

11231



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

13

FACULTAD DE MEDICINA  
INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

"CONTROL DE CALIDAD DE LAS PRUEBAS  
ESPIROMETRICAS A TRAVES DEL ESTUDIO DEL  
DESEMPEÑO DE LOS ESPIROMETROS"

INSTITUTO NACIONAL DE  
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS  
★ ENE 15 2001 ★  
SUBDIRECCION DE  
ENSEÑANZA

*[Handwritten signature]*

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
ESPECIALISTA EN NEUMOLOGIA  
P R E S E N T A :  
DR. ANGEL RAMIREZ MORALES

*[Handwritten signature]*  
TUTOR: DR. JUSTINO REGALADO PINEDA  
CO-TUTOR DR. JOSE ROGELIO PEREZ-PADILLA  
★ FEB 19 2001 ★  
Unidad de Servicios Escolares  
FPL de Posgrado

MEXICO, D. F. DICIEMBRE DE 2001

INER



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS  
INER**

**“CONTROL DE CALIDAD DE LAS PRUEBAS ESPIROMÉTRICAS A TRAVÉS  
DEL ESTUDIO DEL DESEMPEÑO DE LOS ESPIRÓMETROS”**

Trabajo de Tesis que para obtener el Diploma de Especialista en Neumología presenta:  
Dr. Angel Ramírez Morales

Tutor: Dr. Justino Regalado Pineda

Co-Tutor: Dr. José Rogelio Pérez-Padilla

México, D. F., Diciembre de 2000

**Dedicatorias:**

**A mis padres Ana Maria Morales de Ramirez y Valentín Ramírez Sandoval por su amor y apoyo incondicional durante estos tres años.**

**A mi esposa Karla Maria Prado Chávez mi compañera desde hace seis años por su paciencia, comprensión y por lo muchos ratos de alegría.**

### **Agradecimientos:**

**Al INER mi segunda casa, del cual he obtenido tantas satisfacciones.**

**A mi Tutor y Co-Tutor por darme la oportunidad de realizar este trabajo conjuntamente con ellos , por su paciencia y orientación continua.**

## INDICE GENERAL

	Página
Resumen	III
Introducción	1
Antecedentes	4
Justificación	8
Objetivos	9
Hipótesis	9
Métodos	9
Análisis de los datos	
Resultados	10
Discusión	13
Conclusiones	15
Bibliografía	16

## Resumen

El uso de una jeringa calibrada de 3L es considerado el método estándar de calibración para espirometría en los Laboratorios de Función Pulmonar. La Sociedad Americana de Tórax (ATS) ha propuesto un grupo de curvas estandarizadas para probar la precisión y exactitud de los equipos empleados para hacer espirometrías, este grupo de curvas simulan los patrones espirométricos habitualmente observados en la práctica clínica.

Realizamos el presente estudio para probar el desempeño de los espirómetros usados cotidianamente en un hospital de referencia de tercer nivel dedicado a las enfermedades respiratorias. El estudio incluyó la evaluación de 22 equipos, 8 espirómetros volumétricos de selle en seco, 12 espirómetros de flujo dotados con una turbina y 2 equipos de neumotacógrafo. Cada uno de los equipos fue calibrado siguiendo el método tradicional con una jeringa electrónica de 3L, Jones, así como un pistón computarizado programado con las 24 curvas estandarizadas de la ATS. El criterio para considerar el desempeño de los equipos como satisfactorio fue que no excedieran más del 3% de la FVC y FEV1 empleando la jeringa calibrada de 3L, ó bien 3.5% de la FVC y FEV1, ó 5.5% del FEF25-75 cuando se probaron los equipos con el pistón computarizado.

Cuatro de los espirómetros de flujo de tipo turbina excedieron el máximo de variabilidad permitido para FVC y FEV1, mientras que los equipos volumétricos y de neumotacógrafo se desempeñaron satisfactoriamente al ser calibrados con la jeringa de 3L. Cuando los equipos se probaron con el simulador de flujos, observamos una mayor variabilidad en los espirómetros de turbina y neumotacógrafo, donde ninguno de estos equipos se desempeñó satisfactoriamente.

Se concluye que el pistón computarizado programado con las 24 curvas estandarizadas por la ATS constituye un método mas preciso de control de calidad que el empleo de la jeringa calibrada de 3 L.

## INTRODUCCION

Las pruebas de función respiratoria proporcionan información objetiva y confiable del estado de funcionamiento pulmonar. Se emplean con frecuencia para evaluar enfermedades que comprometen al sistema cardio-vascular y respiratorio; así como para medir los efectos sobre el sistema respiratorio de exposiciones ambientales, laborales y a medicamentos; evaluación de riesgo quirúrgico, entre otras (1)

La espirometría es una prueba cronometrada que mide el volumen de aire que se desplace en los pulmones en una exhalación forzada iniciando con los pulmones totalmente llenos (Capacidad Pulmonar Total). Los resultados de la prueba correlacionan con morbilidad y expectativa de vida, son utilizados para la toma de decisiones en pacientes individuales, así como en la evaluación de la naturaleza del defecto, severidad y respuesta al tratamiento en enfermedades pulmonares (1).

Las fuentes de variabilidad (ruido) de las pruebas de función respiratoria son múltiples y se considera que tienen un efecto mayor sobre el resultado de la prueba que lo que ocurre con otras pruebas de laboratorio clínico (1). Los principales determinantes de la variabilidad a corto plazo en la medición de la Capacidad Vital Forzada (FVC) y el Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo ( $FEV_1$ ) son derivados de diferentes factores entre los que destacan: el tipo de paciente o sujeto a quien se realiza la prueba; el técnico que la realiza; variaciones espontáneas diurnas en la función pulmonar; así como variaciones debidas al efecto de medicamentos, usualmente broncodilatadores (2, 3). Un aspecto poco tomado en cuenta es el asociado a variaciones de la calibración de los equipos, lo que se refiere a la precisión del equipo (4), así como la estandarización de diferentes espirómetros para ser empleados en estudios epidemiológicos (5,6). Cuando se quieren medir cambios en la función pulmonar a largo plazo en relación con cualquier intervención o maniobra es importante mantener en su valor mínimo el margen de error en las mediciones realizadas por parte del instrumento.

Uno de los lineamientos fundamentales en la evaluación de la función respiratoria mediante una espirometría es el adecuado control de calidad del equipo empleado. La calidad de la prueba es muy importante para efectos de su correcta interpretación, por lo que una prueba de calidad deficiente nos puede conducir a interpretaciones erróneas de la función pulmonar.



Entre los conceptos que se deben de entender para un adecuado control de calidad de las espirometrías realizadas en un laboratorio figuran los siguientes:

- **Exactitud:** Cualidad del instrumento para medir lo que se pretende medir, es decir, que el instrumento realiza la medición que se intenta, con un margen de error mínimo(7).
- **Precisión:** Cualidad de reproducibilidad de un dato medido. Una medición precisa es aquella que se registra de manera constante después de múltiples repeticiones (7)
- **Calibración:** Es el proceso de comparar una medición realizada contra un estándar de referencia y ajustar el instrumento para que realice mediciones lo más parecido posibles al estándar.
- **Linearidad:** Es la propiedad de un instrumento o sistema de describir un índice constante de causa-efecto. En los espirómetros lo anterior se logra inyectando un volumen constante, habitualmente 3.0 L a diferentes flujos (8).
- **Condiciones ambientales:** La Sociedad Americana de Tórax (ATS) recomienda que la prueba de espirometría no sea conducida con temperaturas menores a 17 °C o mayores a 40 grados C, esto basado en problemas con el enfriamiento de tiempo de gases en espirómetros de volumen y problemas de estimación de factores de  $\text{BTPS}$  en mecanismos de flujo, así como la evidencia de que algunos sujetos pueden desarrollar limitación transitoria al flujo con inhalación de aire frío (8). A este respecto es importante señalar la importancia que revierte la correcta corrección de factores ambientales a condiciones corporales, dado que la falta de ajuste por estos factores puede conducir a errores en la determinación de FVC y FEV1 (9, 10).

Los errores de exactitud consisten en la diferencia observada entre el valor real y el valor medido por el equipo. La exactitud de un espirómetro depende de factores como la calibración, adecuación de factores de corrección a condiciones  $\text{BTPS}$ , sensibilidad a condiciones ambientales. El Error de precisión denota la reproducibilidad de las distintas mediciones y es la diferencia numérica entre mediciones sucesivas.

La Sociedad Americana de Tórax (ATS) recomienda calibrar el volumen de los espirómetros por lo menos una vez al día con una jeringa calibrada de al menos 3 L (8). Los sistemas de espirómetros volumétricos deben ser evaluados para fugas, las cuales pueden ser detectadas aplicando una presión positiva constante de 3 cm H<sub>2</sub>O con el espirómetro ocluido en la

salida, si se observan cambios de volumen  $>10$  ml después de un minuto es indicativo de fuga.

Con la prueba de calibración se evalúa la precisión del instrumento para medir un volumen determinado, así como la desviación o discrepancias entre el valor observado por el equipo y el valor estándar administrado por la jeringa de volumen (11). En los estudios epidemiológicos o de campo, o en aquellos en los que se contempla realizar múltiples mediciones durante un mismo día, se recomienda calibrar el equipo al inicio de la jornada y cada 4 hrs. (8). En el caso de espirómetros de flujo la calibración del volumen deberá hacerse a diferentes flujos. La misma ATS recomienda en relación con la precisión del instrumento que esta no debe variar más allá de un 3% del instrumento de referencia (8). De la misma manera se han publicado guías para la realización adecuada de la prueba, así como para la selección de los equipos que presentan un desempeño mínimo que garantiza la confiabilidad de los resultados (8, 12).

