



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESPIROMETRÍA COMO PRUEBA DE DIAGNÓSTICO

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico

Autor:

Darío Javier Aguirre Orellana

Director:

Germán Alfonso Zúñiga Cabrera.

Cuenca, Ecuador

2013

DEDICATORIA

Antes que a nadie quiero agradecer y dedicar a Dios el cumplimiento de esta meta ya que sin el nada de esto hubiera sido posible, a mi Santo_San Judas Tadeo ya que él ha sido mi compañero en toda esta vida estudiantil velando y cuidando por mí.

En segundo lugar quiero de dedicar a mis padres Rubén Aguirre Márquez, Rosario Orellana Vázquez, a mi hermano y mejor amigo Israel Aguirre Orellana ya que gracias a todo su apoyo desde el momento del curso y durante mi vida estudiantil, mediante su cariño y comprensión hicieron posible todo esto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Índice de Contenidos	iii
Índice de Figuras	v
Resumen	viii
Abstract.....	ix

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	----------

CAPITULO I: ESPIROMETRIA

1.1 Introducción al Aparato Respiratorio	3
1.2 Espirometria.....	10
1.2.1 Historia de la Espirometria.....	10
1.2.2 Introducción a la Espirometría.....	14
1.3 Como se realiza la prueba espirométrica.	24

CAPITULO II :TIPOS DE ESPIROMETROS

2.1 Espirómetros de Volumen	37
2.2 Espirómetros de Flujo (neumotacógrafos).....	37
2.1.1. Espirómetros de Campana.....	38
2.1.2 Espirómetros de Pistón.....	40
2.1.3. Espirómetros de Fuelle.....	42
2.2.1 Espirómetro Diferencial tipo Fleisch.	44

2.2.2 Espirómetro Diferencial tipo Lilly 45

2.3. Espirómetro de Turbina. 47

2.4 Espirómetro de Hilo Caliente. 50

2.5 Espirómetro de Ultrasonido 51

CAPITULO III: MANTENIMIENTO Y SELECCIÓN DE ESPIRÓMETROS

3.1 Mantenimiento y Calibración de Espirómetros. 54

3.2 Limpieza de Espirómetros 56

3.3 Indicaciones y Contraindicaciones 59

 3.3.1 Indicaciones..... 59

 3.3.2 Contraindicaciones 60

3.4 Requisitos para elección de un espirómetro. 60

3.4 Elección de Espirómetro 63

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 65

BIBLIOGRAFIA 67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura-1.1.1 -Partes del Sistema Respiratorio.....	3
Figura-1.1.2- Fases de la Respiración.	5
Figura-1.1.3- Partes de las Vías Respiratorias.....	6
Figura-1.1.4- Unidad Respiratoria.....	7
Figura-1.1.5 – Alveolo	8
Figura-1.1.6- Etapas de la Respiración.....	9
Figura-1.2.1- Pulmómetro de Kentish E.....	11
Figura-1.2.2- Espirómetro de Hutchinson.	12
Figura-1.2.3-Espirometro de Wintrich.	13
Figura-1.2.4 Espirometría Forzada.	16
Figura-1.2.5- Primeros Espirómetros.	17
Figura-1.2.6-Espirometros Modernos.....	18
Figura-1.2.7- Volúmenes de Espirometria.	18
Figura-1.2.8- Diagrama de Fletcher y Peto	22
Figura-1.3.1 Espacio habilitado para la práctica de espirometrías.	25
Figura-1.3.2.1 Boquillas y filtro desechables.	26
Figura-1.3.2.2 Jeringa de Calibración	26
Figura-1.3.3-Posturas del Paciente	30
Figura-1.3.4 Colocacion Pinza Nasal	30
Figura-1.3.5-Colocacion Boquilla	31
Figura-1.3.6- Curva volumen/tiempo con una duración adecuada (más de 6 segundos)....	33
Figura-1.3.7- Curva de volumen/tiempo con una duración incorrecta (menos de 6 segundos)	34

Figura-1.3.8-Episodios de tos en la curva volumen/tiempo durante el primer segundo	34
Figura-1.3.9- Episodios de tos en la curva flujo/volumen en la terminación de la prueba ..	35
Figura-1.3.10-Curva flujo/volumen sin ningún esfuerzo	36
Figura-1.3.11- Curva volumen/tiempo sin esfuerzo pero similar a la curva normal	36
Figura-2.1- Clasificación de Espirómetros (REF 2.1)	38
Figura-2.1.1-Espirómetro de Agua.....	39
Figura-2.1.2- Esquema de Espirómetro de Agua	39
Figura-2.2.1- Espirómetro de Pistón	41
Figura-2.2.2- Esquema Espirómetro de Pistón.....	41
Figura-2.3.1- Espirómetro de Fuelle Vitalograph	43
Figura-2.3.2- Esquema de Espirómetro de Fuelle	43
Figura-2.4.1- Espirómetro Tipo Fleisch Vitalograph.	44
Figura-2.4.2- Cabezal Espirómetro tipo Fleisch.....	45
Figura-2.4.3- Principio de Funcionamiento Espirómetro tipo fleisch.	45
Figura-2.5.1- Espirómetro tipo Lilly	46
Figura-2.5.2- Cabezal Espirómetro Lilly y Pitot	46
Figura-2.5.3- Principio de Funcionamiento Espirómetro tipo Lilly y Pitot.	46
Figura-2.6.1- Principio de Funcionamiento Espirómetro de Turbina	49
Figura-2.6.2- Cabezal Espirómetro de Turbina	49
Figura-2.6.3- Espirómetro de Turbina Cosmed Pony Graphics	49
Figura-2.7.1- Esquema de un Espirómetro de Hilo Caliente.....	51
Figura-2.7.2- Espirómetro de Hilo Caliente CMS.....	51
Figura-2.8.1- Principio de Funcionamiento Espirómetro de Ultrasonido	52
Figura-2.8.2- Espirómetro de Ultrasonido EASYONE	53
Figura-3.1.1- Conexión para Calibración	55

