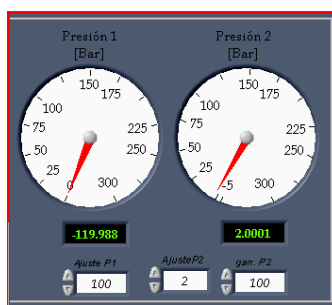


- (22) **Indicadores de Temperatura:** En esta sección se muestran las mediciones de los cuatro sensores de temperatura T1, T2, T3 y T4 estos cuentan con indicadores tipo termómetro, indicadores numéricos y controles numéricos con los cuales se pueden hacer ajustes de offset a las mediciones de Temperatura. Se pueden tener lecturas de temperatura desde -10°C hasta 140°C. Para tener lecturas exactas es necesario colocar un termómetro patrón en los termo-posos (retirando el sensor), posteriormente, ajustar el valor en el programa seleccionando el valor de offset adecuado para tener la misma lectura anterior, pero ahora con el sensor en su posición correspondiente.

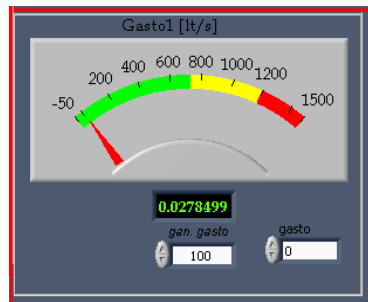
Nota: Anotar estos valores para futuras corridas del programa.



- (23) **Indicadores de Presión:** En esta sección se muestran las mediciones de los dos sensores de Presión P1 y P2 estos cuentan con indicadores tipo medidor, indicadores numéricos y controles numéricos con los cuales se puede hacer ajustes a las mediciones de Presión. Un ajuste adecuado puede ser seleccionando una ganancia de 44 y un offset de -55.



- (24) **Indicador de Gasto volumétrico:** En esta sección se muestran las mediciones del sensor de Gasto (G) éste cuenta con un indicador tipo medidor, indicadores numéricos y controles numéricos con los cuales se puede hacer ajustes a las mediciones de Presión. Un ajuste adecuado puede ser seleccionando una ganancia de 119 y un offset de -2635.

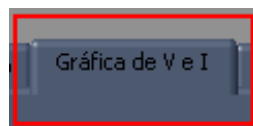


5.4. Pestaña de Voltaje y Corriente Consumida (25/7)

Esta pestaña contiene los bloques (26) y (27)

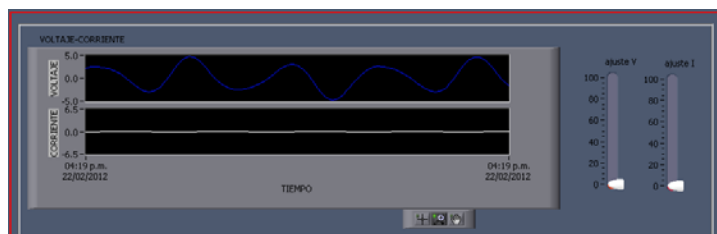
Para mayor referencia, del punto 25 al 27 ver figura 7.

- (25) **Graficas de Voltaje y Corriente:** En esta pestaña se encuentran las graficas de Voltaje de alimentación y Corriente consumida en tiempo real por el equipo.

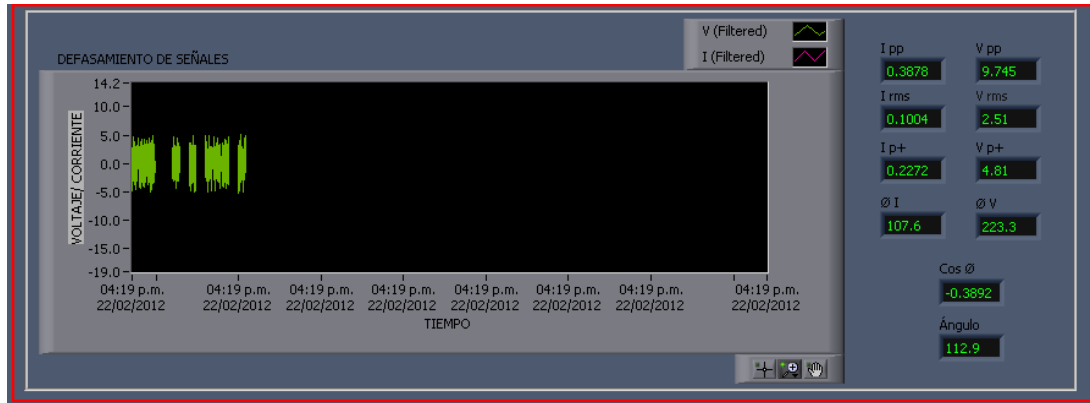


- (26) **Grafica de Voltaje y Corriente:** En esta sección se muestra la grafica de Voltaje y Corriente VS Tiempo con sus respectivos controles de ajuste de Voltaje y Corriente. Para ajustar el programa es necesario colocar un amperímetro y un volmetro de gancho en la alimentación del compresor, posteriormente proceder al ajuste de estos valores en el programa (“ajuste V” y “ajuste I”).

