
CAPÍTULO 6:**RESULTADOS DEL TRABAJO REALIZADO**

En la sección anterior se dio a conocer el procedimiento empleado en la construcción mecánica, electrónica y computacional del espirómetro de flujo. Además de la construcción, se necesitó caracterizar y calibrar los sensores para completar la etapa de acondicionamiento de la señal. El diseño del software por su parte, pretendió ser amigable al usuario y de fácil manejo.

En este capítulo se presenta el funcionamiento del espirómetro y ejemplos de las pruebas realizadas que sirven de evidencia de la correcta operación del instrumento implementado.

6.1 Introducción

Para evaluar la eficiencia del sistema en su conjunto, se realizaron pruebas espirométricas a distintas personas. Los resultados de las pruebas obedecen tanto a la eficiencia del espirómetro como a la condición física del paciente y sus variables antropométricas, como son su raza, sexo, estatura, peso y edad. Como se mencionó en el capítulo 2, para realizar el diagnóstico espirométrico es necesario disponer de valores normales, obtenidos a partir de muestras poblacionales de hombres y mujeres (Apéndice A). Debido a la gravedad que implicaría tomar datos de referencia erróneos en una evaluación, realizar un diagnóstico inadecuado y la dificultad de adquirir información específica de una población, este

espirómetro no empleará modelos patrón ni intentará evaluar los resultados de una prueba espirométrica.

Con el fin de explicar la operación y evaluar el instrumento construido, se presenta el proceso de una prueba espirométrica y la comparación de datos de un examen almacenado de una medición anterior.

6.2 Funcionamiento del Programa de Adquisición

A continuación se explica el procedimiento del programa “spirometer.exe” para adquirir una señal de flujo en tiempo real. La Adquisición de Datos requiere que la tarjeta NI USB-6008 se conecte al circuito electrónico y al puerto USB con la finalidad de habilitar la transmisión de información y la conversión de la señal analógica a digital, proveniente del sensor de presión diferencial. Si la tarjeta de adquisición no estuviera debidamente conectada o no fuera detectada, al ejecutar el programa se presentará en la parte inferior izquierda de la pantalla un mensaje de error de procesamiento como el mostrado en la figura 6.1:



Figura 6.1: Error de Procesamiento de la Tarjeta de Adquisición NI USB-6008. No se puede leer Información de la Tarjeta

Si la tarjeta está debidamente conectada, al ejecutar el programa el sistema se prepara para llevar a cabo la prueba espirométrica. Se requiere un tiempo aproximado de 10 segundos para que el filtro digital esté estable y bloquee la señal de ruido adecuadamente, por lo que se mostrará al usuario una pantalla de espera con el avance del proceso (figura 6.2).



Figura 6.2: Pantalla de Espera con el avance del proceso de estabilización del filtro

Antes de concluir el tiempo de espera proyectado, el programa medirá el offset introducido por el sensor precedentemente a la realización de la prueba espiratoria. El valor de offset se restará a la señal de flujo durante el examen de función pulmonar. Al llenarse la barra de proceso, mostrada en la ventana *Process Menu* de la figura 6.2, el usuario deberá pedir al paciente que realice una inspiración máxima. El aire adquirido de dicha inspiración será espirado durante la prueba (Figura 6.3).