### **Espirómetros de flujo y espirómetros de volumen:**

En la práctica diaria se emplean diferentes tipos de equipos para la realización de la espirometría con fines de evaluación clínica. Los más comúnmente utilizados son los sistemas de volumen y los de flujo. A continuación se presenta una descripción breve de ambos sistemas así como sus principales diferencias.

Los espirómetros de flujo miden la velocidad del aire exhalado, los equipos integran el volumen y es factible conocer la FVC y el FEV<sub>1</sub>. Los espirómetros de volumen colectan el aire exhalado y miden directamente el volumen. Dentro de los espirómetros de flujo existen algunas variables de acuerdo al sistema de medición de los flujos, existen equipos de turbina y neumotacógrafos. Los primeros ofrecen la ventaja de ser portátiles y medir en forma más exacta todos los flujos incluyendo el flujo pico (PEFR). A diferencia de los espirómetros de flujo, los espirómetros de volumen integran los flujos de manera indirecta y los resultados son más variables. Los espirómetros de volumen también presentan dificultades para medir volúmenes en condiciones de corporales a 37° C (87°F). El aire que ingresa al espirómetro de volumen puede sufrir cambios de temperatura que afectan el volumen del gas y que no son corregidos del todo por los equipos (9, 10, 13). El problema de la estimación de gas dentro del espirómetro es más complicado por el hecho de que una parte del enfriamiento ocurre en las mangueras del espirómetro por lo que asumir que el gas medido por el espirómetro se

encuentra a 37° C y saturado de vapor de agua puede no ser totalmente cierto pudiendo existir gradientes de temperatura que no son ajustados al 100%. Se estima que los errores en la medición del FEV<sub>1</sub> usualmente son menores al 2%, si el espirómetro es mantenido a una temperatura entre de 17 y 21 grados centígrados (8). La mayor desventaja de los espirómetros de flujo es el hecho de pequeños errores en la estimación de flujo cero pueden conducir a errores importantes en la estimación del el volumen particularmente la FVC.

Actualmente en la mayoría de los laboratorios de función respiratoria se emplean equipos computarizados lo cual ofrece sin lugar a dudas ventajas pero también puede plantear algunas desventajas; a continuación se plantean algunas de las ventajas y desventajas de los equipos computarizados

#### **Ventajas:**

- a. La completa automatización del procedimiento puede resultar en reducción de tiempo y costo e incremento en la exactitud y precisión de las mediciones.
- b. Seguridad de estandarización en los procedimientos.
- c. Significativa reducción en errores mayores de medición.
- d. Implementación de calibración automática y chequeo del sistema dentro del instrumento.
- e. Consistente interpretación de resultados.

#### **Desventajas:**

- a. Incremento en el costo inicial del equipo.
- b. Requiere personal mas cuidadosamente entrenado.
- c. Limitada flexibilidad en algunos procedimientos realizados en comparación con procesadores manuales que resultan muy tolerantes y flexibles a las maniobras del paciente.
- d. Inhabilidad para actualizar y corregir el software.

## ANTECEDENTES

Es importante tener en cuenta el papel que desempeña el equipo utilizado para la medición de la capacidad pulmonar. En la actualidad con el uso cada vez más extendido de los equipos computarizados la variabilidad de las pruebas ha tendido a disminuir, sin embargo persisten diferencias en cuanto a la precisión y exactitud de las mediciones, un equipo puede ser relativamente preciso, es decir, dar valores muy similares al repetir varias veces la prueba, pero sin embargo ser poco exacto cuando se compara el equipo contra un "estándar de oro" (8)

Con la calibración se pretende minimizar al máximo los probables errores de medición ocasionados por variabilidad del equipo y que en algunos estudios se ha reportado hasta en 200 ml (3, 6). Los errores en la medición con frecuencia son debidos a fugas, fallas del sistema para detectar cambios de temperatura del gas que se está midiendo y falta de linealidad del espirómetro (8). Este error sistemático en el desempeño del espirómetro puede conducirnos a mayores errores en la interpretación de los resultados de la prueba cuando se quieren asociar los cambios de la función pulmonar con alguna variable en particular (4), por ejemplo, la contaminación ambiental o la respuesta a algún tipo de tratamiento. Desde hace tiempo se reconoce la disminución de la función pulmonar en relación con la edad, la cual se ha estimado en aproximadamente 30 ml por año en sujetos no fumadores (14, 15). Cuando se trata de estudios longitudinales cobra mayor importancia el posible error del instrumento y lo deseable sería tener una medición con el menor margen de error por parte del instrumento para evitar atribuir equivocadamente cambios de la función pulmonar a factores externos, cuando en realidad se deben a la variabilidad del instrumento con que se mide la función pulmonar (5).

Desde principios de la década pasada se propuso el empleo de un listado de curvas consideradas estándar para probar la calibración y el desempeño de los espirómetros, especialmente cuando son incorporados al mercado (16). Este grupo de 24 curvas es representativo de los patrones habituales que se encuentran en la práctica diaria y corresponden tanto a sujetos sanos como sujetos enfermos. Idealmente se podrían probar los equipos estudiando a pacientes reales, sin embargo, existen algunos inconvenientes que vale la pena mencionar, - existe una variabilidad intra sujeto del orden de  $\pm 3\%$  en la determinación de la FVC y FEV<sub>1</sub> la cual es suprimida con el uso de curvas simuladas por un

descompresor mecánico; - muchas veces no es posible obtener un número representativo de pacientes o formas de curvas para probar los equipos en condiciones normales y condiciones patológicas; - finalmente, no es posible conjuntar un grupo de pacientes estándar disponible para probar los equipos en múltiples ocasiones (16). Por lo anterior, la generación de curvas simuladas altamente reproducibles constituye el método más útil para probar y calificar los espirómetros de acuerdo a su cumplimiento con las normas de desempeño establecidas (8,16).

Del conjunto de 24 curvas estandarizadas las 4 primeras curvas representan funciones exponenciales volumen-tiempo que utilizan diferentes constantes de volumen (FVC) y tiempo. Estas curvas representan al paciente ideal, el inicio del espirograma cumple con todos los criterios de aceptabilidad exigidos por la ATS, es decir no se registran esfuerzos variables, artefactos durante la maniobra ni terminación temprana. Las señales simuladas de FVC representan señales exponenciales generadas por computadora que se describen por la siguiente ecuación:

$$V(t)=FVC(1-\exp(-t/T))$$

Donde  $v(t)$  equivale al volumen instantáneo en litros, FVC equivale a la Capacidad Vital Forzada en litros,  $t$  equivale al tiempo en segundos,  $T$  equivale a la constante de tiempo en segundos con las siguientes combinaciones para FVC,  $T$ : 6.0, 0.8; 5.0, 0.4; 3.5, 2.4; 1.5, 0.4. (16)

Las curvas restantes representan relaciones volumen-tiempo observadas habitualmente en pacientes y se emplean para probar el desempeño de los espirómetros al inicio y final de la prueba. Como sería la exactitud del equipo para determinar el tiempo cero y su comparación con el método de extrapolación retrógrada (curvas 5 a 14). Para asegurar el buen desempeño de los espirómetros es necesario probarlos con distintos volúmenes lo que garantiza que el equipo mantiene un adecuado nivel de precisión al medir volúmenes a distintos perfiles de flujo. Algunas curvas se incorporaron por representar tiempos espiratorios largos, mayores al tiempo mínimo de registro requerido por la ATS (10 segundos ref). Lo anterior nos asegura que los equipos no terminan prematuramente la maniobra de FVC con la consecuente subestimación del volumen. Las curvas 5,6 y 16 a 23 fueron incorporadas para evaluar el criterio de finalización de la prueba. Las curvas 17, 18 y particularmente la 23 provienen de pacientes con obstrucción de las vías aéreas. Las curvas

5, 16 y 20 se seleccionaron por presentar pequeñas variaciones en el flujo al final de la maniobra (pausas breves en la curva volumen-tiempo). Dichas variaciones en los flujos representan el esfuerzo del enfermo por exhalar una cantidad adicional de aire al final de la maniobra de espiración forzada. Las curvas 1, 2, 5, 18 y 21 se seleccionaron por representar sujetos normales con esfuerzos espiratorios adecuados según la apreciación del técnico que realizó la prueba. Finalmente las curvas 4 y 24 se seleccionaron por representar pacientes con Capacidad Vital baja ocasionado por un padecimiento de tipo restrictivo del pulmón o simplemente talla baja.

Como se ha mencionado previamente, el uso de las 24 curvas estandarizadas es útil para probar equipos de espirometría nuevos antes de ser aprobados para su venta en los Estados Unidos de América o cuando se han hecho cambios en el "hardware" o "software" de los equipos. De acuerdo a los lineamientos establecidos por la ATS los parámetros de volumen deben ser probados mediante las 24 curvas estandarizadas utilizando una jeringa mecánica controlada por computadora o su equivalente (8, 16).

Prueba de Exactitud. Como criterio de exactitud cuando se prueba un equipo, se acepta una desviación de  $\pm 3.5\%$  del volumen inyectado (FVC y FEV<sub>1</sub>) ó 100 ml, el más grande. Para el FEF<sub>25-75</sub> se acepta una variación de  $\pm 5.5\%$  ó 250 ml/s, el más grande.

El uso de las curvas dinámicas mediante un simulador de flujos no substituye al procedimiento tradicional de calibración con una jeringa de 3L. Sin embargo, se ha demostrado que para la validación de los equipos el uso de las 24 curvas estandarizadas es superior al simple ejercicio diario de calibración. El uso de curvas dinámicas es esencial para medir la exactitud y precisión de las pruebas realizadas por un espirómetro. En algunos estudios se ha observado que el sólo uso de una jeringa calibrada de 3L puede ser insuficiente para evaluar el desempeño de los espirómetros y por tal motivo se hace necesario el uso de las 24 curvas estándar (17).