Nota: Anotar estos valores para futuras corridas del programa



- (27) **Grafica de Desfasamiento de Señales:** En esta sección se muestra la grafica de desfasamiento de las señales de Voltaje y Corriente consumida, también se muestran otros indicadores tales como: corriente pico a pico (Ipp), Voltaje pico a pico (Vpp), corriente RMS (Irms), voltaje RMS (Vrms), corriente pico (Ip+), voltaje pico (Vp+), ángulo de desfasamiento (ϕ) entre la corriente y el voltaje y el factor de potencia ($\cos \phi$).

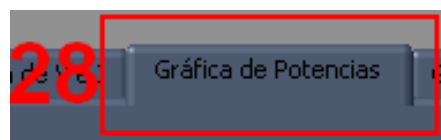


5.5. Pestaña de Potencia (28/7)

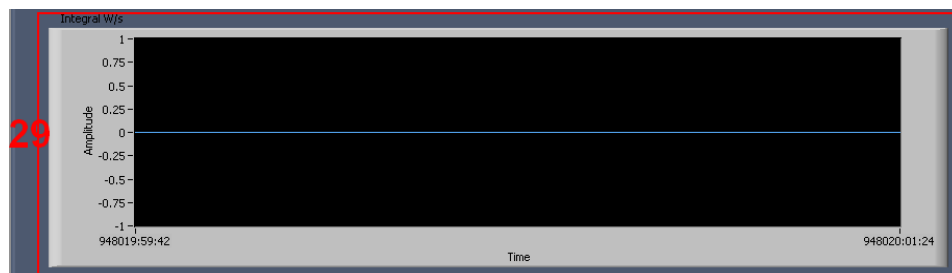
Esta pestaña contiene los bloques (29) a (32)

Para mayor referencia, de los puntos (28) al (32) ver figura 7.

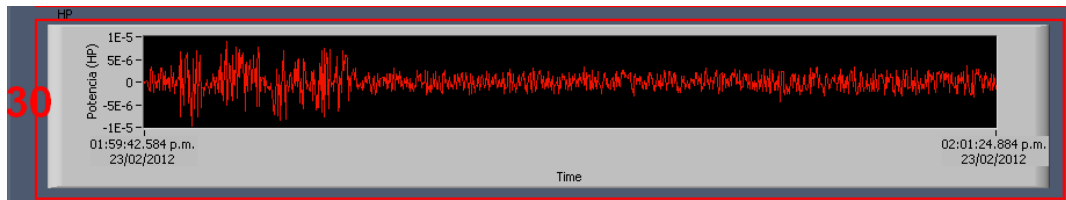
- (28) **Grafica de Potencias:** En esta pestaña se encuentran las graficas de Potencia así como sus indicadores en HP, y Watts.



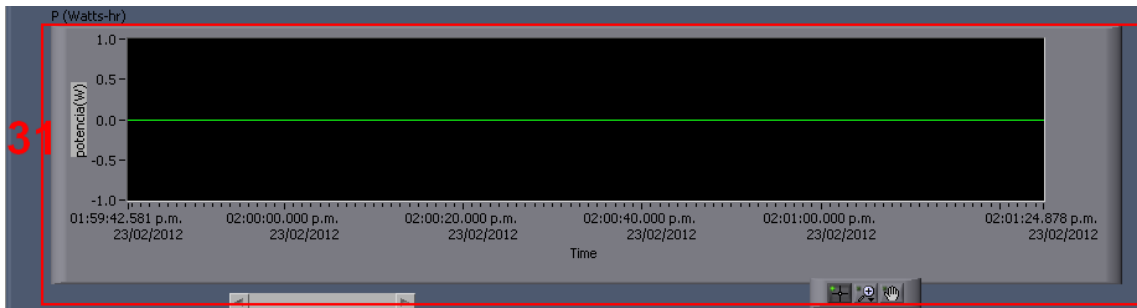
- (29) **Grafica de la Integral de potencia instantánea (W-h):** En esta grafica se muestra la sumatoria de la potencia consumida a lo largo de la prueba.



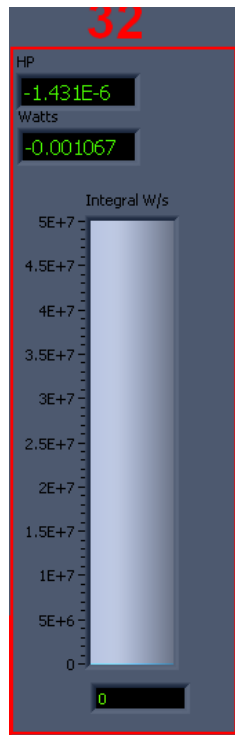
- (30) **Grafica de "Horse Power "(Hp-h):** En esta grafica se muestra los caballos de fuerza (HP) consumidos durante el proceso.