Figura-3.1.2- Jeringa de calibración de 3 litros	56
Figura-3.1.3- Jeringa de calibración de 1 litro.....	56



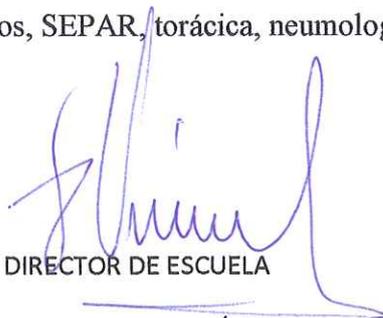
ESPIROMETRÍA COMO PRUEBA DE DIAGNÓSTICO

RESUMEN

Para recomendar que tipos de espirómetros serían los adecuados para distintos lugares de trabajo que existen como un hospital, ambulancia y hogar, y para conocer cómo se realiza la calibración y limpieza de un espirómetro, se realizó un estudio detallado acerca de Espirometría, se dio a conocer a los lectores en que consiste la prueba espirométrica, todos los parámetros que mide, así como también la forma correcta en la que se debe realizar la prueba siguiendo las normas establecidas por la SEPAR (sociedad española de neumología y cirugía torácica).

Se conoció la evolución de estos aparatos llamados espirómetros y se comparó con los actuales para ver el cambio que tuvo, se revisó todos los tipos de espirómetros que existen con sus ventajas y desventajas, además la forma de calibración y limpieza de cada uno de ellos.

Palabras clave: espirómetros, SEPAR, torácica, neumología, Espirometría, calibración.



DIRECTOR DE ESCUELA

INGENIERIA ELECTRÓNICA

Ing. Francisco Vásquez.



DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Ing. Germán Zúñiga



AUTOR

Darío Javier Aguirre Orellana



*Bohannan
26
270513*

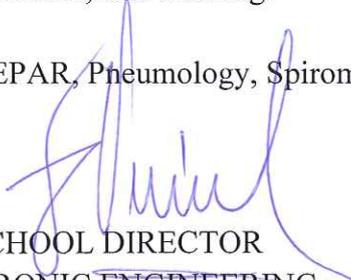
ABSTRACT

SPIROMETRY AS A DIAGNOSTIC TEST

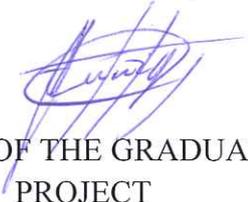
In order to recommend the adequate type of spirometer for different work places such as hospitals, ambulances, and homes, and to learn how to calibrate and clean a spirometer, a detailed study of Spirometry was carried out. The personnel in charge of reading the results were trained on the Spirometry test itself, on the parameters it measures, and on the correct way to perform the test by following the standards established by the SEPAR (Spanish Society for Pneumology and Thoracic Surgery).

The evolution of these devices known as Spirometers was studied and compared to the current ones in order to see the changes they have gone through. All the types of spirometers were analyzed with their advantages and disadvantages, their calibration, and cleaning.

Key Words: spirometers, SEPAR, Pneumology, Spirometry, calibration



SCHOOL DIRECTOR
ELECTRONIC ENGINEERING
Ing. Francisco Vasquez



DIRECTOR OF THE GRADUATION
PROJECT

Ing. German Zúñiga

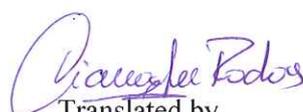


AUTHOR

Darío Javier Aguirre Orellana



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,
Diana Lee Rodas

Aguirre Orellana Darío Javier

Trabajo de Grado

Ing. Germán Zúñiga.

Marzo, 2013

ESPIROMETRÍA COMO PRUEBA DE DIAGNÓSTICO

INTRODUCCIÓN

La espirometría es una prueba funcional de la respiración que hoy en día está ganando mucho espacio en la vida diaria, ya que es indispensable para un control de nuestra función respiratoria, además que en algunas empresas en donde producen gases tóxicos que pueden dañar la salud humana y en minas, requieren que se realice esta prueba al empleado para verificar que no exista ninguna enfermedad o caso que si existiera una, esta no se agrave.