## JUSTIFICACION

En el INER cuenta con un número considerable de espirómetros tanto dentro del Laboratorio de Fisiología Pulmonar como en otras áreas del Instituto, dichos equipos son empleados habitualmente con fines de diagnóstico y de investigación. Durante 1998 se realizaron un total de 13,370 estudios en el laboratorio de fisiología respiratoria del INER. De estos, 8706 (65%) correspondieron a la prueba de espirometría (18). No conocemos la variabilidad en cuanto al desempeño de los diferentes espirómetros en el INER. Previamente hemos observado variaciones en la medición de la FVC y FEV<sub>1</sub> al utilizar espirómetros técnicamente distintos (19), en dicho estudio encontramos discrepancias importantes entre las mediciones realizadas con un espirómetro de flujo tipo turbina y un espirómetro volumétrico de selle en seco. En este mismo estudio observamos que al comparar los espirómetros contra una jeringa electrónica de 3 L dotada con un simulador de flujos (Jones Medical Instruments Co), el espirómetro de turbina tiende a sobrestimar los valores de FVC y FEV<sub>1</sub> (19). La Jeringa electrónica ofrece varias ventajas, la principal es que permite simular distintos flujos y administrar al equipo valores diferentes de FEV<sub>1</sub>, FEF<sub>25-75</sub> y flujos instantáneos, sin embargo su capacidad es limitada ya que como cualquier jeringa de calibración su volumen es fijo por lo que solamente se puede probar el desempeño del equipo con ese volumen único. Por lo anterior se hace necesario evaluar el desempeño de los equipos que en la actualidad se utilizan en el INER por medio de técnicas y equipo mas avanzado siguiendo los lineamientos internacionales vigentes hasta el día de hoy.

En la actualidad se cuenta con un prototipo de simulador de flujos desarrollado en el Laboratorio de Ingeniería en fenómenos Fisiológicos y el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Universidad Autónoma Metropolitana. El sistema consiste en un pistón controlado por una computadora personal a través de un motor de pasos. El desplazamiento del pistón se logra mediante la generación de pulsos de control en número y frecuencia determinados para obtener diversos volúmenes y flujos de aire (20).

Estas curvas permiten reproducir diferentes flujos, volúmenes y formas de curvas. Estos equipos son el estándar de oro de calibración espirométrica. Sin embargo los equipos disponibles actualmente en el mercado de manera comercial son considerablemente caros y aun en países desarrollados son utilizados por muy pocos laboratorios de calibración de referencia. Con el diseño efectuado en la UAM, a un costo bastante bajo, podremos convertirnos también en un centro de referencia para calibración. El equipo ha tenido

pruebas repetidas sobre su desempeño desde el punto de vista mecánico y electrónico. Sin embargo, hace falta una serie de pruebas prácticas, ya de campo para evaluarlo adecuadamente.

Diseñamos un estudio transversal que incluyó a todos los equipos de espirometría utilizados en la actualidad en el INER tanto con fines de diagnóstico como de investigación.

## **OBJETIVOS**

- Conocer la variabilidad de todos los espirómetros con los que cuenta el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.
- Validar el empleo de un simulador de flujos como estándar de oro para calibración de espirómetros de cualquier tipo.

## **HIPOTESIS**

Existen discrepancias importantes al medir el desempeño de diferentes espirómetros en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.

La utilización de un simulador de flujos que cumple con los criterios de evaluación de la Sociedad Americana de Tórax puede ser empleado como estándar de oro en la calibración de los espirómetros.

El simulador de volúmenes y flujos tiene un mejor desempeño que la jeringa Jones en cuanto a reproducibilidad.

## **MÉTODOS**

Se comparó la calibración de todos los espirómetros registrados en el INER, tanto de volumen como de flujo. Para la calibración se utilizó una jeringa electrónica de volumen con simulador de flujos (Jones Medical Instrument Co). La jeringa electrónica ofrece la ventaja de proporcionar en pantalla una medición del volumen y los flujos que inyecta al espirómetro en el momento de la calibración permitiéndonos comparar con el volumen y flujos medidos por el espirómetro. De esta manera, es posible conocer posibles desviaciones en la medición.



Todos los ejercicios de calibración se realizaron sin ajuste para BTPS (13), es decir empleando presión barométrica de 760 torr y a 37°C. Cada sesión se inició con la calibración del espirómetro de acuerdo a lo recomendado por el fabricante utilizando una jeringa de 3 litros. Una vez calibrado el equipo se procedió a simular una maniobra espiratoria con la jeringa electrónica Jones a diferentes flujos.

Finalmente se realizó un ejercicio con el Calibrador controlado por computadora introduciendo a cada espirómetro en tres ocasiones las 24 curvas recomendadas por la ATS (8, 12).

### **ANALISIS DE LOS DATOS**

Los resultados se presentan como promedio  $\pm$ Desviación Estándar. Se analizaron tres parámetros de cada espirometría, FVC, FEV<sub>1</sub> y FEF<sub>25-75</sub> las variables medidas con cada uno de los espirómetros se compararon contra el volumen teórico administrado por la jeringa electrónica Jones y el pistón simulador de volumen y flujos. Para la comparación entre los equipos y la jeringa mecánica computarizada se emplearon métodos estadísticos convencionales ANOVA para comparación de promedios.

Para la comparación entre la curva del calibrador y la del espirómetro, utilizamos puntos específicos con significado funcional como el FEV<sub>1</sub>, FVC y FEF<sub>25-75</sub>. Se emplearon programas de SPSS para Windows (SPSS for windows version 8.0) y Stata para Windows (Stata Corporation version 6.03).

### **RESULTADOS**

Se estudiaron un total de 22 espirómetros del INER. Nueve espirómetros de volumen de sello en seco, 2 espirómetros de flujo de tipo neumotacógrafo y 12 espirómetros de flujo de tipo turbina. De los espirómetros de volumen, ocho correspondían al Departamento de Salud Ambiental y forman parte de un estudio epidemiológico mayor por lo que nos interesamos en conocer su desempeño y precisión. Un espirómetro de volumen de sello en seco, 2 espirómetros de flujo tipo turbina y 2 espirómetros de flujo tipo neumotacógrafo corresponden al Departamento de Fisiología pulmonar. El resto de los equipos, 10 espirómetros de flujo tipo turbina pertenecen a los diferentes servicios clínicos con los que

cuenta el hospital y se emplean cotidianamente para la monitorización de los pacientes en las distintas salas de internamiento.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos con la jeringa calibrada de 3L. Todos los equipos mostraron valores menores o iguales al 3% del volumen total administrado que fue de 3L. Por tipo de equipo solo uno de los espirómetros de volumen presentó valores superiores al 3% del volumen inyectado mientras que 4 de los espirómetros de flujo tipo turbina no cumplieron con este criterio de desempeño. Ninguno de los 2 neumotacógrafos estudiados presentó problemas durante esta fase del estudio.

En las figuras 1 y 2 se muestra el promedio de la diferencia observada entre la jeringa de 3 L y cada equipo. La figura 1 corresponde a la FVC donde puede observarse que la mayor variabilidad ocurre con los equipos de flujo o turbina mientras que en el caso de los espirómetros de volumen o los neumotacógrafos, la variabilidad es menor. La figura 2 muestra los resultados para el FEV<sub>1</sub>, se aprecia nuevamente que los equipos de volumen a excepción del equipo número 9, tienden a mostrar menor variabilidad en contraste con los espirómetros de flujo. En la tabla 2 se presentan los resultados del ANOVA de una vía para la diferencia observada entre la jeringa calibrada de 3L y los espirómetros según el tipo de equipo estudiado. Para la FVC se observó que los espirómetros de volumen tienden a sobreestimar la medición mientras que los neumotacógrafos y los espirómetros de flujo tipo turbina tienden a subestimar la medición. Para el caso de la FVC no se encontraron diferencias estadísticamente significativas intra o entre grupos. Para el FEV<sub>1</sub> la diferencia entre la jeringa calibrada y el espirómetro según el tipo de equipo fue de -55.5 DE 56.3 ml para los espirómetros de volumen, 5.2 DE 75.54 ml para los neumotacógrafos y de -96.3 DE 190.5 ml para los espirómetros de turbina. Nuevamente observamos que los equipos de turbina son los que presentan la mayor variabilidad. De la misma manera se observaron diferencias estadísticamente significativas para el FEF<sub>25-75</sub>, encontrando mayores diferencias en los espirómetros de volumen que en los espirómetros de flujo tipo turbina y los neumotacógrafos. No se observaron diferencias intra grupos. Las figuras 3 y 4 ilustran las diferencias observadas entre la jeringa calibrada de 3 L y los equipos analizados para la FVC y el FEV<sub>1</sub> respectivamente.

En la tabla 3 se presenta la diferencia observada entre la jeringa mecánica computarizada y cada uno de los equipos evaluados por cada una de las curvas de la ATS. Por problemas con

la jeringa computarizada no se pudieron evaluar las curvas de la ATS marcadas con los números 15 y 21, se presentan los resultados de las 22 curvas restantes. Podemos observar las diferencias registradas entre el valor teórico administrado por el pistón para cada curva estandarizada y el valor medido por el equipo. En general, los equipos probados tendieron a subestimar el volumen de los parámetros espirométricos estudiados a excepción de la FVC en el caso de los neumotacógrafos y espirómetros de flujo donde se apreció que este tipo de equipos sobre estiman el valor de dicho parámetro. En la tabla 4 se presenta un análisis de dichas diferencias de acuerdo al tipo de espirómetro. Podemos observar que los espirómetros de selle en seco registran valores más cercanos a los teóricos en comparación con los neumotacógrafos o los espirómetros de flujo dotados de una turbina. Las diferencias se observan principalmente entre los espirómetros de turbina y el resto de los equipos, es decir, en este tipo de espirómetros se registran desviaciones mayores en relación con los valores teóricos que con los otros equipos analizados. Las figuras 5 y 6 ilustran las diferencias en FVC y FEV<sub>1</sub> entre los tipos de espirómetro estudiados y el pistón computarizado, donde se aprecia la mayor variabilidad que se registra en los equipos dotados con una turbina. Las tablas 5 y 6 presentan el número de errores observados para cada parámetro espirométrico al utilizar el pistón con simulador de flujos. Se observa que los espirómetros de volumen registraron en conjunto el menor número total de errores. En la tabla 7 se presenta la calificación de desempeño de acuerdo al número máximo de errores permitido para considerar como adecuado el desempeño del equipo. En este caso se empleó como punto de corte un máximo de 8 errores en total (17). Cinco de los nueve equipos de volumen (55%) cumplieron con el estándar de desempeño, en comparación ninguno de los equipos de flujo, ya sea de turbina o neumotacógrafo se ajustó al criterio de desempeño ( $p > 0.05 \chi^2$ ).