- (31) **Grafica de Potencia consumida (Watts-Hr):** En esta grafica se muestra la potencia (W-Hr) en el tiempo.



- (32) **Indicadores de HP, Watts e Integral W/s:** En estos indicadores de barra se muestran los valores de los parámetros HP, Watts e Integral W/s en tiempo real.



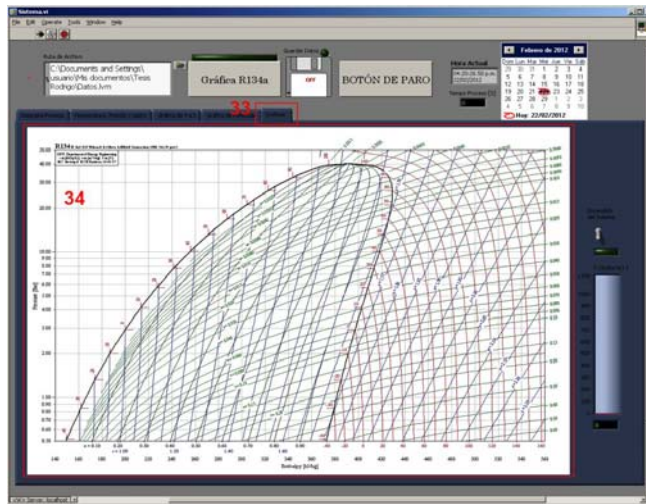
5.6. Pestaña para gráfica

Esta pestaña contiene la grafica del refrigerante empleado en el ciclo de refrigeración empleado.

- (33) **Graficas:** En esta pestaña se encuentra la grafica del Refrigerante R134a la cual se manda a imprimir con el botón Grafica R134a, descrito en el punto (2) del apartado 6.



- (34) **Grafica del Diagrama P-h** para el Refrigerante R134a que se puede enviar a impresión. Ver figura 9 para más detalles.



6. PANTALLAS DE INTERFAZ

En este apartado se muestran las 5 pantallas de las que está integrada la interfaz de usuario, para el control de la Unidad de Refrigeración desde la computadora

