



VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18 junio 2016
Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



MEDICION DEL VOLUMEN PULMONAR UTILIZANDO CONTROL DIFUSO EN LA PLATAFORMA LABVIEW

Mazón Figueroa Alejandra Mairani^a, Rojas Gutiérrez Sara Paola^a, Sánchez Velarde Emmanuel Salvador^a, Ramírez Sotelo María Guadalupe^b, Cabrera Llanos Agustín Ignacio^a

^aDepartamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, CDMX.,

esanchezv1991@outlook.com, aicllbuda@yahoo.com

^bDepartamento de Bioingeniería, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional, CDMX., gramirez55120@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño, desarrollo y construcción de un espirómetro portátil que permite la medición y monitorización del volumen pulmonar en forma continua mientras el paciente está en reposo; teniendo así un seguimiento del volumen en tiempo real del paciente, siendo estas las áreas donde se puede aplicar este prototipo. El programa se diseñó por medio de la plataforma LabVIEW y la tarjeta MyRIO-1900 para la adquisición de datos de forma inalámbrica mediante una comunicación de tipo wireless, dicha adquisición de datos es evaluada mediante un control de sistema difuso para el procesamiento de datos. Para el desarrollo y construcción se utilizó un sensor de flujo no invasivo, este se caracterizó realizando la toma de diferentes volúmenes conocidos (100, 200 400, 1000, 2000, 3500, 4500 y 6000 mililitros) y se obtuvo la relación del número de pulsos al término de 10 muestras para cada volumen, con base a estas mediciones se obtuvieron las funciones de membresía, con dichas funciones se realizaron las reglas que gobiernan el sistema de control, posteriormente se le adaptaron unas boquillas para la recepción de la señal. Una vez que la señal del sensor fue adquirida por la tarjeta se evaluó dentro del sistema de control difuso que arrojan como resultado el monitoreo del volumen pulmonar en modo forzado, así como el gráfico de este en tiempo real.

1. INTRODUCCION

La espirometría es una prueba básica para el estudio de la función pulmonar cuya realización es necesaria para la evaluación y seguimiento de las enfermedades respiratorias. Su utilidad trasciende el ámbito de la Neumología y en los últimos años se está incorporando progresivamente en atención primaria y otras disciplinas médicas. Son una de las pruebas más empleadas en el mundo por los especialistas. Existen dos tipos de espirometría, la espirometría simple y la espirometría forzada.

La espirometría simple consiste en solicitar al paciente que, tras una inspiración máxima, expulse todo el aire durante el tiempo que necesite.

La espirometría forzada es la maniobra que registra el máximo volumen de aire que puede mover un sujeto desde una inspiración máxima hasta una exhalación completa (es decir, hasta que en los pulmones sólo quede el volumen residual). Al mismo tiempo que se registra el máximo volumen espirado, éste se relaciona con el tiempo que dura la maniobra, con lo que es posible obtener medidas de flujo.

Las principales variables de la espirometría forzada son la capacidad vital forzada (FVC) y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1). La FVC representa el volumen máximo



de aire exhalado en una maniobra espiratoria de esfuerzo máximo, iniciada tras una maniobra de inspiración

máxima, expresado en litros. El FEV1 corresponde al volumen máximo de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra de FVC, también expresado en litros. A su vez, el cociente FEV1 /FVC muestra la relación entre ambos parámetros. No debe confundirse con el índice de Tiffeneau, que se define como el cociente entre el FEV1 y la capacidad vital lenta (VC). El FEV, o volumen máximo de aire exhalado en los seis primeros segundos de la maniobra de FVC.

Los resultados de las pruebas espirométricas se utilizan para tomar decisiones en pacientes y pueden tener un efecto importante sobre el estilo y normas de vida así como en el futuro tratamiento de una persona.

La prueba se realiza con el paciente de pies o sentado, con o sin una pinza nasal. El operador conecta al paciente con el espirómetro. Immediante una boquilla y le solicita que respire tranquilamente durante unos pocos ciclos. Luego solicita al paciente que haga una inspiración máxima, seguida inmediatamente de una espiración máxima.