## DISCUSIÓN

En el presente estudio encontramos mayor variabilidad en la medición de la FVC, FEV<sub>1</sub> y FEF<sub>25-75</sub> con el empleo de espirómetros de turbina al probar dos sistemas de calibración diferentes. Es probable que algunas de las diferencias encontradas estén en relación con la técnica que emplea cada tipo de espirómetro para el cálculo de las variables medidas.

En las tablas 2 y 4 se expresan las diferencias observadas para los parámetros espirométricos entre los distintos equipos analizados. La tabla 2 muestra las diferencias observadas al emplear el sistema tradicional de calibración con una jeringa de 3L, mientras que la tabla 4 muestra las diferencias observadas al emplear el sistema de simulador de flujos de la ATS. Estas diferencias incluyen principalmente al FEV<sub>1</sub> y FEF<sub>25-75</sub> en el caso de los equipos de turbina. Sin embargo los equipos volumétricos mostraron algunas fallas durante la calibración con jeringa de 3L. Tal fue el caso del FEF<sub>25-75</sub> cuya variabilidad fue de aproximadamente 690 ml/seg, mientras que los equipos de turbina mostraron una variabilidad intermedia para el mismo parámetro 120 ml/seg, obteniéndose la menor variabilidad con los equipos dotados de neumotacógrafo, 22 ml/seg. Es probable que esta diferencia se deba a problemas técnicos de los equipos volumétricos para integrar los flujos. Una de las ventajas de los espirómetros de flujo además de su portabilidad es su mayor exactitud al medir los flujos de manera directa en contraste con los espirómetros de volumen que deben realizar una diferencial del volumen para derivar el flujo (24). Una segunda ventaja de los espirómetros de flujo es su capacidad para medir flujos en condiciones BTPS en los equipos dotados de un sensor precalentado, o bien el flujo es determinado antes de que el sensor se enfríe (24), lo anterior podría ser la razón por la cual los espirómetros de turbina presentan una variabilidad intermedia entre los neumotacógrafos y los espirómetros de volumen. Los espirómetros volumétricos presentan algunas dificultades para la medición de los volúmenes pulmonares a condiciones verdaderas de BTPS. El aire expirado es enfriado inmediatamente al entrar al sistema, sin embargo este enfriamiento no es completo hasta alcanzar los niveles del aire ambiente. El error de medición dependerá del sitio de colocación y el tiempo de respuesta del termómetro integrado al sistema (24). Para reducir las posibles diferencias derivadas de la corrección a condiciones BTPS, todos los espirómetros fueron estudiados en condiciones de nivel del mar y a 37 °C.

Cuando se califica el desempeño de los espirómetros de acuerdo al sistema de calibración empleado se observa que con la jeringa convencional solamente uno de los equipos volumétricos mostró una variabilidad mayor al 3% permitido, mientras de 4 de los equipos de turbina (%) no cumplieron con este requisito ( $p=0.001 X^2$ ). Cuando los equipos fueron estudiados con el sistema de simulador de flujos estandarizados se observó que los equipos espirómetros de flujo, tanto neumotacógrafos como espirómetros de turbina no cumplieron con los requerimientos mínimos de desempeño exigidos por la ATS.

Se observó cómo el método tradicional de calibración con una jeringa de 3 L es capaz de detectar diferencias entre los tres sistemas de medición, siendo mayores dichas diferencias en los equipos dotados con una turbina. Cuando se comparan las diferencias entre las lecturas registradas por cada equipo con el sistema simulador de flujos, notamos una mayor sensibilidad para discriminar entre valores más pequeños, persistiendo los equipos de turbina con mayor variabilidad en el registro de los parámetros espirométricos estudiados. En las tablas 2 y 4 se aprecia que la diferencia observadas entre la Jeringa con lectura electrónica Jones y los equipos evaluados (tabla 2), así como entre el sistema computarizado con simulador de flujos y los equipos estudiados (Tabla 3). Por ambos métodos se observa mayor variabilidad en los equipos de turbina, especialmente para los parámetros de FEV1 y FEF25-75

Lo anterior es un hecho relevante dado que la conducta habitual es la calibración con la jeringa de 3L, asumiéndose el correcto desempeño de los equipos una vez que se completa la calibración de manera satisfactoria. El uso de la jeringa calibrada de 3L evalúa el desempeño de los equipos a ese determinado volumen. La ATS sugiere la calibración a diferentes flujos para confirmar una correcta linealidad en el desempeño de los equipos (8). Sin embargo, esta conducta puede conducir a errores de interpretación dado que si los resultados del presente estudio son correctos, muchos equipos que superan la prueba de calibración tradicional, fueron descalificados durante una prueba más extensa con diferentes volúmenes y flujos.

Una posibilidad es que el sistema de la jeringa mecánica computarizada presentara errores de medición en cada uno de los intentos realizados. A este respecto evaluamos la variabilidad del sistema mecánico observando que para cada una de las curvas utilizadas el sistema de

bomba mecánica varió menos de 1%, por lo que puede considerarse como un sistema razonablemente exacto, tal como lo propone la ATS (24).

## CONCLUSIONES

- Los espirómetros de flujo de tipo turbina presentan variabilidad mayor a la permitida cuando son calibrados por medio de un método estándar empleando una jeringa de 3L, mientras que los espirómetros volumétricos y los de flujo dotados de un neumotacógrafo se desempeñan adecuadamente mediante este procedimiento. Esta variabilidad es mayor para el  $FEV_1$  y el  $FEF_{25-75}$ .

Flow spirometers showed greater variability beyond that accepted by ATS standards when were calibrated with a 3 L syringe

- Al emplear un método más preciso como es el pistón computarizado a diferentes flujos y volúmenes previamente establecidos, se observó nuevamente que los equipos de turbina muestran mayor variabilidad, esta vez para los tres parámetros espirométricos estudiados: FVC,  $FEV_1$  y  $FEF_{25-75}$ .

The use of a computerized mechanical pump with flow volume simulator again showed greater variability among flow spirometers

- Los equipos de flujo independientemente del método que utilicen para derivar los volúmenes no se ajustan al mínimo de errores permitidos cuando se calibran con el pistón computarizado
- Los espirómetros de volumen resultaron los equipos con mejor desempeño por los 2 métodos de calibración empleados en el presente estudio.
- El pistón computarizado con simulador de flujos puede representar un método más preciso de control de calidad, superior al uso de la jeringa calibrada de 3L.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Crapo R. Pulmonary Function testing. *New England Journal of Medicine*. 1994; 331 (1): 25-30.
2. Beckleke M. White N. Sources of variation in spirometric measurements. Identifying the signal and dealing with noise. *Occupational Medicine*. 1993; 8 (2): 241-264
3. Künzli U, Ackermann-Lieblich U, Keller R, Perruchoud AP, Schlinder C, SAPALDIA team. Variability of FVC and FEV<sub>1</sub> due to technician, team, device and subject in an eight-centre study: three quality control studies in SAPALDIA. *Eur. Respir J*, 1995;8:371-76.
4. Burge PS. Calibrating the calibrators. *Thorax*, 1996;51:969. Carta al editor.
5. Linn WS, Solomon JC, Gong H, Avol EL, Navid WC, Peters JM. Standardization of multiple spirometers at widely separated times and places. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 1996;153:1309-13.
6. Enright PL, Johnson LR, Connett JE, Voelker H, Buist S. Spirometry in the lung health study I. Methods and quality control. *Am. Rev Respir. Dis*. 1991; 143:1215-23.
7. Hulley SB, Cummings SR. *Designing Clinical Research*. Williams & Wilkins Baltimore MD. 1988.
8. American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1994 update. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 1995;152:1107-36.
9. Hankinson JL, Viola JO. Dynamic BTPS correction factors. *J Appl Physiol* 1983; 55:1354-60.
10. Hankinson JL, Castellan RM, Kinsley KB, Keimig DG. Effects of spirometer temperature on FEV<sub>1</sub> shift changes. *J. Occup. Med*. 1986; 28:1222-1225.
11. Gardner RM, Clausen JL, Crapo RO, Epler GR, Hankinson RL, Johnson RL, Plummer AL. Quality assurance in pulmonary function laboratories. *Am. Rev. Respir. Dis*. 1986;134:626-27.
12. Hankinson JL, Gardner RM. Standard waveforms for Spirometer Testing. *Am rev Respir Dis* 1982; 126:362-364.
13. Perks WH, Sopwith T, Brown D, Jones CH, Green M. Effect of temperature on Vitalograph spirometer readings. *Thorax* 1983; 38:592-4.