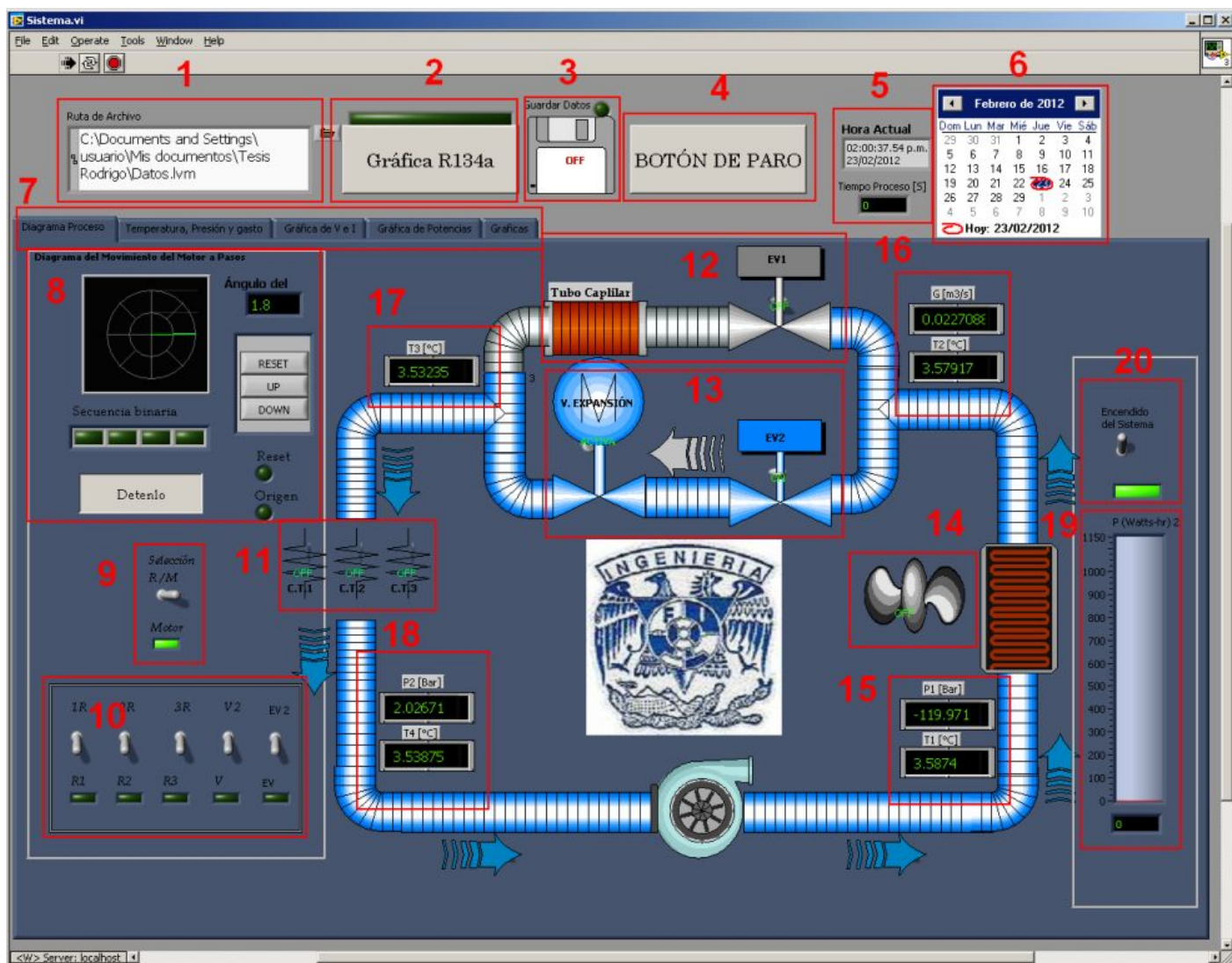


Figura 5. Pantalla principal (Diagrama de proceso)