La realización de este tema se debe a que, como recién se está incursionando en el mundo la mayoría de la gente no conoce de qué se trata este tema y de la forma en que se debe realizar la prueba, así como las personas que deben estar capacitadas para la realización de la misma. En cuanto al aparato de espirometría se desconoce cómo es el principio de funcionamiento y las partes que poseen para la adquisición de los resultados.

Los objetivos planteados en este proyecto es conocer todo acerca de la espirometría, en cuanto a la realización de la prueba, las variables que mide, personal y lugares en donde se debe realizar; así como la calibración, limpieza y mantenimiento de los aparatos espirométricos, los cuales se deben realizar cuidadosamente y siguiendo instrucciones de fabricantes que la mayoría de gente desconoce.

Como existen varios tipos de espirómetros en el mercado, con diferentes precios y características, no se sabe cuál es el ideal para utilizar en una hospital, en el caso de emergencia en una ambulancia, o para el control que se puede realizar en el hogar, entonces mediante la realización de este proyecto se puede recomendar mediante las necesidades de estos tres casos, que espirómetro es el ideal para cada uno de ellos. Para todo lo mencionado anteriormente se realizara la investigación de cada uno de los temas mencionados que se dará a conocer a continuación.

CAPITULO 1

ESPIROMETRIA

1.1 INTRODUCCIÓN AL APARATO RESPIRATORIO

La respiración es un proceso involuntario y automático que realiza el cuerpo en el cual absorbemos oxígeno y expulsamos aire con CO₂. Al momento de realizar la acción respiratoria, *“inhalamos aire por la nariz, en donde se calienta y humedece. Luego todo ese aire caliente y humedecido pasa por la faringe, sigue por la laringe y entra en la tráquea, a la altura del pecho, luego tenemos que la tráquea se divide en dos bronquios los mismos que dividen de nuevo, una y otra vez, en bronquios secundarios, terciarios y finalmente en unos 250.000 bronquiolos aproximadamente”*¹ como se indica en la Figura.1.1.1.

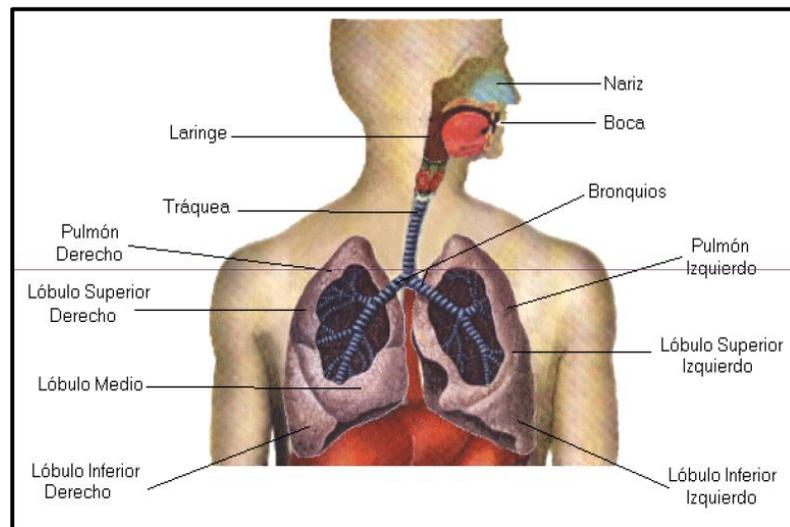


Figura- 1.1.1 -Partes del Sistema Respiratorio. (Fuente: Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio-7-. Consultado 10-Enero-2013)

¹ - (Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio. 4)-Consultado 10-Enero-2013

“Al final en los pulmones los bronquiolos se agrupan en racimos de alvéolos, los cuales son pequeñas bolsitas donde se realiza el intercambio de gases con la sangre. En los seres humanos los pulmones contienen aproximadamente 300 millones de alvéolos, que desplegados ocuparían una superficie de 70 metros cuadrados”².

Durante la respiración podemos destacar dos fases que se realizan continuamente, estos son controlados por el centro respiratorio del bulbo raquídeo que hacen entrar en una acción muscular al diafragma y a los músculos intercostales, estas fases son: la inspiración y la espiración como se indica en la Figura- 1.1.2.

Cuando sucede la inspiración, podemos observar que el diafragma se contrae y los músculos intercostales se elevan y las costillas al mismo tiempo, debido a esto la caja torácica gana volumen para llenar con aire el espacio vacío. En la otra fase cuando sucede la espiración, tenemos lo contrario a la fase anterior, aquí el diafragma se relaja y las costillas descienden y se desplazan hacia el interior, debido a esto la caja torácica disminuye su volumen y los pulmones dejan escapar el aire.

² Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio. 8)-Consultado 10-Enero-2013

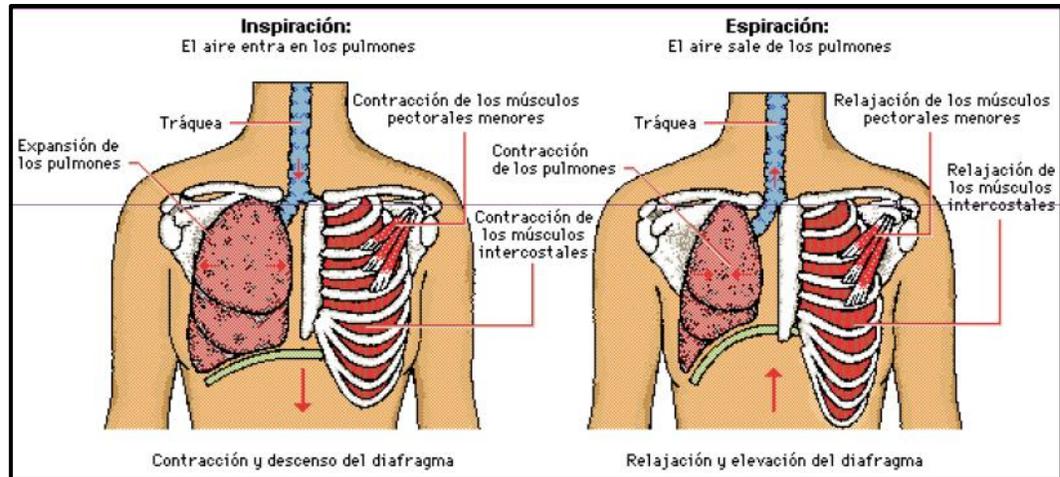


Figura 1.1.2- Fases de la Respiración. (Fuente: Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio.- 11- Consultado 10-Enero-2013)

El aparato respiratorio proporciona oxígeno necesario que el cuerpo necesita y elimina gases de desecho como el dióxido de carbono que se produce en todas las células del cuerpo.

Definimos dos partes principales en el aparato respiratorio:

- Vías respiratorias
- Pulmones

Vías Respiratorias

Las vías respiratorias están conformadas por la boca, las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los bronquiolos.

La laringe es un órgano en donde se produce la voz, este está compuesto por las cuerdas vocales y de un tapón llamado epiglotis el cual nos ayuda para que los alimentos o bebidas no pasen por las vías respiratorias. A continuación en la tráquea tenemos que es un tubo formado por unos veinte anillos cartilaginosos

los cuales mantienen siempre abierta la tráquea este se divide en dos ramas: los bronquios y los bronquiolos.

Los bronquios y los bronquiolos son las ramificaciones que se encuentran en el interior de nuestros pulmones, estos terminan en unos sacos llamadas alvéolos pulmonares los mismos que a su vez tienen unas bolsas más pequeñas o vesículas pulmonares las cuales están rodeadas de una multitud de capilares en donde pasa el oxígeno a la sangre y se realiza un intercambio eliminando CO₂, como se indica en la Figura-1.1.3.

Pulmones

Los pulmones son masas esponjosas de color rojizo que se encuentran en el tórax a ambos lados del corazón, el pulmón derecho que es el más grande está conformado por tres partes o lóbulos y el izquierdo tiene dos partes o lóbulos, poseen una membrana de doble pared que los rodea llamada pleura.

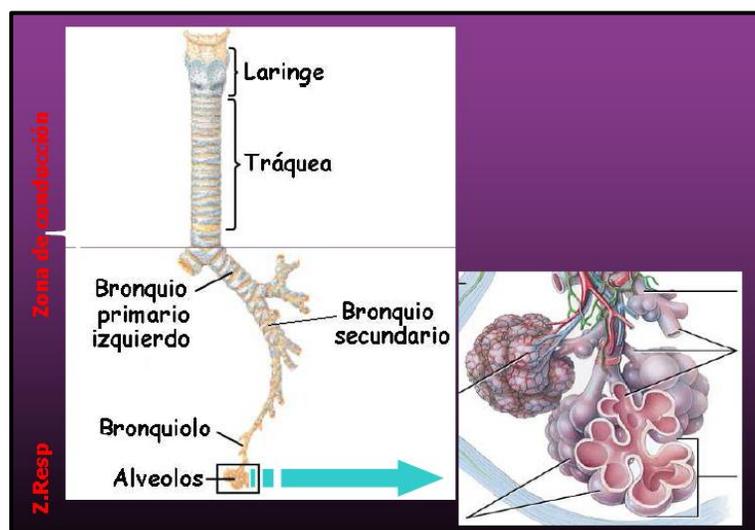


Figura 1.1.3- Partes de las Vías Respiratorias. (Fuente: Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio. -20- Consultado 12-Enero-2013)

En los pulmones existe una parte muy importante la cual es la responsable del proceso de nuestra respiración “*la unidad alveolo-capilar es el lugar donde se efectúa el intercambio de gases, la membrana respiratoria*”³. Indicado en la Figura-1.1.4

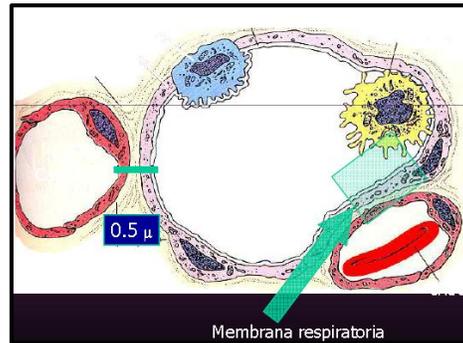


Figura 1.1.4- unidad respiratoria. (Fuente: Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio. 22- Consultado 12-Enero-2013)

Las tres funciones más importantes que cumple en la respiración son:

- **Intercambio en los pulmones**

El intercambio de gases que se realiza en los pulmones, consiste en que se toma aire con oxígeno del exterior, y al momento de la espiración se desecha CO₂.