14. Tager IB, Segal MR, Speizer FE, Weiss ST. The natural history of forced expiratory volumes. Effect of cigarette smoking and respiratory symptoms. *Am Rev. Respir Dis.* 1988; 138:837-849.
15. Sorlie PD, Kannel WB, O'Connor G. Mortality associated with respiratory function and symptoms in advanced age: The Framingham study. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1989;140:379-84.
16. Hankinson JL, Gardner RM. Standard waveforms for spirometer testing. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126: 362-64.
17. Nelson SB, Gardner RM, Crapo RO, Jansen RL. Performance evaluation of contemporary spirometers. *Chest* 1990; 97: 288-97.
18. Secretaría de Salud. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER). Informe de Labores 1998. Pag. 62.
19. Justino Regalado-Pineda, Margarita Rojas, Rogelio Pérez-Padilla. Variaciones en la calibración y desempeño de dos espirómetros diferentes para la medición de la FVC y FEV1 en un estudio epidemiológico. En Memorias de la LXXXVI reunión reglamentaria de la Asociación de Investigación Pediátrica (AIP), Junio 1998; 93-99.
20. Echeverría Arjonilla JC, González Camarena R, Carrasco Sosa S. Sistema Controlado por computadora para la simulación de curvas de volumen. *Rev Mex Ing. Biomed* 1994; 15:128-135.
21. American Thoracic Society. Lung Function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am rev Respir Dis* 1991; 144:1202-18.
22. Johnson RL, Enright PL, Voelker HT, Tashkin DP. Volume spirometers need automated internal temperature sensors. *Am J. Respir Crit. Care Med.* 1994; 150:1575-80.
23. Roca et al. Prediction equation for forced spirometry from European origin population. *European Respir J.* 1998; Buscar datos faltantes.
24. Hankinson JL. Instrumentation for spirometry. *Occupational Medicine* 1993; 8:397-407
25. ATS Statement. Snowbird workshop on standardization of spirometry. *Am Rev Respir Dis* 1979; 119:831-837.



Tabla 1. Diferencias encontradas entre la jeringa calibrada de 3L y cada uno de los equipos probados §. Promedio (DE)

Número de equipo	Tipo de equipo	$\Delta$ FVC ml	$\Delta$ FEV <sub>1</sub> ml	$\Delta$ FEF <sub>25-75</sub> L*seg <sup>-1</sup>
1	Selle en seco	18.33 (38.20)	12.14 (31.89)	0.003 (3.38)
2	Selle en seco	0.00 (9.71)	-2.84 (10.70)	-1.42 (0.35)
3	Selle en seco	-129.23 (15.70)†	-88.12 (13.24)	-0.53 (0.19)
4	Selle en seco	-76.10 (35.16)	-75.80 (33.90)	-1.70 (0.36)
5	Selle en seco	22.91 (10.41)	13.54 (6.88)	-0.5 (0.36)
6	Selle en seco	-32.10 (25.85)	-36.93 (15.0)	-1.20 (0.70)
7	Selle en seco	4.58 (35.83)	-10.12 (32.23)	-0.48 (0.23)
8	Selle en seco	-33.95 (12.80)	-132.14 (310.20)	-0.18 (0.17)
9	Selle en seco	-90.0 (31.62)	-167.0 (224.50)	-0.29 (0.36)
10	Neumotacógrafo	-18.33 (115.30)	42.4 (88.43)	0.05 (0.19)
11	Neumotacógrafo	-63.0 (18.29)	-32.0 (33.92)	0.092 (0.03)
13	Flujo tipo turbina	568.0 (83.24)†	-412.0 (158.87)	
14	Flujo tipo turbina	134.0 (188.34)†	-13.0 (109.55)	-0.50 (0.29)
15	Flujo tipo turbina	-7.0 (25.0)	-18.0 (64.43)	0.023 (0.044)
16	Flujo tipo turbina	-26.0 (29.14)	-69 (125.64)	-0.36 (0.13)
17	Flujo tipo turbina	-40.0 (41.90)	24.0 (71.74)	0.07 (0.18)
18	Flujo tipo turbina	-206.0 (256.0)†	-146 (128.86)	-0.46 (1.12)
19	Flujo tipo turbina	-44.0 (24.13)	-87.0 (158.75)	0.008 (0.07)
20	Flujo tipo turbina	96.0 (252.9)†	-49.0 (243.7)	0.35 (0.75)

§ Los equipos 12, 21 y 22 (flujo, tipo turbina) no fueron estudiados

† No cumple con el criterio de variabilidad < 3%

No se encontraron diferencias en la proporción de espirómetros con fallas en la calibración cuando se analizaron los datos por tipo de equipo (selle en seco, neumotacógrafo o turbina)

Tabla 2. Diferencia entre la jeringa calibrada de 3 L y el tipo de equipo probado

Diferencia Jeringa Jones-Equipo	Selle en Seco	Neumotacógrafo	Flujo, tipo turbina
$\Delta$ FVC en ml	35.25 (56.30)	-40.67 (83.55)	-82.63 (251.6)
$\Delta$ FEV <sub>1</sub> en ml	-55.50 (134.78)	5.20 (75.54)	-96.30 (190.50) *
$\Delta$ FEF <sub>25-75</sub>	-0.69 (1.27)	-0.022 (0.15)	-0.12 (0.59)§

\*p < 0.05 por ANOVA de una vía, diferencia entre grupos.

§p < 0.001 por ANOVA de una vía, diferencia entre grupos.

TABLA 3. Diferencia en litros entre el pistón computarizado y cada equipo para 22 curvas de la ATS

Curva	Valores estándar ATS			Equipo1			Equipo2			Equipo3		
	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	-0.050	-0.052	-0.030	-0.060	-0.042	-0.030	0.160	0.128	0.100
2	4.999	4.574	5.683	-0.039	-0.044	-0.003	-0.049	-0.054	-0.023	0.171	0.186	0.237
3	3.498	1.188	0.644	-0.138	-0.028	0.016	-0.168	-0.028	0.016	-0.068	0.032	0.056
4	1.498	1.371	1.704	-0.068	-0.071	-0.094	-0.078	-0.061	-0.044	-0.018	0.009	-0.044
5	5.132	3.868	3.209	-0.042	-0.078	-0.069	-0.132	-0.078	0.021	0.188	0.102	0.041
6	4.011	3.027	2.572	-0.061	-0.057	-0.072	-0.061	-0.057	0.028	0.009	0.063	0.178
7	3.169	2.519	2.368	-0.049	-0.059	-0.068	-0.069	-0.069	-0.048	0.041	0.051	0.062
8	1.993	1.615	1.857	-0.063	-0.055	-0.087	-0.093	-0.075	-0.027	-0.023	0.025	0.243
9	4.854	3.772	3.365	-0.054	-0.072	-0.055	-0.084	-0.072	-0.065	0.106	0.098	0.175
10	3.843	3.031	2.899	-0.063	-0.061	-0.089	-0.083	-0.031	-0.019	-0.023	0.099	0.271
11	2.735	1.811	1.272	-0.075	-0.061	-0.032	-0.105	-0.071	-0.022	0.005	0.059	0.148
12	2.002	1.621	1.780	-0.072	-0.061	-0.050	-0.102	-0.071	-0.030	-0.022	0.039	0.370
13	4.896	3.834	3.677	-0.046	-0.054	-3.017	-0.066	-0.054	-3.017	0.114	0.106	-3.367
14	3.786	3.053	3.122	0.134	-0.093	-0.632	0.094	-0.103	-0.532	0.254	0.027	-0.422
16	5.458	3.896	2.892	-0.028	-0.046	-0.032	-0.068	-0.066	-0.072	0.102	0.124	0.158
17	5.833	2.597	1.153	-0.043	-0.057	-0.023	-0.223	-0.077	0.017	0.037	0.123	0.147
18	4.343	3.155	2.335	-0.043	-0.055	-0.045	-0.093	-0.065	-0.035	0.007	0.165	0.165
19	3.935	2.512	1.137	0.035	0.008	0.013	-0.155	-0.062	0.093	-0.085	0.088	0.293
20	2.881	2.563	2.695	-0.001	-0.003	0.015	-0.091	-0.083	-0.075	0.049	0.057	0.005
22	3.857	2.813	2.204	-0.017	0.017	0.026	-0.147	-0.093	0.006	0.053	0.057	0.066
23	3.419	1.360	0.531	0.021	-0.020	-0.011	-0.129	-0.070	-0.031	0.021	0.000	-0.001
24	1.237	0.922	0.709	-0.017	-0.032	-0.049	-0.087	-0.062	-0.039	-0.007	-0.022	-0.029