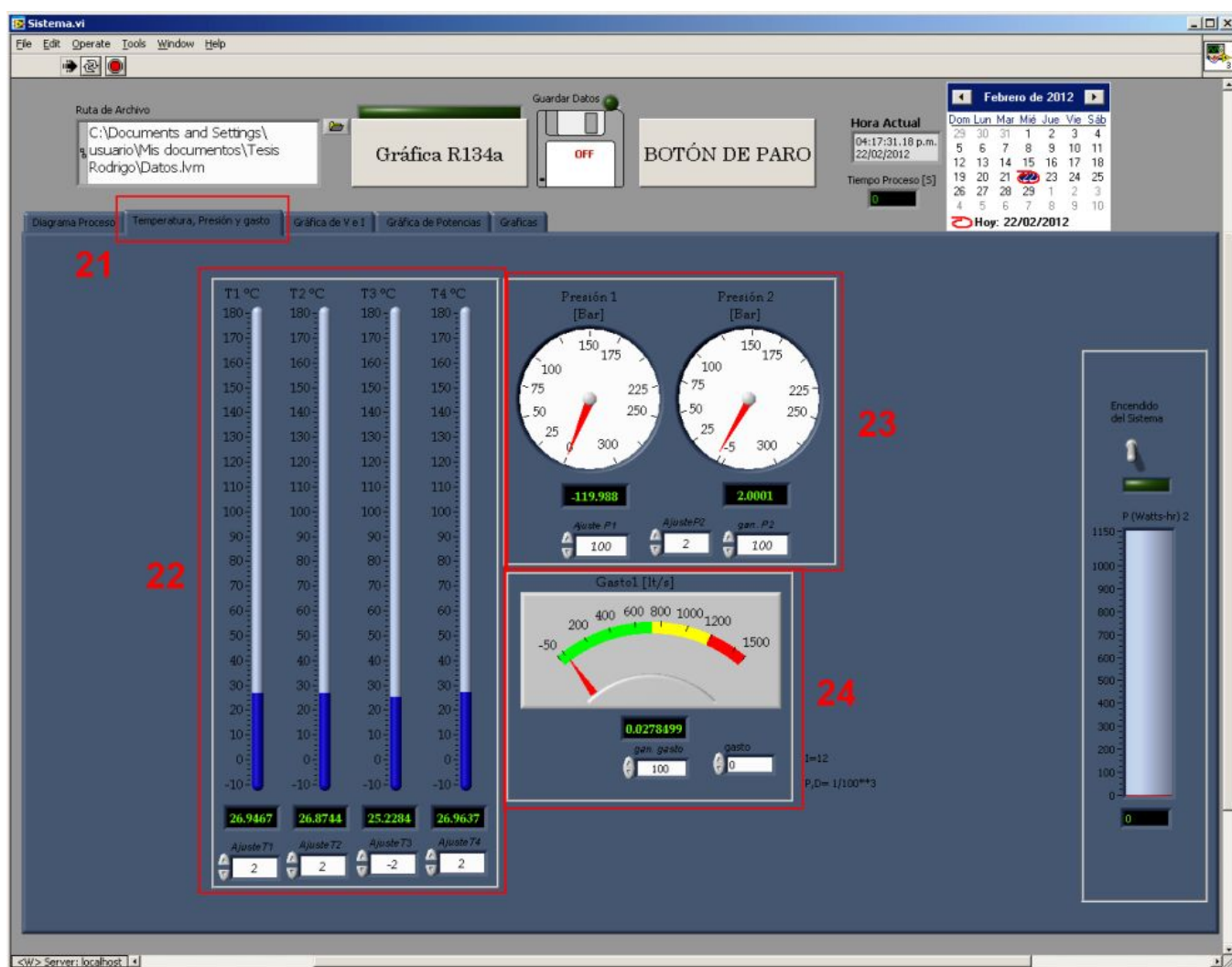


Figura 6. Pantalla de Temperatura, Presión y Gasto

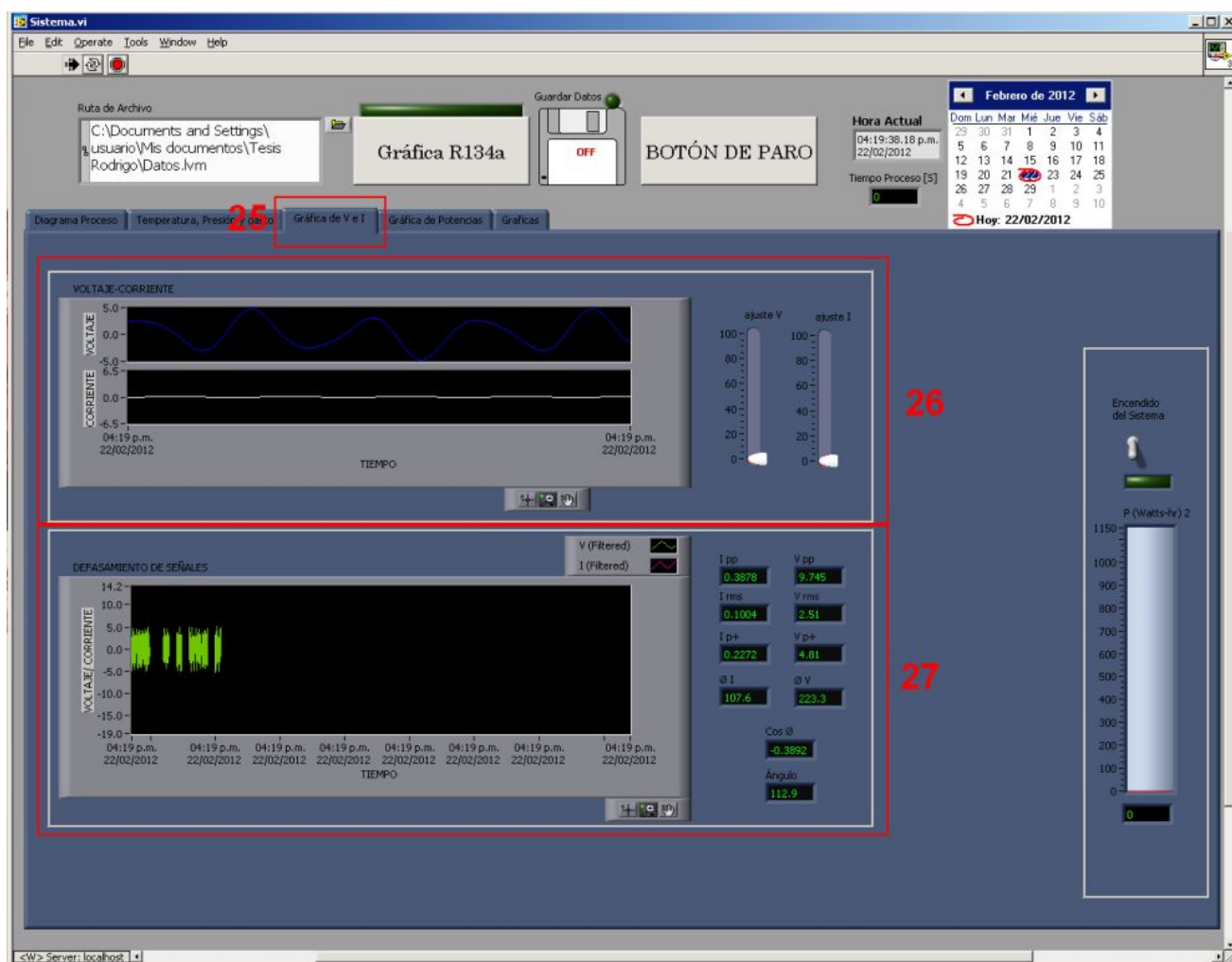