2. TEORIA

Sistema de control fuzzy

La lógica difusa es un sistema de control inteligente debido a sus características que se presentan en su estructura. La estructura de un sistema de control difuso consiste en tres etapas, la primera etapa llamada fusificación donde se realiza la conversión de los datos de entrada variables de lingüísticas y funciones de pertenencia, y también el diseño de la producción lingüística variables de datos. En la segunda etapa de una acción y reglas de inferencia es per- formado, que asocian la relación de acuerdo con la experiencia de expertos entre los datos de entrada con respecto a los datos de salida. Por último, sucede un proceso de desfuzzyficación de datos, donde se pasa de un valor difuso a un valor numérico a utilizar para el control que se indica se realizó. La figura 1 muestra un esquema general de la lógica difusa, de las entradas, la inferencia, reglas, desfuzzyficación y salidas.

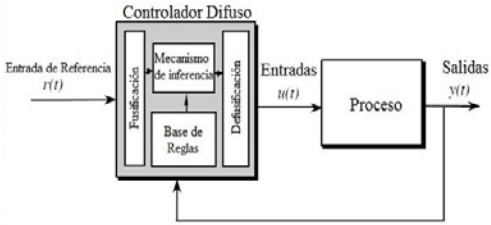


Figura 1.- Arquitectura del control difuso.

LabVIEW

LabVIEW es una plataforma de programación gráfica que ayuda a los ingenieros de diseño. Esta disponibilidad gráfica permite un uso práctico, ya que es más sencillo de programar y permite crear



una interfaz gráfica para usuarios en LabVIEW tales como médicos, enfermeras o personal paramédico haciéndolo disponible para su uso.

3. PARTE EXPERIMENTAL

Valores espirométricos de referencia

Se utilizaron valores de referencia específicamente de México de un estudio realizado en el 2006. En dicho estudio permite conocer los distintos valores de FEV1, FVC a través de la ecuación. Por ejemplo, para una mujer de 45 años de edad y 160 cm de altura, de acuerdo con la ecuación de referencia, el cálculo del FEV1 esperado sería: $(0.0299089 \times 160) - (0.02398873 \times 45) - 0.51369779 = 2.72535311$; para el límite inferior de la normalidad sería: $2.72535311 - (1.645 \times 0.38) = 2.10025311$, así para las diferentes edades, alturas y sexo, se sustituyeron los valores resultantes de dicho estudio. Figura 2.

TABLA IV
Ecuaciones de referencia en mujeres entre 40 y 90 años de edad (n = 635)

Variable	FEV ₁ (l)	FVC (l)	FEV ₁ (l)	FEV ₁ /FVC (%)	FEV ₁ /FVC' (%)	FEV ₁ /FEV ₁ ' (%)	PEFR (l/s)	FEF ₂₅₋₇₅ (l/s)
Edad (años)	-0,02398873	-0,02324661	-0,02451519	-0,21964744	-0,20197318	-0,16955436	-0,05360108	-0,03619264
Talla (cm)	0,02699089	0,03834604	0,03606686	-0,10189407	No	-0,08013511	0,05653161	0,01400578
Intercepto	-0,51369779	-1,6469408	-1,3272314	105,70909	89,042622	102,19303	0,65195532	2,217574
R ²	51,5	46,6	50,4	13,1	12,2	12,8	36,7	25,2
DE de residuales	0,3791218	0,47242368	0,43907485	6,5444792	6,5731346	5,1341718	1,123243	0,82395712

DE: desviación estándar; FEV₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; FEV₁: volumen espiratorio forzado en 6 s; PEFR: flujo espiratorio máximo; FEF₂₅₋₇₅: flujo mesoespiratorio.

*La ecuación predice el FEV₁/FVC sólo con la edad y el sexo, y es la utilizada en los nomogramas.

TABLA V
Ecuaciones de referencia en varones entre 40 y 90 años de edad (n = 271)

Variable	FEV ₁ (l)	FVC (l)	FEV ₁ (l)	FEV ₁ /FVC (%)	FEV ₁ /FVC' (%)	FEV ₁ /FEV ₁ ' (%)	PEFR (l/s)	FEF ₂₅₋₇₅ (l/s)
Edad (años)	-0,0291673	-0,02488509	-0,02807181	-0,25567933	-0,23404784	-0,18857203	-0,07185995	-0,05188433
Talla (cm)	0,04116371	0,06450317	0,0593406	-0,17104261		-0,13117006	0,06294803	0,01411121
Intercepto	-2,0483434	-5,1839524	-4,3228	119,14759	89,350282	111,92545	2,4914045	3,573076
R ²	49,5	43,5	47,3	20,8	17,7	18,2	29,3	29,7
DE de residuales	0,51760403	0,69569079	0,63939928	6,0762543	6,1843963	4,8908893	1,6716949	1,0234253

DE: desviación estándar; FEV₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; FEV₁: volumen espiratorio forzado en 6 s; PEFR: flujo espiratorio máximo; FEF₂₅₋₇₅: flujo mesoespiratorio.