Continua Tabla 3

Curva	Valores estándar ATS			Equipo4			Equipo5			Equipo6		
	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	0.220	0.108	0.000	0.000	-0.042	-0.090	0.070	0.008	0.020
2	4.999	4.574	5.683	0.151	0.116	0.137	-0.009	-0.044	-0.113	0.061	0.056	0.067
3	3.498	1.188	0.644	0.042	0.022	0.026	-0.058	-0.018	0.006	-0.028	-0.008	0.016
4	1.498	1.371	1.704	-0.008	-0.011	0.026	-0.038	-0.031	-0.044	-0.048	-0.041	-0.014
5	5.132	3.868	3.209	0.128	0.062	0.021	-0.022	-0.068	-0.119	0.018	-0.008	-0.029
6	4.011	3.027	2.572	0.069	0.053	0.008	-0.071	-0.067	-0.082	-0.001	-0.027	-0.052
7	3.169	2.519	2.368	0.011	-0.009	-0.028	-0.049	-0.059	-0.058	-0.009	-0.019	-0.048
8	1.993	1.615	1.857	-0.003	-0.005	-0.047	-0.053	-0.055	-0.077	-0.023	-0.045	-0.097
9	4.854	3.772	3.365	0.076	0.038	-0.035	-0.064	-0.062	-0.065	0.026	-0.012	-0.045
10	3.843	3.031	2.899	0.047	0.039	0.021	-0.043	-0.031	-0.029	-0.003	-0.021	-0.079
11	2.735	1.811	1.272	0.025	-0.001	-0.012	-0.055	-0.061	-0.062	-0.015	-0.041	-0.062
12	2.002	1.621	1.780	0.008	-0.001	0.000	-0.042	-0.041	5.960	-0.022	-0.041	-0.070
13	4.896	3.834	3.677	0.084	0.056	-3.007	-0.026	-0.064	-3.037	0.024	-0.004	-3.017
14	3.786	3.053	3.122	0.244	-0.013	-0.542	0.134	-0.093	-0.602	0.204	-0.043	-0.582
16	5.458	3.896	2.892	0.062	0.014	0.008	0.002	-0.056	-0.092	0.022	-0.	-0.022
17	5.833	2.597	1.153	0.177	0.023	-0.033	-0.003	-0.057	-0.063	0.027	-0.037	-0.003
18	4.343	3.155	2.335	0.077	0.055	0.025	-0.053	-0.055	-0.045	0.017	-0.005	-0.015
19	3.935	2.512	1.137	0.055	0.018	-0.007	-0.055	-0.052	-0.047	0.005	-0.022	-0.007
20	2.881	2.563	2.695	0.019	0.017	0.035	-0.061	-0.063	-0.065	-0.011	-0.033	-0.095
22	3.857	2.813	2.204	0.043	0.017	0.006	-0.077	-0.073	-0.064	-0.017	-0.033	-0.034
23	3.419	1.360	0.531	0.041	0.000	-0.001	-0.059	-0.050	-0.021	0.001	-0.030	-0.011
24	1.237	0.922	0.709	-0.017	-0.022	-0.029	-0.067	-0.062	-0.049	-0.047	-0.042	-0.039

Continua Tabla 3

Curva	Valores estándar ATS			Equipo7			Equipo8			Equipo9		
	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	0.100	0.118	0.010	0.060	0.028	-0.010	-0.300	-0.242	-0.220
2	4.999	4.574	5.683	0.001	-0.004	0.037	0.001	-0.014	0.007	-0.019	-0.234	-0.203
3	3.498	1.188	0.644	0.002	0.012	0.016	-0.038	-0.008	0.006	0.002	0.032	0.056
4	1.498	1.371	1.704	-0.038	-0.021	-0.004	-0.038	-0.031	-0.014	1.002	-0.071	-1.204
5	5.132	3.868	3.209	0.038	0.002	0.011	-0.002	-0.028	-0.039	0.028	-0.378	0.001
6	4.011	3.027	2.572	0.029	0.013	0.008	-0.011	-0.017	-0.062	0.009	0.013	-0.022
7	3.169	2.519	2.368	0.011	-0.009	-0.018	-0.019	-0.029	-0.058	-0.029	0.011	0.002
8	1.993	1.615	1.857	-0.023	-0.025	-0.027	-0.033	-0.045	-0.097	-0.003	0.015	0.013
9	4.854	3.772	3.365	0.046	0.018	-0.025	-0.004	-0.032	-0.065	0.016	0.018	-0.025
10	3.843	3.031	2.899	0.027	0.019	0.001	-0.023	-0.021	-0.039	-0.013	0.029	-0.029
11	2.735	1.811	1.272	-0.005	-0.011	-0.012	-0.025	-0.051	-0.032	0.015	0.029	-0.002
12	2.002	1.621	1.780	-0.012	-0.021	-0.020	-0.032	-0.051	-0.080	-0.002	-0.011	-0.010
13	4.896	3.834	3.677	0.054	0.036	-3.017	0.004	-0.014	-3.027	-0.036	-0.014	-3.047
14	3.786	3.053	3.122	0.244	-0.013	-0.502	0.194	-0.053	-0.572	-0.016	0.007	-0.012
16	5.458	3.896	2.892	0.072	0.044	0.018	0.032	0.004	-0.002	-0.018	-0.026	-0.022
17	5.833	2.597	1.153	0.097	0.003	-0.023	0.057	-0.017	-0.013	-0.023	-0.037	0.007
18	4.343	3.155	2.335	-0.013	0.025	0.035	0.007	-0.015	-0.005	0.007	0.015	0.015
19	3.935	2.512	1.137	0.025	-0.002	0.003	-0.015	-0.042	-0.057	0.005	-0.012	-0.017
20	2.881	2.563	2.695	-0.011	-0.013	-0.015	-0.021	-0.033	-0.015	0.009	-0.043	0.005
22	3.857	2.813	2.204	0.003	-0.003	-0.004	-0.017	-0.033	-0.044	0.013	0.067	0.016
23	3.419	1.360	0.531	0.011	-0.020	-0.011	-0.019	-0.050	-0.011	0.001	-0.030	-0.001
24	1.237	0.922	0.709	-0.017	-0.032	-0.009	-0.047	-0.042	-0.029	-0.087	0.008	0.011

Continua Tabla 3

Valores estándar ATS			Equipo10			Equipo11			Equipo12			
Curva	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	0.150	0.138	0.050	0.050	-0.092	-0.140	0.020	-0.182	-0.410
2	4.999	4.574	5.683	0.121	0.096	0.057	-0.109	-0.124	-0.143	-0.039	-1.254	-0.683
3	3.498	1.188	0.644	-0.028	-0.018	0.006	-0.148	-0.068	0.056	-0.058	0.012	-0.014
4	1.498	1.371	1.704	-0.028	-0.201	-1.054	-0.128	-0.121	-0.114	-0.018	-0.021	0.006
5	5.132	3.868	3.209	0.208	0.112	-0.029	0.238	-0.188	-0.939	-0.012	0.012	0.011
6	4.011	3.027	2.572	0.009	-0.037	-0.122	0.099	-0.147	-0.742	0.169	-0.227	0.018
7	3.169	2.519	2.368	0.011	-0.029	-0.038	-0.029	-0.099	-0.228	0.031	-0.069	-0.468
8	1.993	1.615	1.857	-0.053	-0.055	-0.167	0.007	-0.135	-0.677	0.307	-0.055	-0.957
9	4.854	3.772	3.365	0.086	0.058	0.005	0.106	-0.172	-0.725	0.386	-0.202	-1.265
10	3.843	3.031	2.899	0.007	-0.011	-0.049	0.067	-0.161	-0.649	0.167	-0.281	-0.979
11	2.735	1.811	1.272	0.015	-0.011	-0.022	-0.085	-0.181	-0.222	0.405	-0.061	-0.322
12	2.002	1.621	1.780	-0.052	-0.051	-0.080	-0.012	-0.131	-0.730	0.238	0.019	-0.630
13	4.896	3.834	3.677	0.054	0.026	-3.027	-0.006	-0.164	-2.977	0.104	-0.384	-3.047
14	3.786	3.053	3.122	0.244	0.007	-0.442	0.204	0.787	-1.132	0.214	-0.053	-1.622
16	5.458	3.896	2.892	0.142	0.104	0.028	-0.088	-0.126	-0.072	0.192	-0.106	-0.202
17	5.833	2.597	1.153	0.107	0.033	-0.013	0.577	-0.127	-0.273	0.997	-0.057	0.047
18	4.343	3.155	2.335	0.117	0.055	0.035	0.047	-0.175	-0.295	0.297	-0.055	-0.335
19	3.935	2.512	1.137	0.065	-0.012	-0.017	0.215	-0.162	-0.367	0.265	-0.112	-0.437
20	2.881	2.563	2.695	0.039	0.027	0.075	-0.101	-0.133	-0.135	0.089	-0.113	-0.385
22	3.857	2.813	2.204	0.043	-0.003	-0.004	0.023	-0.173	-0.474	0.623	-0.053	-1.054
23	3.419	1.360	0.531	0.001	-0.020	0.059	0.131	-0.110	0.029	0.143	0.038	-0.049
24	1.237	0.922	0.709	-0.087	-0.082	-0.089	-0.047	-0.122	-0.149	1.380	0.960	0.660

Continua Tabla 3

Valores estándar ATS				Equipo13			Equipo14				Equipo15	
Curva	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	0.240	0.258	0.190	-0.090	-0.382	-0.580	-0.980	-0.822	-0.760
2	4.999	4.574	5.683	0.331	0.346	0.517	-0.189	-0.424	-1.193	-0.709	-0.744	-1.183
3	3.498	1.188	0.644	0.012	0.012	0.056	0.142	-0.108	-0.004	-0.218	-0.078	-0.134
4	1.498	1.371	1.704	-0.008	-0.011	-0.004	0.032	-0.041	-0.334	-0.228	-0.281	-0.564
5	5.132	3.868	3.209	0.208	0.202	0.291	0.178	-0.418	-1.369	-0.602	-0.738	-1.119
6	4.011	3.027	2.572	0.049	0.113	0.328	0.199	-0.547	-1.502	-0.491	-0.617	-1.092
7	3.169	2.519	2.368	0.081	0.081	0.132	0.061	-0.289	-0.768	-0.429	-0.479	-0.598
8	1.993	1.615	1.857	-0.003	-0.005	-0.057	0.197	-0.115	-0.967	-0.153	-0.295	-1.007
9	4.854	3.772	3.365	0.216	0.218	0.335	-0.024	-0.392	-1.095	-0.584	-0.672	-1.205
10	3.843	3.031	2.899	0.057	0.119	0.101	0.157	-0.181	-1.019	-0.503	-0.101	-0.899
11	2.735	1.811	1.272	-0.005	0.009	0.028	0.365	-0.131	-0.432	-0.275	-0.311	-0.312
12	2.002	1.621	1.780	-0.022	-0.011	0.020	0.178	-0.091	-1.010	-0.042	-0.301	-0.740
13	4.896	3.834	3.677	0.174	0.206	-2.977	0.064	-0.634	-3.067	-0.676	-0.734	-3.167
14	3.786	3.053	3.122	0.284	0.087	-0.322	0.314	-0.473	-1.642	-0.216	-0.623	-1.802
16	5.458	3.896	2.892	0.242	0.224	0.208	0.022	-0.416	-0.582	-0.798	-0.736	-0.722
17	5.833	2.597	1.153	-0.023	0.063	0.047	1.047	-0.297	-0.433	-0.373	-0.497	-0.403
18	4.343	3.155	2.335	0.167	0.165	0.165	0.217	-0.275	-0.655	-0.513	-0.545	-0.595
19	3.935	2.512	1.137	0.105	0.088	0.063	0.065	-0.192	-0.337	-0.415	-0.492	-0.327
20	2.881	2.563	2.695	0.069	0.067	0.105	-0.001	-0.183	-0.485	-0.501	-0.523	-0.685
22	3.857	2.813	2.204	0.073	0.117	0.196	0.403	-0.313	-1.224	-0.447	-0.513	-0.784
23	3.419	1.360	0.531	-0.019	-0.010	-0.031	0.591	-0.080	0.019	-0.079	-0.270	-0.081
24	1.237	0.922	0.709	-0.017	-0.032	-0.009	0.243	-0.022	-0.169	-0.127	-0.142	-0.199