Figura 7. Pantalla de Gráficas de Voltaje y Corriente consumida

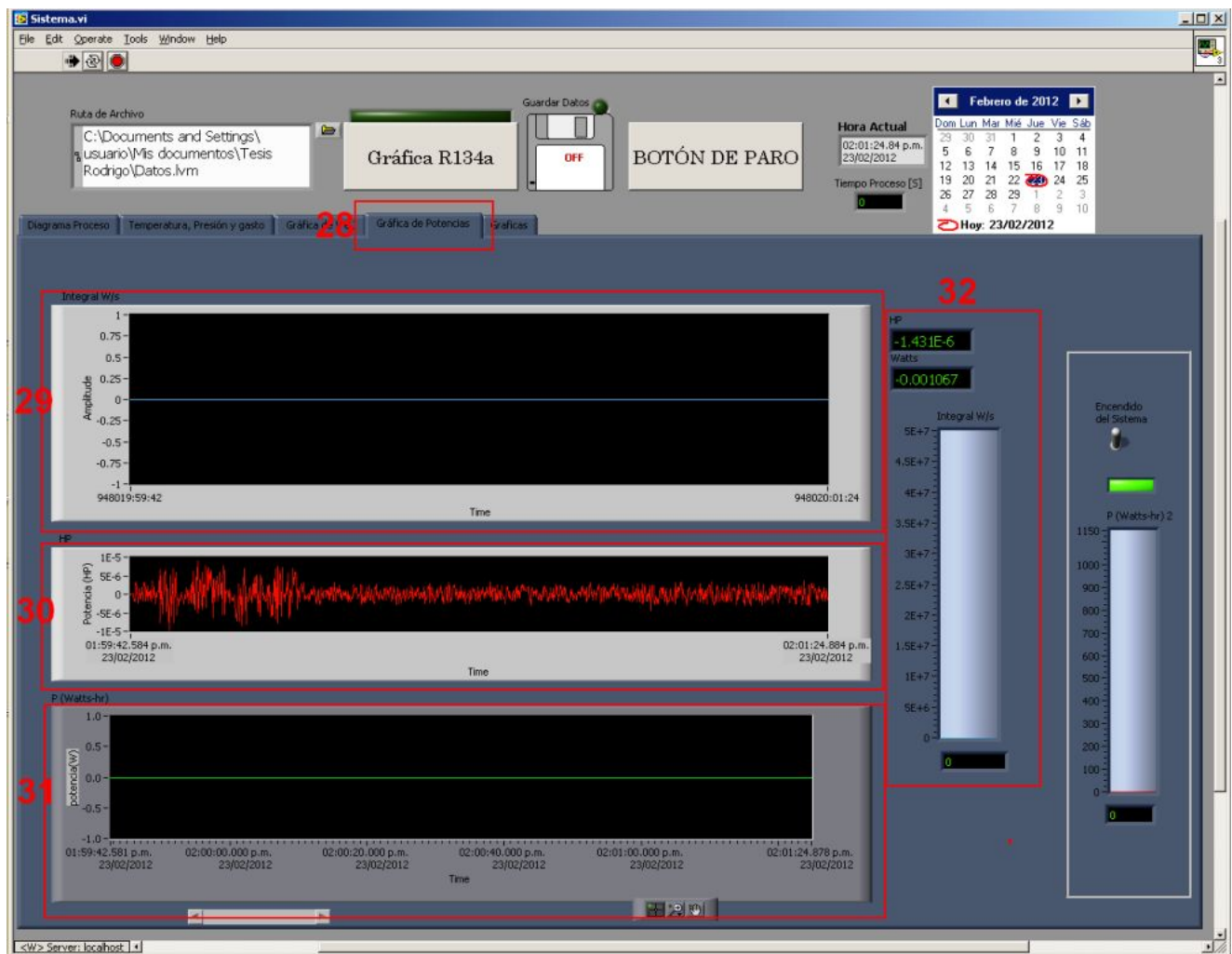


Figura 8. Pantalla de Gráficas de Potencia consumida.