*La ecuación predice el FEV₁/FVC sólo con la edad y el sexo, y es la utilizada en los nomogramas.

Figura 2- Valores de referencia teóricos

Caracterización del sensor

Para la realización del espirometro fue necesario un sensor de flujo, donde su principio de funcionamiento es: el principio hall; pero para poder utilizarlo es necesario caracterizarlo, el método en que se caracterizo fue a través de la realización de un programa que detecta pulsos en alto de diversos volúmenes conocidos (100 ml, 200 ml, 400 ml, 1000 ml, 2000 ml, 3500 ml, 4500 ml y 6000 ml) que son los volúmenes que pueden tener los pulmones en el ser humano. Para obtener dichos valores se aplicó el principio de Arquímedes: "a todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado" [1]. Dichas mediciones se realizaron repetidamente durante 10 veces para después obtener un promedio de



los pulsos por cada volumen. La figura 3 muestra el programa de detección de pulsos en alto. La figura 4 muestra los promedios de cada volumen.

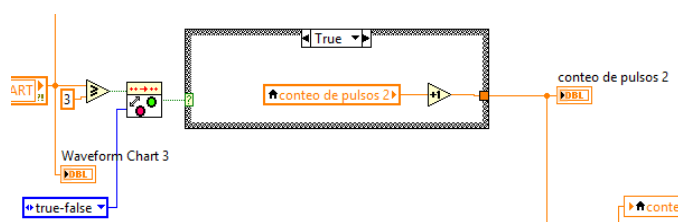


Figura 3.- Detección de pulsos en alto

mL	No. Pulsos promedio	
	Bruto	Total
100	171.7	172
200	261.4	261
400	378.2	379
1000	425.9	426
2000	590.2	590
3500	771.9	772
4500	1310.5	1311
6000	1869.5	1870

Figura 4.- promedio de pulsos para cada volumen conocido

Sistema de control difuso

Para la construcción del sistema de una variable de entrada de control difuso, que fue introducida en el sistema. El controlador difuso fueron diseñados utilizando el Kit de herramientas de Control y Simulación de LabVIEW, en este, siete variables de entrada y una variable de salida se programan mediante la implementación de un total de 40 reglas de inferencia dadas por la



experiencia del experto , para la asociación de la entrada y datos resultantes. Estas variables se pueden ver en la Figura 5. También se obtuvo la respuesta del sistema. Figura 6.