Continua Tabla 3

Valores estándar ATS			Equipo16			Equipo17			Equipo18			
Curva	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	-0.120	-0.312	-0.400	-0.270	-0.512	-0.710	-0.080	-0.042	-0.110
2	4.999	4.574	5.683	-0.179	-0.264	-0.623	-0.299	-0.494	-0.973	-0.289	-0.234	-0.083
3	3.498	1.188	0.644	0.062	0.072	-0.054	0.192	-0.128	-0.094	-0.128	-0.038	-0.044
4	1.498	1.371	1.704	-0.058	-0.111	-0.334	0.002	-0.131	-0.504	-0.078	-0.071	-0.004
5	5.132	3.868	3.209	0.058	-0.258	-0.789	0.168	-0.428	-1.459	-0.042	-0.018	0.091
6	4.011	3.027	2.572	0.009	-0.217	-0.862	0.169	-0.367	-1.352	-0.041	-0.007	0.028
7	3.169	2.519	2.368	-0.049	-0.199	-0.498	-0.019	-0.249	-0.638	-0.039	-0.029	-0.068
8	1.993	1.615	1.857	0.017	-0.115	-0.627	0.177	-0.145	-1.117	-0.013	-0.045	-0.157
9	4.854	3.772	3.365	-0.054	-0.212	-0.745	0.006	-0.412	-1.205	-0.064	-0.032	-0.065
10	3.843	3.031	2.899	0.027	-0.241	-0.739	-0.063	-0.291	-1.199	0.027	-0.001	0.001
11	2.735	1.811	1.272	0.105	-0.081	-0.262	0.235	-0.181	-0.432	-0.055	-0.071	0.428
12	2.002	1.621	1.780	0.008	-0.121	-0.580	0.088	-0.101	-0.810	-0.052	-0.071	-0.080
13	4.896	3.834	3.677	-0.076	-0.304	-3.107	-0.016	-0.394	-3.127	-0.026	-0.004	-3.077
14	3.786	3.053	3.122	0.164	-0.243	-1.312	0.374	-0.363	-1.922	0.074	-0.093	-0.522
16	5.458	3.896	2.892	-0.198	-0.286	-0.302	-0.088	-0.406	-0.672	-0.018	-0.006	0.008
17	5.833	2.597	1.153	0.437	-0.227	-0.363	0.507	-0.327	-0.533	-0.133	-0.027	0.047
18	4.343	3.155	2.335	0.047	-0.215	-0.435	0.127	-0.365	-0.685	-0.013	-0.015	-0.035
19	3.935	2.512	1.137	0.295	-0.192	-0.397	0.455	-0.312	-0.497	-0.025	-0.022	-0.037
20	2.881	2.563	2.695	-0.091	-0.163	-0.315	-0.011	-0.263	-0.685	-0.061	-0.073	-0.095
22	3.857	2.813	2.204	0.043	-0.083	-0.004	0.383	-0.003	-0.004	0.383	-0.303	-1.264
23	3.419	1.360	0.531	0.301	0.580	-0.031	0.481	0.000	-0.001	0.481	-0.120	-0.041
24	1.237	0.922	0.709	0.083	-0.092	-0.199	0.103	-0.002	-0.009	0.153	-0.072	-0.219



Continua Tabla 3

Valores estándar ATS				Equipo19			Equipo20				Equipo21	
Curva	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	-0.530	-0.372	-0.320	-0.570	-0.622	-0.760	-0.070	-0.432	-0.640
2	4.999	4.574	5.683	-0.479	-0.424	-0.533	-0.409	-0.594	-1.303	-0.209	-0.434	-0.843
3	3.498	1.188	0.644	-0.378	-0.108	-0.044	-0.028	-0.171	-0.544	0.412	-0.128	-0.114
4	1.498	1.371	1.704	-0.178	-0.161	-0.214	-0.038	-0.038	-0.124	0.042	-0.111	-0.594
5	5.132	3.868	3.209	-0.442	-0.338	-0.299	-0.172	-0.598	-1.349	0.438	-0.418	-1.729
6	4.011	3.027	2.572	-0.341	-0.267	0.038	0.069	-0.497	-1.562	0.449	-0.457	-1.592
7	3.169	2.519	2.368	-0.289	-0.229	-0.248	-0.149	-0.359	-0.788	0.111	-0.279	-0.918
8	1.993	1.615	1.857	-0.233	-0.185	-0.217	0.017	-0.185	-1.017	0.327	-0.155	-1.207
9	4.854	3.772	3.365	-0.444	-0.372	-0.375	-0.234	-0.532	-1.355	0.116	-0.472	-1.485
10	3.843	3.031	2.899	-0.343	-0.271	-0.339	-0.113	-0.471	-1.269	0.317	-0.381	-1.419
11	2.735	1.811	1.272	-0.255	-0.181	-0.162	0.095	-0.211	-0.452	0.415	-0.171	-0.552
12	2.002	1.621	1.780	-0.222	-0.191	-0.260	0.058	-0.221	-1.100	0.368	-0.131	-0.170
13	4.896	3.834	3.677	-0.466	-0.364	-3.077	-0.256	-0.564	-3.147	0.094	-0.654	-3.127
14	3.786	3.053	3.122	-0.166	-0.313	-0.842	0.074	-0.523	-1.812	0.624	-0.453	-2.142
16	5.458	3.896	2.892	-0.478	-0.336	-0.302	-0.398	-0.556	-0.692	0.012	-0.366	-0.582
17	5.833	2.597	1.153	-0.513	-0.257	-0.133	0.357	-0.407	-0.493	1.577	-0.277	-0.583
18	4.343	3.155	2.335	-0.383	-0.295	-0.245	-0.093	-0.475	-0.785	0.297	-0.305	-0.865
19	3.935	2.512	1.137	-0.375	-0.262	-0.157	0.065	-0.422	-0.477	0.935	-0.242	-0.607
20	2.881	2.563	2.695	-0.281	-0.253	-0.285	-0.101	-0.323	-0.685	0.039	-0.293	-0.745
22	3.857	2.813	2.204	-0.397	-0.293	-0.234	0.123	-0.403	-1.244	0.633	-0.263	-1.374
23	3.419	1.360	0.531	-0.289	-0.150	-0.061	0.241	-0.210	-0.091	0.661	-0.150	-0.051
24	1.237	0.922	0.709	-0.157	-0.122	-0.099	0.013	-0.082	-0.059	0.273	-0.062	-0.269

Continua Tabla 3

Curva	Valores estándar ATS			Equipo22		
	FVC	FEV <sub>1</sub>	FEF <sub>25-75</sub>	ΔFVC	ΔFEV <sub>1</sub>	Δ FEF <sub>25-75</sub>
1	6.000	4.262	3.410	-0.150	-0.452	-0.690
2	4.999	4.574	5.683	-0.239	-0.434	-0.923
3	3.498	1.188	0.644	0.282	-0.148	-0.104
4	1.498	1.371	1.704	0.002	-0.101	-0.424
5	5.132	3.868	3.209	0.408	-0.478	-1.759
6	4.011	3.027	2.572	0.419	-0.467	-1.592
7	3.169	2.519	2.368	0.071	-0.289	-0.798
8	1.993	1.615	1.857	0.257	-0.115	-1.127
9	4.854	3.772	3.365	0.036	-0.492	-1.425
10	3.843	3.031	2.899	0.227	-0.391	-1.399
11	2.735	1.811	1.272	0.395	-0.181	-0.482
12	2.002	1.621	1.780	0.328	-0.171	-1.190
13	4.896	3.834	3.677	0.024	-0.654	-3.147
14	3.786	3.053	3.122	0.594	-0.493	-2.122
16	5.458	3.896	2.892	-0.018	-0.426	-0.642
17	5.833	2.597	1.153	1.547	-0.237	-0.563
18	4.343	3.155	2.335	0.237	-0.335	-0.825
19	3.935	2.512	1.137	0.825	-0.282	-0.587
20	2.881	2.563	2.695	0.069	-0.263	-0.585
22	3.857	2.813	2.204	0.573	-0.253	-1.334
23	3.419	1.360	0.531	0.671	-0.230	-0.031
24	1.237	0.922	0.709	0.033	-0.122	-0.209

Tabla 4 Diferencia para los distintos parámetros espirométricos estudiados con el pistón computarizado, según el tipo de equipo. Mediana (rango)