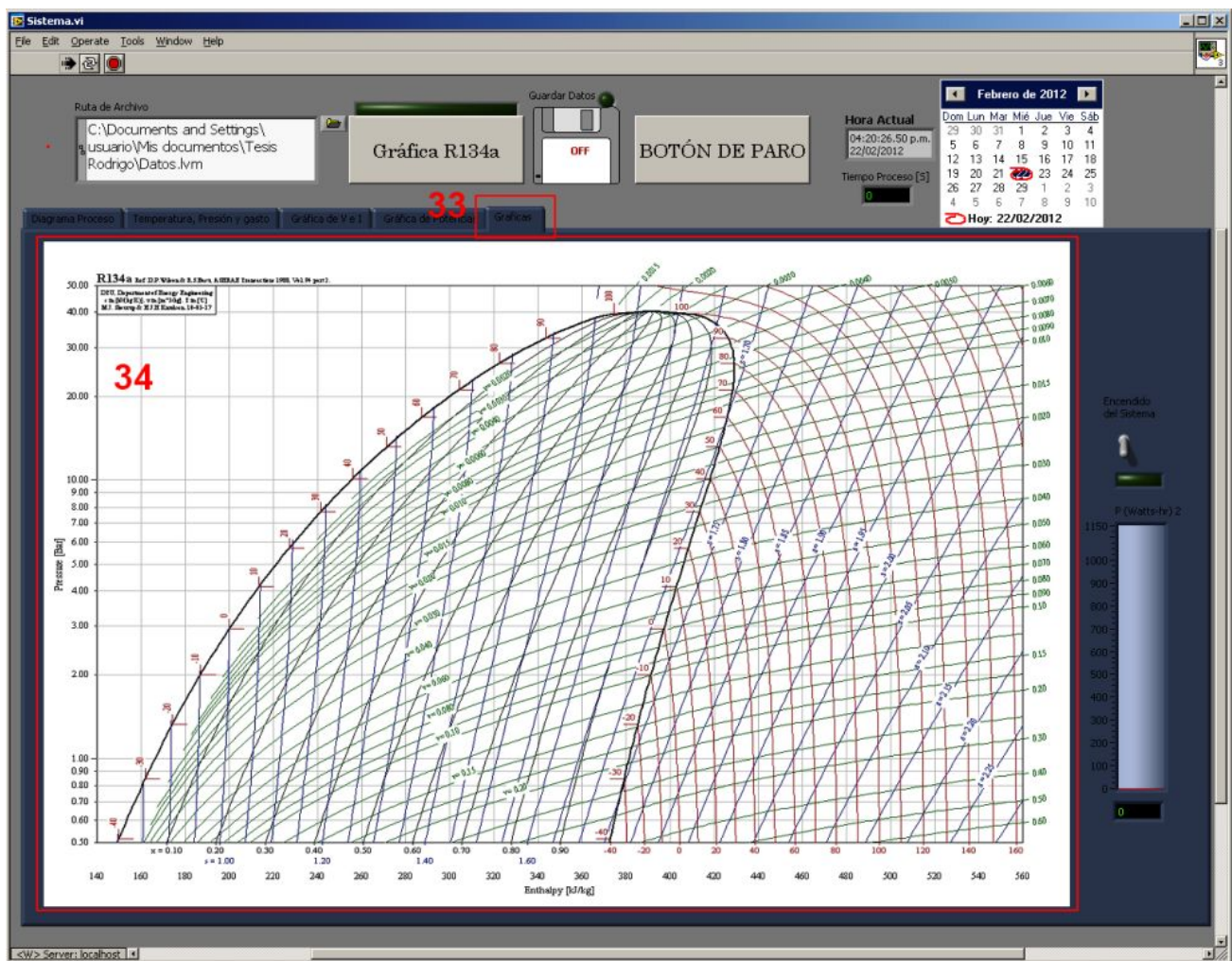


Figura 9. Pantalla de Gráfica del Diagrama P-h para el refrigerante R134a.

Nota: Esta gráfica se puede mandar a impresión para trazar a mano los puntos del ciclo en proceso.

7. DIAGRAMA P-h DE UN SISTEMA FRIGORÍFICO

Una vez obtenidos los valores experimentales con el sistema de captura aquí presentado, el alumno podrá trazar en el diagrama de Mollier correspondiente para Presión-entalpía del refrigerante R134a el proceso que tenga configurado (apertura de la válvula-carga térmica-ventilación del condensador-etc).

En la figura 10 se presenta un ejemplo de cómo podría quedar el ciclo termodinámico en estudio. Los valores encerrados en ovalo podrían ser algunos de los datos capturados con el sistema. Estos valores se ubican sobre el diagrama de Mollier y se traza el ciclo termodinámico correspondiente (en color rojo), que en este caso, corresponde a un diagrama p-h para sistemas de refrigeración de una sola etapa por compresión mecánica.