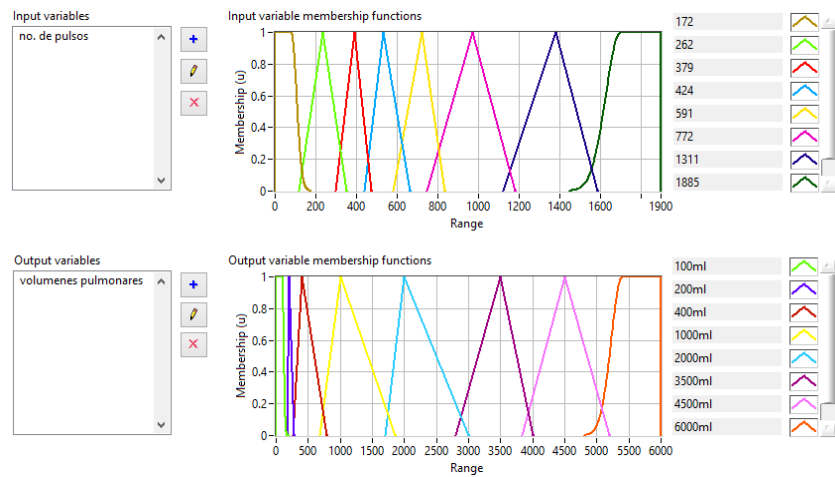


Figura 5.-Diseño del sistema de control fuzzy

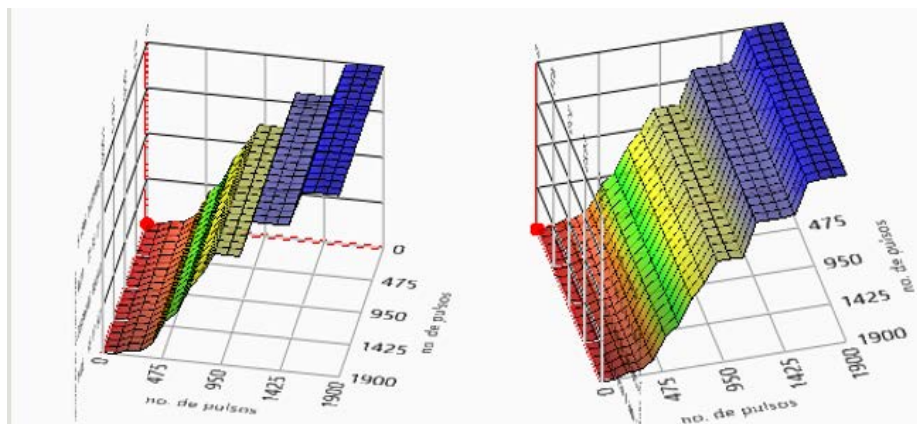


Figura 6.- Respuesta del sistema

4. RESULTADOS

La interfaz que está en contacto con el usuario se muestra en la figura 6. En esta se muestran los valores que se obtienen de esta prueba, los cuales son: FVC, FEV 1 y el cociente de FEV 1/FVC.



Adicionalmente se le agregaron valores teóricos esperados en base a la edad, estatura y sexo; con el fin de dar un pre diagnostico al paciente.

Al incluir estos valores teóricos se realizaron pruebas a hombres y mujeres, como se muestran en la figura 7 y la figura 8.



Figura 7.- Resultados de prueba espirométrica forzada en hombre



Figura 8.- Resultados de prueba espirométrica forzada en mujer

Las pruebas se realizaron con el paciente sentado y con pinzas para la nariz, garantizando así que no existe salida de aire por esta.

El prototipo en físico mide de alto 8.5 centímetros, 9 centímetros de ancho y 5.5 centímetros de profundo, se muestra en la figura 9.



Figura 9.- Prototipo



CONACYT CCADET CIO PUEBLA INNS

VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

16-18
junio 2016
Unidad de Seminarios, BUAP

UASLP GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA UANL JOSLYN Surgo Suppression

5. CONCLUSIONES

- En la construcción del espirometro respecto al sensor dificultaron que el prototipo fuera de menor tamaño, pues la elección de otro sensor hubiera aumentado el costo.
- Se logró construir un instrumento estable y con un error de: 1.55 % para FVC, 0.2 % para FEV1.
- Para el prototipo en físico se logro que el espirometro fuera de un tamaño reducido y con adquisición de datos a través de la tarjeta My-RIO via wireless.
- Para realizar un espirometro equivalente a uno comercial, que pueda realizar un análisis exhaustivo, es necesario incluir mas valores de referencia. Por lo que se propone como trabajo a futuro realizar un programa que contenga todos los valores que mide un espirometro de este tipo, aunado a que cumplan con las normas necesarias.

BIBLIOGRAFIA

1. WILSON, JERRY D. y BUFFA, ANTHONY J. "Física", 5° Edición, Pearson Educación, México, 2003
2. Pérez-Padilla, R., Valdivia, G., Muiño, A., López, M. V., Márquez, M. N., Oca, M. M., . . . Menezes, A. M. (2006). Valores de referencia espirométrica en 5 grandes ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 o más años de edad. Archivos De Bronconeumología, 42(7), 317-325. doi:10.1157/13090581
3. Archivos de Bronconeumología. (n.d.). Retrieved May 25, 2016, from <http://www.archbronconeumol.org/>
4. Institut Català de la Salut. (n.d.). Retrieved May 25, 2016, from <http://www.ics.gencat.cat/3clics/guies/184/img/--guiasepar20131.pdf>