	Selle en Seco	Neumotacógrafo	Flujo tipo turbina	p §
$\Delta$ FVC ml	-10.0 (-300.00, 1002.00)	31.00 (-148.00, 577.00)	25.50 (-980.00, 1577.00)	0.016
$\Delta$ FEV <sub>1</sub> ml	-21.00 (-378.00, 186.00)	-75.00 (-201.00, 787.00)	-219.00 (-1254.00, 580.00)	<0.001
$\Delta$ FEF <sub>25-75</sub> L*seg <sup>-1</sup>	-0.022 (-3.37, 5.96)	-0.13 (-3.03, 0.075)	-0.50 (-3.17, 0.517)	<0.001

§ valor de p en base a Prueba de Kruskal-Wallis para diferencias entre grupos. No se observaron diferencias intra equipos

Tabla 5. Número de errores observados durante la calibración con el pistón computarizado simulador de flujos \*

Id	Tipo de equipo	errorfvc	errorfev	errorfef	errortot
1	Selle en seco	4.000	2.000	4.000	10.000 *
2	Selle en seco	10.00	6.000	5.000	21.000 *
3	Selle en seco	2.000	4.000	11.000	17.000 *
4	Selle en seco	2.000	0.000	2.000	4.000
5	Selle en seco	2.000	2.000	4.000	8.000
6	Selle en seco	2.000	1.000	3.000	6.000
7.	Selle en seco	0.000	2.000	3.000	3.00
8	Selle en seco	2.000	2.000	2.000	6.000
9	Selle en seco	8.000	11.000	14.000	33.000 *
10	Neumotacógrafo	13.000	20.000	20.000	53.000 *
11	Neumotacógrafo	14.000	10.000	16.000	40.000 *
12	Flujo tipo turbina	3.000	4.000	4.000	11.000 *
13	Flujo tipo turbina	3.000	2.000	6.000	11.000 *
14	Flujo tipo turbina	9.000	19.000	17.000	45.000 *
15	Flujo tipo turbina	20.000	21.000	22.000	63.000 *
16	Flujo tipo turbina	9.000	21.000	21.000	51.000 *
17	Flujo tipo turbina	13.000	19.000	19.000	51.000 *
18	Flujo tipo turbina	6.000	7.000	8.000	21.000 *
19	Flujo tipo turbina	22.000	22.000	21.000	65.000 *
20	Flujo tipo turbina	9.000	21.000	22.000	52.000 *
21	Flujo tipo turbina	16.000	22.000	22.000	60.000 *
22	Flujo tipo turbina	14.000	22.000	22.000	58.000 *

\* Número máximo de errores permitidos=9. El error se consideró cuando el resultado de FVC o FEV1 varió más del 3.5% del valor administrado por el pistón. O bien más del 5.5% para el PEFR.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

**TABLA 6. Número de errores por tipo de espirómetro**

Tipo de Espirómetro	# Errores en FVC	# Errores FEV <sub>1</sub>	# Errores FEF2575	# Total de Errores
Selle en Seco	3	2	4	9*
Neumotacógrafo	6	10	11	28
Flujo tipo turbina	13	18	19	50

\*  $p < 0.005$  por ANOVA

**TABLA 7. Porcentaje de espirómetros que se consideran aceptables en base a menos de 9 errores en total al ser probados por el pistón.**

Tipo de Espirómetro	Porcentaje de equipos con adecuado control de calidad
Selle en Seco	5/9 *
Neumotacógrafo	0/2
Flujo tipo turbina	0/12

\*  $p < 0.05$  por Chi cuadrado

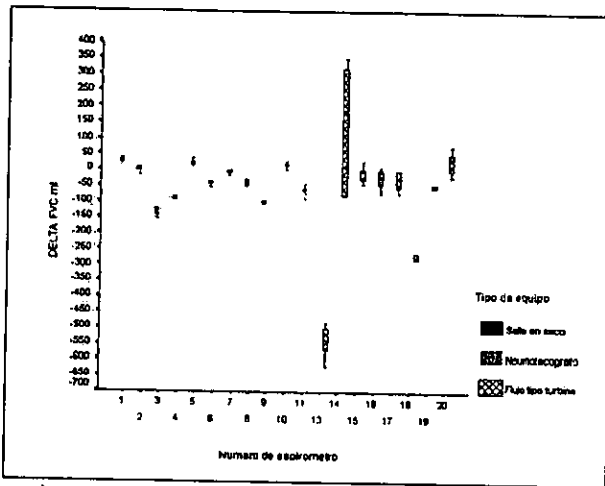


Figura 1. Diferencia entre la jeringa calibrada de 3L y cada uno de los equipos probados

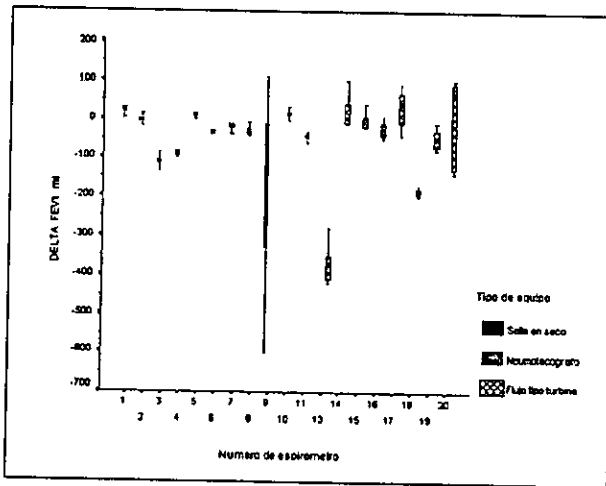


Figura 2. Diferencia entre la jeringa Calibrada de 3L y cada uno de los equipos

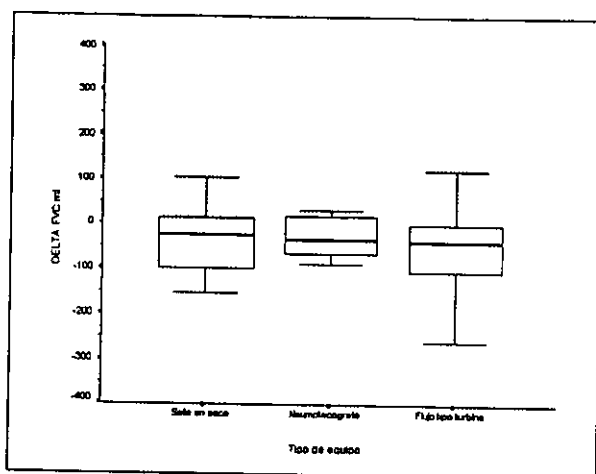


Figura 3 Diferencia en FVC (ml) entre la jeringa calibrada de 3L y tipo de equipo probado.

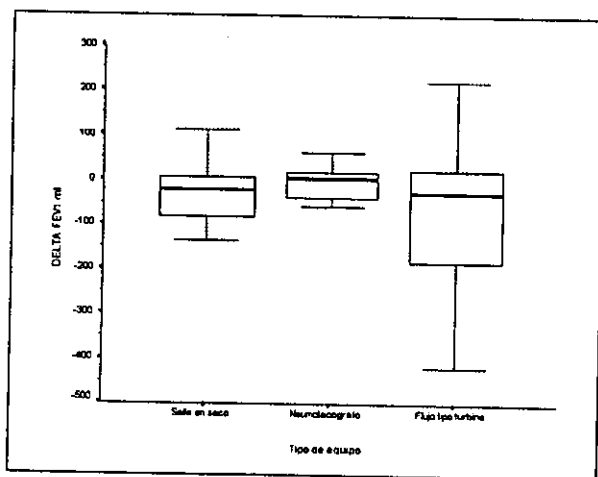


Figura 4. Diferencia en FEV<sub>1</sub> (ml) entre la jeringa calibrada de 3 L y el tipo de equipo probado.

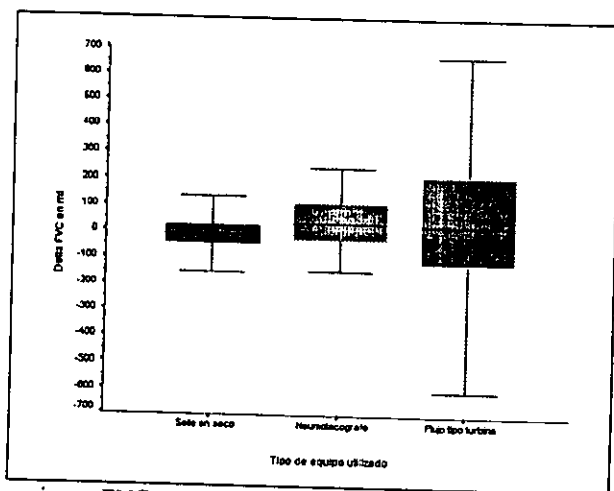


Figura 5. Diferencia en FVC entre el pistón computarizado y los espirómetros estudiados según el tipo de equipo.

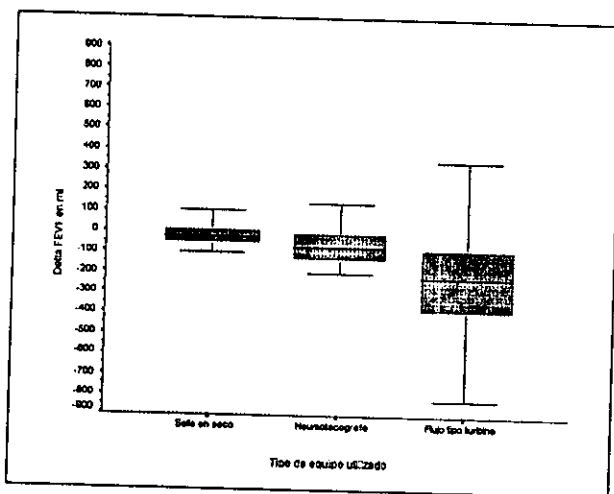


Figura 6. Diferencia en FEV<sub>1</sub> entre pistón computarizado y los espirómetros estudiados según el tipo de equipo.