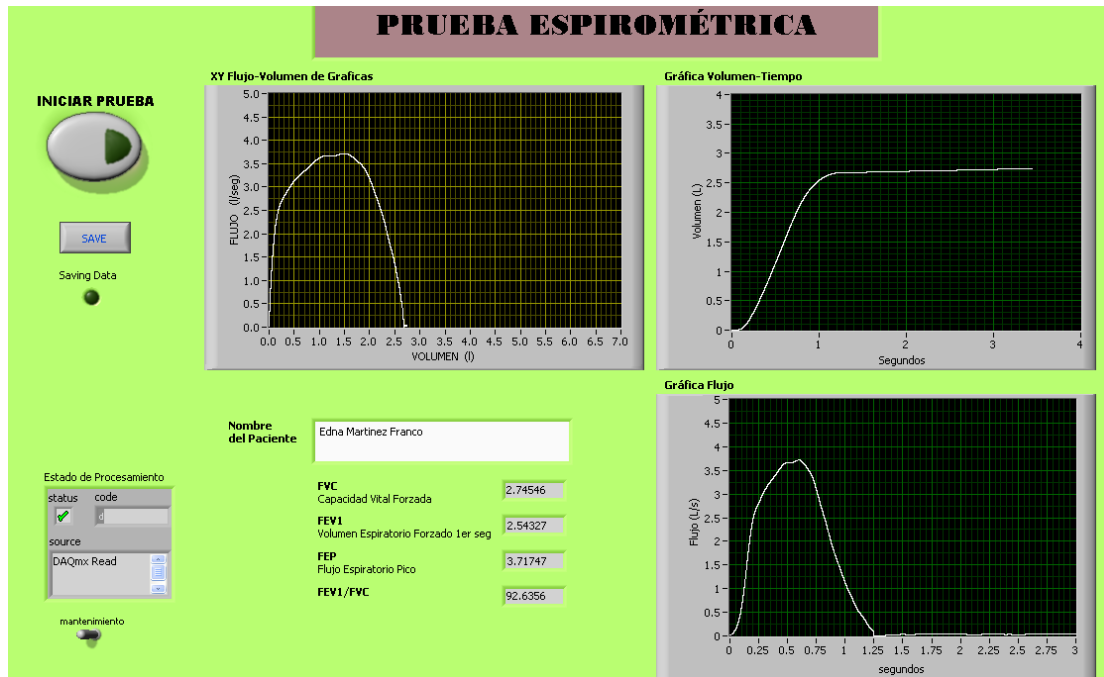


Figura 6.3: Pantalla principal de la prueba espirométrica

Al finalizar el tiempo de espera, se habilitará la pantalla del examen espirométrico mostrada en la figura 6.3, donde se podrán observar la graficación y las mediciones en tiempo real. En esta pantalla se puede además escribir el nombre del paciente y alguna información específica de éste en el recuadro blanco del centro.

Para dar inicio al examen se presiona el botón de la parte superior izquierda con la leyenda “Iniciar Prueba”. En ese momento, se indica al paciente que espire el aire con la mayor fuerza posible y, que no deje de espirar hasta sentir que el aire en el interior de sus pulmones se ha agotado. En el lado derecho de la pantalla se observan las gráficas Flujo-Tiempo y Volumen-Tiempo, que son las curvas obtenidas de la medición directa de la señal y de la integración de ésta respectivamente. En el centro se aprecian las mediciones espirométricas y la curva de Flujo-Volumen, realizadas también en tiempo real. Para indicar el final de la prueba será necesario cancelar el programa o salvar los datos de la

prueba. Si se decide salvar la información, se necesita oprimir el botón con el mensaje SAVE que se encuentra en el centro a la izquierda de la pantalla, que como resultado de su selección presentará la pantalla mostrada en la figura 6.4.

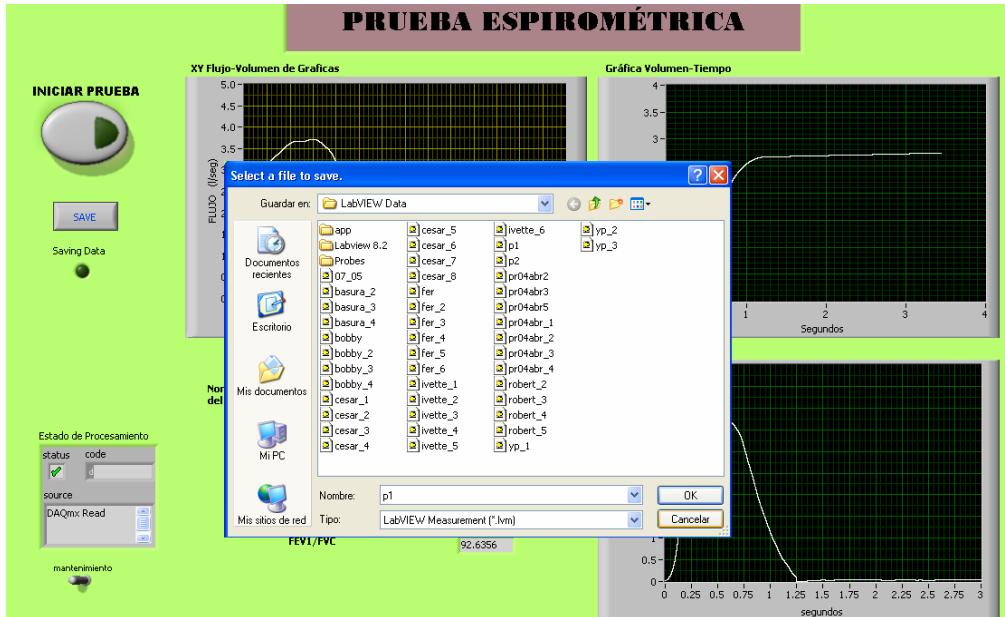


Figura 6.4: Guardado de la información de la Prueba Espirométrica en un archivo

Se sugiere que el nombre del archivo elegido haga referencia al nombre del paciente o a la fecha de la prueba. La información guardada generará un archivo de extensión *.LVM, que ocupa un espacio en memoria de entre 100 y 800KB, dependiendo de la duración del examen. Dicho archivo contiene solamente el registro de la señal de flujo espirada y opcionalmente información del paciente, en caso de haber escrito ésta en la pantalla principal de la prueba espirométrica, en el recuadro con la leyenda “nombre del paciente”.