- **El transporte de gases**

Cuando el aire llega a los alvéolos en el momento de la inspiración, parte del oxígeno que lleva atraviesa las finísimas paredes y pasa a los glóbulos rojos de la sangre donde es llevado hasta el corazón, en donde es distribuido por las arterias a todas las células del cuerpo. El dióxido de carbono recogido es transportado

³ Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio. 22- Consultado 12-Enero-2013

por las venas cavas hasta el corazón en donde es llevado hacia los pulmones para arrojarlo al exterior.

Los alveolos indicados en la Figura-1.1.5, son la parte más delicada de los pulmones ya que cuando existe algún trastorno que los destruya, disminuirá la zona designada al intercambio de gases, lo que puede causar varias enfermedades y ocasionar graves consecuencias.

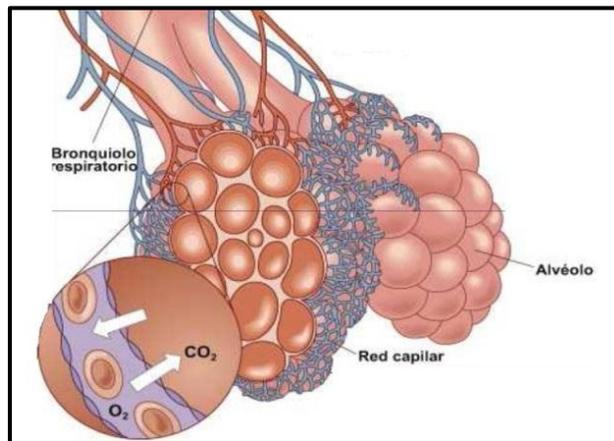


Figura-1.1.5 – Alveolo (Fuente: Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio. 30- Consultado 12-Enero-2013)

- **La respiración en las células y los tejidos**

En este proceso se toma el oxígeno que llevan los glóbulos rojos en la sangre y se utilizan para quemar los alimentos absorbidos por el cuerpo, mediante este proceso adquirimos la energía que el cuerpo necesita y el calor que mantiene la temperatura del cuerpo humano a unos 37 grados, como se indica en la (Figura-1.1.6.)

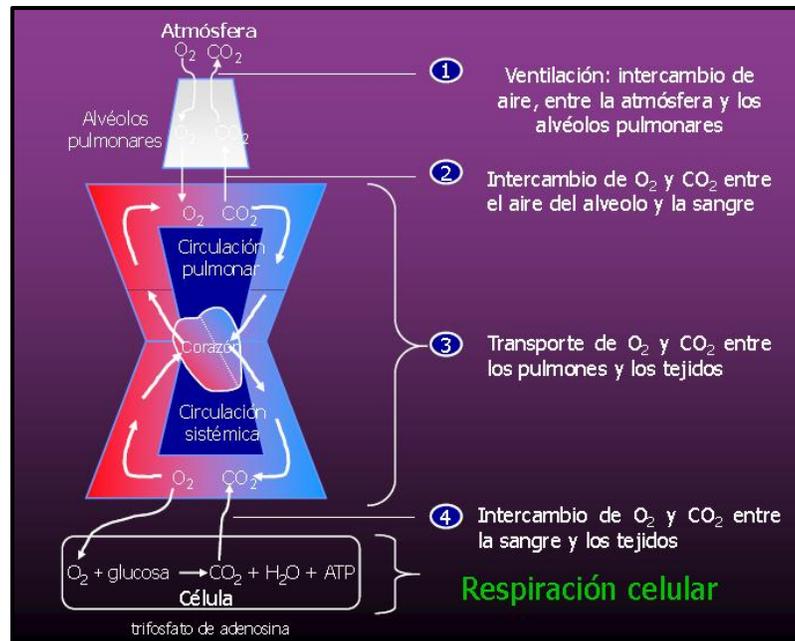


Figura- 1.1.6- Etapas de la Respiración. (Fuente: Mazzei, Nazario, Monge, Aparato Respiratorio.

33- Consultado 15-Enero-2013)

Por ultimo algo que se necesita saber acerca de la respiración es la Mecánica ventilatoria la cual nos dice que:

- La ventilación pulmonar es el movimiento de aire que mueven los pulmones
- La ventilación pulmonar depende de:
 1. Volumen de aire que entra en cada inspiración.
 2. Frecuencia respiratoria.

1.2 ESPIROMETRIA.

1.2.1 HISTORIA DE LA ESPIROMETRIA.

Cuando se descubrió esta prueba de diagnóstico llamada espirometría nadie sabe porque adopto este nombre, el cual se sustentó en las variables que media, así tenemos que “*Etimológicamente Espirometria significa medida del aliento o de la respiración*”⁴.