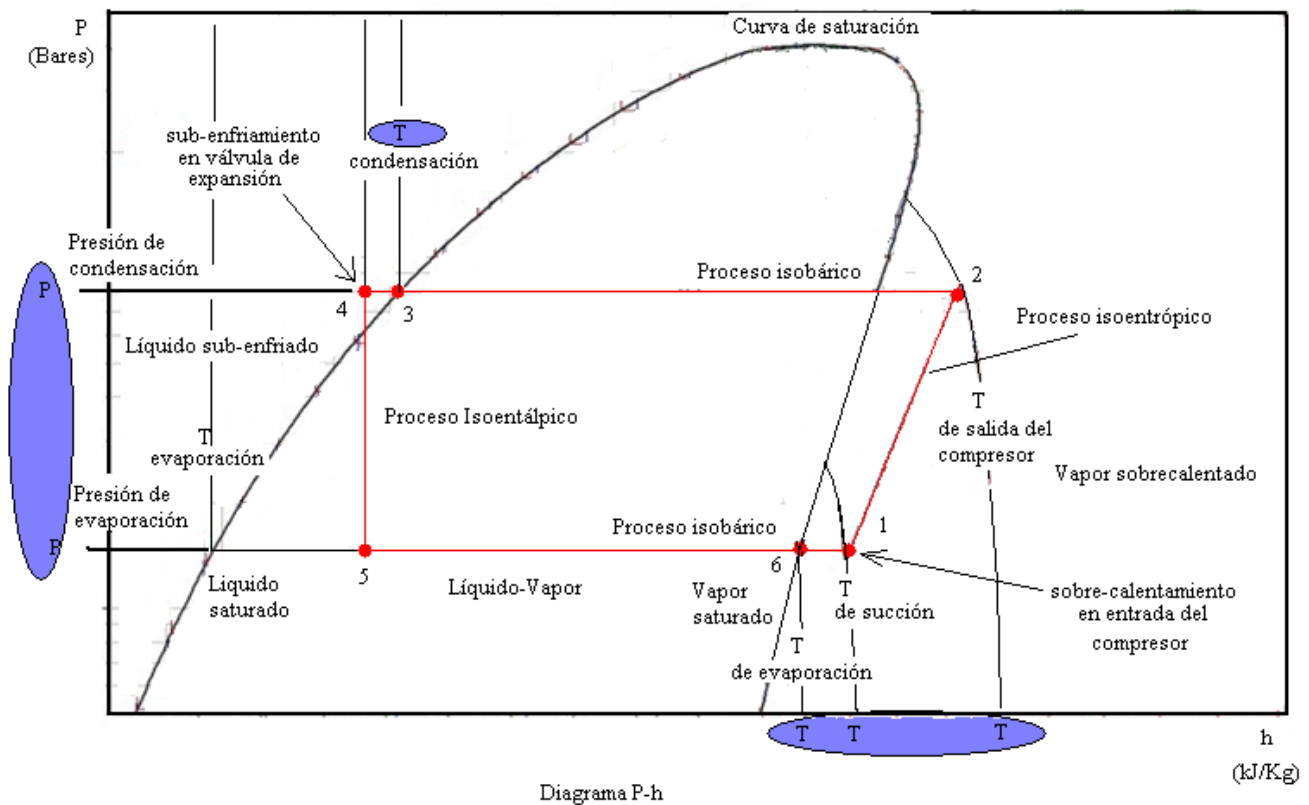


Figura 10. Diagrama P-h para el ciclo de refrigeración

El ejemplo de un cálculo que puede realizar el alumno es el correspondiente al Coeficiente de Rendimiento (COP) y que se puede obtener como lo muestra la ecuación 1.

$$COP = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \quad (1)$$

8. PRECAUCIONES

- Verificar que la alimentación del equipo se realiza en un tomacorriente de 127VAC.
- No activar el compresor si se tiene la sospecha de que las electroválvulas están fallando dado que como son normalmente cerradas, por lo menos una de ellas debe estar energizada para permitir el paso de refrigerante al sistema.
- Verificar que todos los sensores están conectados al equipo.
- Si no se instala el programa “run time 8.5.1” de Ni, el instrumento virtual no podrá ser ejecutado a menos que se instale el programa LabView completo.
- Si se observa la presencia de un cable en mal estado reemplazarlo por uno adecuado para evitar mayores daños al equipo.
- No introducir la mano en la parte del condensador dado que el ventilador se puede activar en cualquier momento por algún usuario del equipo.
- Si el ventilador interno del gabinete que contiene la electrónica no gira, cambiarlo por otro similar, dado que este controla la temperatura de las fuentes de alimentación, si la temperatura se eleva, el equipo puede fallar.

9. AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial al programa PAPIME por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

10. BIBLIOGRAFIA

- (1) National Instruments, (2012), "National Instruments" **Ni PCI-6220**, [Internet], México, disponible en:<
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14130>>, [acceso en marzo del 2012].
- (2) National Instruments, (2012), "National Instruments", **LabVIEW Run-Time Engine 8.5.1 - Windows Vista/Vista 64-bit/XP/2000**, [Internet], México, disponible en:
<<http://joule.ni.com/nidu/cds/view/p/id/1019/lang/en>>, [acceso en mayo del 2012].
- (3) Peris A.J., (1981), **Curso de Termodinámica.** , Madrid España, Alambra.
- (4) Powell L.R. y J.W. Hall , (1975), **Thermocouple Reference Tables**, Stamford, Omega Press.
- (5) Universidad de Sevilla, (2006), "Departamento de Ingeniería Energética y Mecánica de Fluidos", Colección de Tablas y Gráficas de Instalaciones Frío-Calor, [Internet], España, disponible en:
<[http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/IFC/Coleccion tablas graficas IFC.pdf](http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/IFC/Coleccion_tablas_graficas_IFC.pdf)>, [acceso en mayo del 2012].