La información de la señal de flujo podrá ser leída como texto, mediante la aplicación *Bloc de Notas*, o como información de una prueba Espirométrica, por medio del programa explicado a continuación.

6.3 Funcionamiento del Programa de Lectura de Datos Espirométricos Almacenados

Por medio del programa llamado “staticdata.exe” se podrá leer la información almacenada de una prueba espirométrica realizada. Este programa mostrará la misma información de la prueba espirométrica, pero permitiendo comparar y analizar las distintas pruebas de un paciente o de pacientes diferentes con diagnósticos similares. Al funcionar en modo estático, se necesitan elegir los archivos de datos (*.LVM), con la información de pruebas espirométricas almacenadas. La pantalla que permite seleccionar los archivos (figura 6.5), aparecerá 5 veces correspondiendo al número máximo de pruebas a graficar. Si se desea un número menor de archivos, entonces se necesita simplemente cancelar la elección.

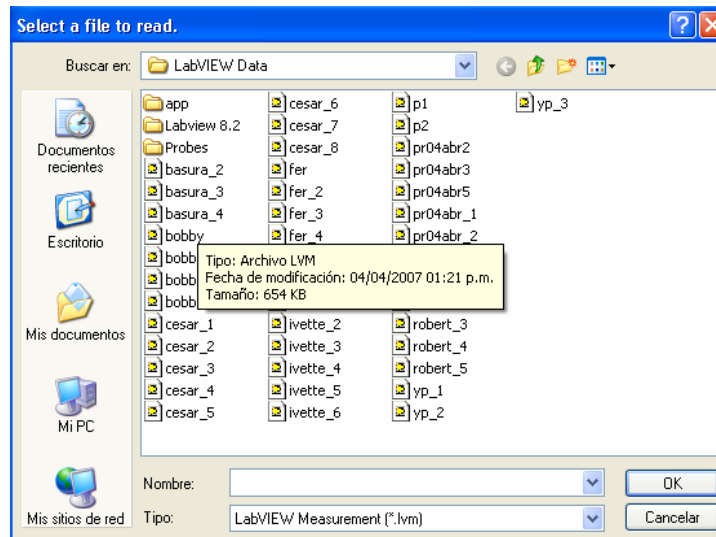


Figura 6.5: Selección de Archivos con Información de Flujo Espirado de Pruebas Anteriores

Una vez elegidos los archivos, se presenta en la pantalla principal la información leída, graficada en las curvas Flujo-Tiempo y Volumen- Tiempo (figura 6.6). En estas gráficas, se puede comparar las semejanzas entre las pruebas para evaluar el esfuerzo del paciente en cada examen espirométrico y, posteriormente, validar o desechar alguna

muestra. Las mediciones espirométricas de cada prueba son desplegadas en la parte inferior izquierda de la pantalla.