- **129-200 A.D**

El primer descubriendo se dio cuando “*Galeno realizó un experimento con la ventilación humana en un niño respirando en una vejiga de un animal. Observó que el volumen del gas que entraba y salía se estabilizaba pero no midió el volumen en términos absolutos*”⁵. Realizando así la primera medición de respiración.

- **1681**

“*Borelli intentó medir el volumen de aire inspirado en una sola respiración, lo hizo succionando aire de un recipiente con líquido luego se tapó la nariz. Pero debido a la presión negativa requerida, sus medidas fueron muy reducidas (<230 ml).*”⁶”

- **1718**

En este año “*Jurin sopló aire en una vejiga y midió el volumen según el principio de Arquímedes. Midió un V_t (volumen total) de 650 ml y una espiración máxima de 3610 ml*”⁷, midiendo en la primera variable de volumen en una persona.

⁴ DE VITO, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, 2- Consultado 15-Enero-2013

⁵ DE VITO, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, 3- Consultado 15-Enero-2013.

⁶ DE VITO, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, 4- Consultado 16-Enero-2013

⁷ DE VITO, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, 5-Consultado 16-Enero-2013

- **1813**

“Kentish E. usó el pulmómetro para estudiar los volúmenes ventilatorios en enfermedades, posee una campana invertida sellada con agua, entrada de aire superior, graduaciones.”⁸ Fue un gran avance para lo que luego vendría a ser el primer espirómetro. Se puede ilustrar en la Figura-1.2.1.

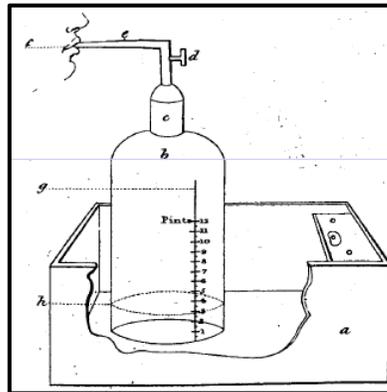


Figura 1.2.1- Pulmómetro de Kentish E. (Fuente: historia_espirometria_dic_2000.ppt, 13)-
Consultado 16-Enero-2013)

- **1844**

“John Hutchinson empezó a utilizar por primera vez el espirómetro, creando en 1852 su primer espirómetro indicado en la Fig-1.2.2., otra aportación importante es que dio el concepto y nombre de capacidad vital la misma que mostro una relación lineal con la altura de los pacientes y no con el peso, tuvo un gran impacto en la enfermedad.”⁹

⁸ : DE VITO, historia_espirometria_dic_2000.ppt, 13)- Consultado 16-Enero-2013

⁹ DE VITO, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, -7)- Consultado 16-Enero-2013

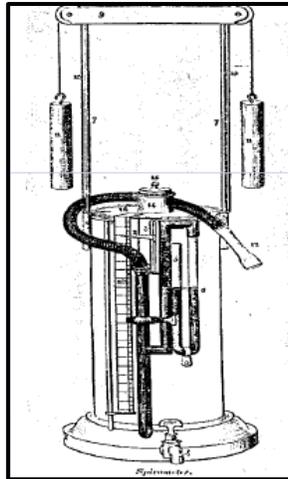


Figura-1.2.2- Espirómetro de Hutchinson. (Fuente: (De Vito, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, -7)- Consultado 16-Enero-2013)

En 1852 publico su artículo sobre su espirómetro de agua el cual aún sigue usándose con pocas modificaciones hoy en día.

- **1854**

*“Wintrich desarrolló un modelo más simple en el cual estudio a más de 4000 pacientes y concluyó que los tres parámetros que determinan la CV (capacidad vital) son la altura, peso y edad.”*¹⁰ Se indica en la Figura-1.1.6 como fue este espirómetro antiguo.

¹⁰ DE VITO, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, 11)- Consultado 17-Enero-2013

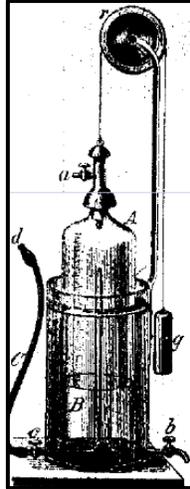


Figura-1.2.3-Espirometro de Wintrich. (Fuente: De Vito, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, 11)-
Consultado 17-Enero-2013)

- **1910-1961**

“Robert Tiffeneau un farmacólogo que estudio la bronco-motricidad descubrió el VEMS (CPUE) que es la captura por unidad de esfuerzo y la relaciono con la CV % en Bronquitis, enfisema, asma, etc. La relación de la edad de pacientes con la prueba espirométrica. Severidad de los trastornos ventilatorios según el CPUE. Introdujo el concepto de tiempo en la CV.”¹¹

¹¹ DE VITO, historia_espirometria_dic_2000.ppt, 15,18)- Consultado 18-Enero-2013

1.2.2 INTRODUCCIÓN A LA ESPIROMETRÍA

La espirometría es una prueba funcional de los pulmones y del aparato respiratorio, que se realiza a través de un aparato llamado espirómetro el cual registra la cantidad y frecuencia del aire inspirado y espirado durante un periodo de tiempo. A diferencia de otras pruebas funcionales respiratorias, su empleo trasciende en el ámbito de los neumólogos y en los últimos años se está incorporando paulatinamente a atención primaria.

Las diferentes sociedades científicas de espirometría nos han dado a conocer recomendaciones y normativas que pretenden garantizar unos estándares de buena calidad. A pesar de todos los esfuerzos y normativas que las sociedades nos han dado, a la espirometría la siguen considerando como un procedimiento que en teoría parece fácil de hacer, pero en la práctica es difícil de realizar correctamente; sólo si se cumplieran de forma estricta una serie de requisitos técnicos de calidad, podríamos decir que existe una espirometría válida para la práctica médica.

La espirometría es la ciencia que mide la magnitud de los volúmenes pulmonares y la rapidez con que éstos pueden ser movilizados, en pocas palabras estaríamos hablando de un flujo de aire. Las representaciones en forma gráfica al realizar este examen podremos hacerlas con los siguientes grupos de variables, una curva de volumen/tiempo (V/T) o la curva de flujo/volumen (F/V). Esta es una prueba fácil de realizar pero requiere de una gran colaboración por parte del paciente y de la persona que está realizando la prueba que más adelante veremos.

Las enfermedades respiratorias son una de las causas más importantes de morbilidad y mortalidad en los países desarrollados. Pero la espirometría es una base para el diagnóstico de muchos pacientes en los que se sospecha una enfermedad respiratoria.

Con la espirometría se les indica a los médicos si los pulmones están funcionando correctamente o poseen algún problema, además de que sirve para ayudar a diagnosticar y monitorear las enfermedades que afectan a los pulmones y dificultan la respiración, como el asma y la fibrosis quística entre otras enfermedades. Y por último puede ser utilizado para determinar la causa de la falta de aire en una persona, la tos o la sibilancia y monitorear el tratamiento de problemas respiratorios para evaluar el funcionamiento de los pulmones antes de una cirugía.

Existen dos tipos de espirometrías: simple y forzada.

La espirometría simple mide los volúmenes pulmonares estáticos, excepto el volumen residual (RV) y aquellos otros derivados en su cálculo de éste como son la capacidad residual funcional (FRC) y la capacidad pulmonar total (TLC). En esta prueba se le pide al paciente que realice una inhalación máxima pero relajada y que de igual forma realice la exhalación en el tiempo que sea necesario.

La espirometría forzada mide volúmenes pulmonares dinámicos y proporciona información de mayor relevancia clínica. La realización de esta prueba es parecida a la anterior en la cual el paciente realiza una inhalación máxima pero relajada de todo el aire que pueda recoger, pero al momento de realizar la exhalación tiene que hacerlo en forma brusca y en el menor tiempo que sea posible. En esta monografía nos referiremos exclusivamente a la espirometría forzada.

El gráfico de la Figura-1.2.4 nos indica como sería la curva de la respiración al momento de hacer la prueba de espirometría forzada.

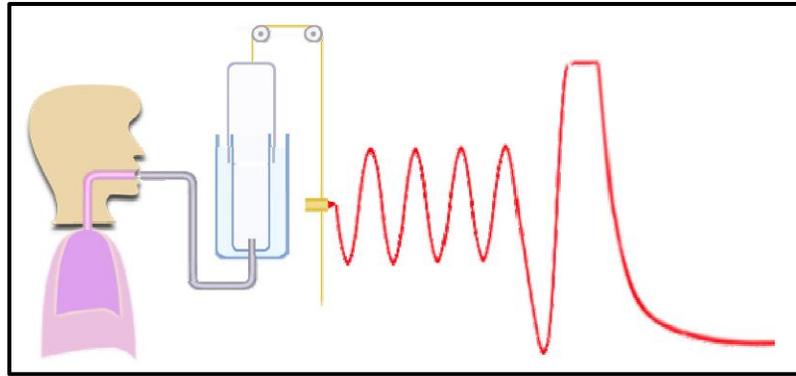


Figura-1.2.4 Espirometría Forzada. (Fuente: Carruso Mariano, Introducción a la Espirometría, 4)-
Consultado 20-Enero-2013)

¿Por qué es importante medir la función pulmonar?

Al realizar las pruebas de función pulmonar, permiten evaluar el grado y tipo de disfunción que posee el Aparato Respiratorio. Estas pruebas exploran la función ventilatoria, miden el intercambio pulmonar de gases, mide la respuesta del aparato respiratorio ante diversos estímulos y posee técnicas de exploración cardiovascular.

La prueba espirométrica aparte de ser importante por su prueba funcional como se ha visto, también es ahora indispensable de realizar para el ingreso a algunas empresas de trabajo en la cual las personas están expuestas a gases u alguna otra situación en la que se puede comprometer la función pulmonar o del aparato respiratorio, así que mediante esta prueba podemos realizar el seguimiento de esta persona para ver si no presenta ningún problema.