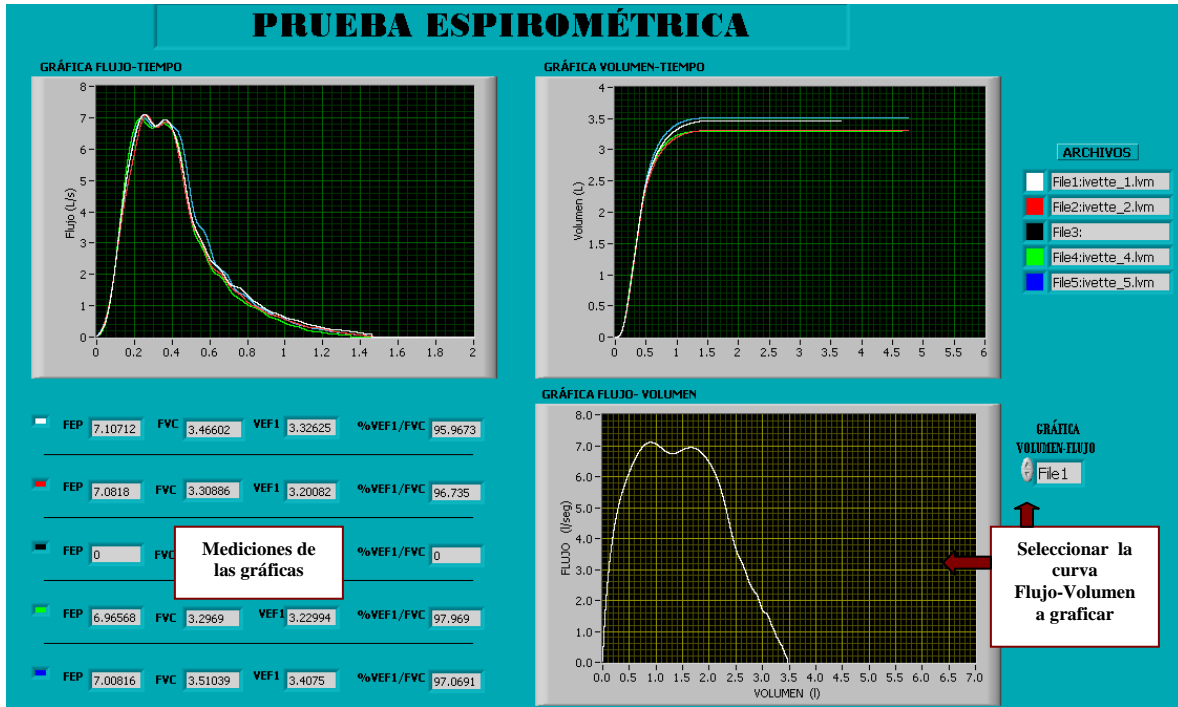


Figura 6.6: Pantalla Principal de la Prueba Espirométrica

De acuerdo a las normas de la ATS sobre la visualización del espirograma, se requiere que las gráficas guarden una relación mínima de 5mm: 1L para la curva de volumen y de 2.5mm:1 L/s para la gráfica de flujo, de forma que se garantice nitidez en la graficación. Al emplear Labview™ en el diseño de este programa, se puede realizar una auto-escala que permita ajustar las gráficas a los valores de las mediciones, garantizando una buena visualización de las mismas.

La información primordial de cada prueba espirométrica se muestra en la figura 6.7. Las mediciones clínicas más importantes de la prueba son el Flujo Espiratorio Pico, la Capacidad Vital Forzada, el Volumen Espiratorio Forzado en el Primer Segundo y el Índice

de Tiffenau que es la relación entre el Volumen Espiratorio Forzado en el Primer Segundo con respecto de la Capacidad Vital Forzada expresada en porcentaje. Por su parte la gráfica más importante es la curva Flujo- Volumen, que aunque es muy similar a la gráfica Flujo-Tiempo, da realce a la medición inicial de la prueba cuando la presión pulmonar es mayor a la presión atmosférica.

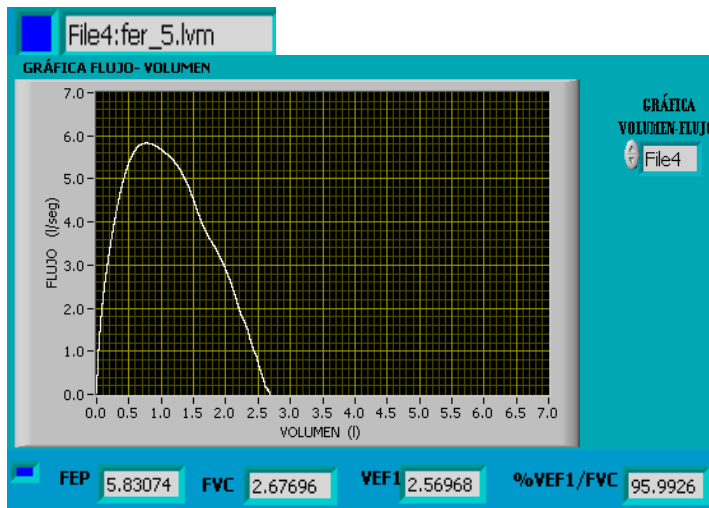


Figura 6.7: Curva Volumen-Flujo e Información Espirométrica con FEP(Flujo Espiratorio Pico), FVC(Capacidad Vital Forzada), VEF1(Volumen Espiratorio Forzado en el 1er segundo) e Índice de Tiffenau

Como se había mencionado en la sección 5.6, la curva flujo-Volumen será graficada independientemente para cada archivo, seleccionando el archivo a visualizar en el costado derecho de la gráfica como se aprecia en la figura 6.7.

El diagnóstico de los resultados de la prueba espirométrica deberán ser realizadas por un especialista médico.

6.4 Resumen

En este capítulo se presentó el funcionamiento de los programas realizado en Labview™, como parte del instrumento espirométrico construido en este proyecto. Se mostraron las diferentes etapas de ejecución de los programas de adquisición de datos y de lectura de información de pruebas espirométricas almacenadas, ilustrando la explicación mediante gráficas adquiridas en diferentes exámenes que demuestran el correcto funcionamiento del sistema.