En lo que se refiere a la evolución de los aparatos de espirometría, podemos hacer una comparación con los equipos antiguos desde el espirómetro de John Hutchinson el cual hasta el día de hoy se sigue utilizando aunque con algunas mejoras pero que son mínimas. Las características que poseen estos espirómetros es que son de gran tamaño, por lo cual se hace difícil su movilización y limpieza entre otros. No utilizan ningún tipo de hardware ni conexión de corriente o

batería, ya que estos tienen incorporado un rollo de papel el cual va escribiendo dependiendo de la respiración del paciente. Los tres tipos de primeros espirómetros son: 1) Agua. 2) Fuelle 3) Pistón.

En la gráfica de la Figura-1.2.5 se indican los espirómetros mencionados anteriormente.

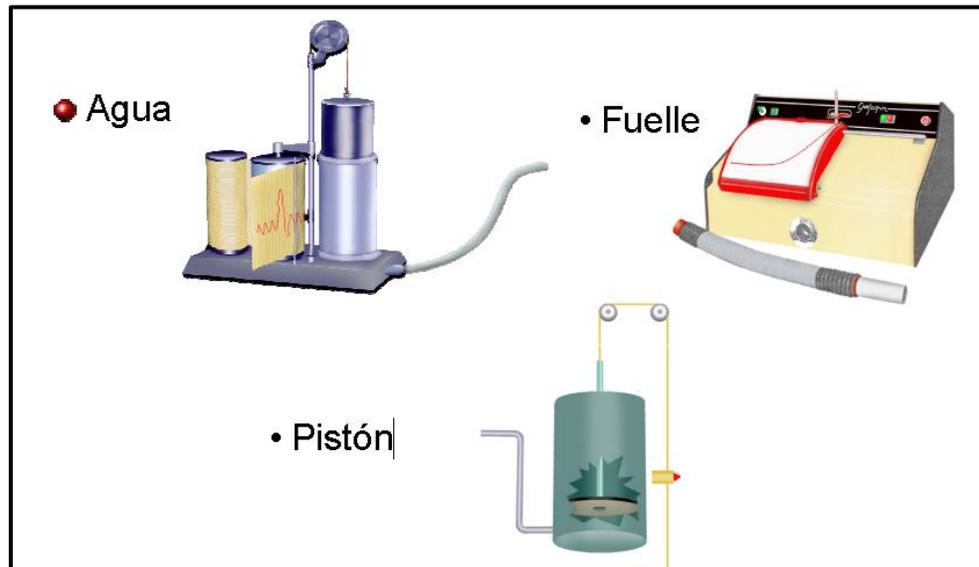


Figura-1.2.5- Primeros Espirómetros. (Fuente: Carruso Mariano, Introducción a la Espirometria, 4)- Consultado 20-Enero-2013)

En lo que compete a los espirómetros modernos podríamos citar que ha sido un paso muy grande en cuanto a la tecnología y tamaño que poseen ahora, utilizan hardware y son de tamaño pequeño, lo cual facilita su movilización haciéndolos portátiles para cualquier tipo de lugar. Además de estos grandes avances, también poseen conexión USB para conectarse a servidores, bluetooth y otros que poseen su propia impresora integrada para la impresión de las curvas de diagnóstico. Y uno de los mejores espirómetros por así decirlo posee un oxímetro de pulso integrado. En la Figura-1.2.6 indicamos los espirómetros modernos.



Figura-1.2.6-Espirometros Modernos. (Fuente: Carruso Mariano, Introducción a la Espirometria, 5)- Consultado 20-Enero-2013)

Al momento de realizar la prueba espirométrica podemos obtener los siguientes volúmenes de nuestros pulmones, para así poder medir la capacidad pulmonar, como se indica en la Figura-1.2.7 y a continuación describiremos que significan cada uno de ellos.

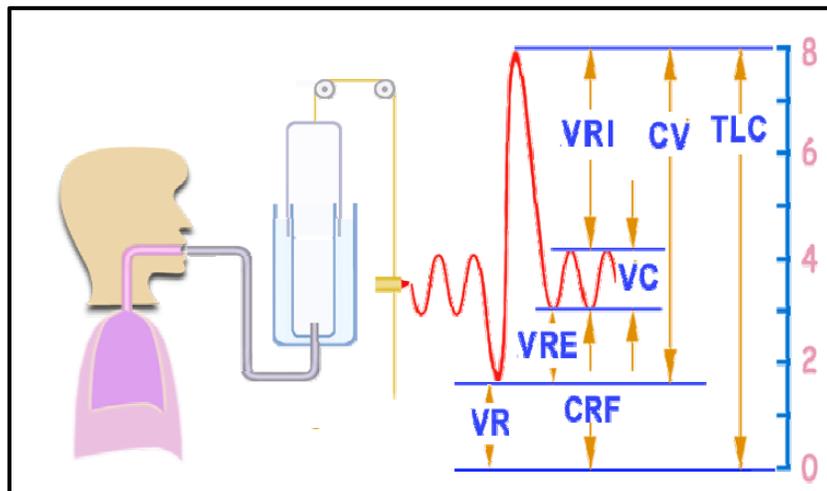


Figura-1.2.7- Volúmenes de Espirometria. (Fuente: Carruso Mariano, Introducción a la Espirometria, 2)- Consultado 20-Enero-2013)

- **VC:** Volumen Normal o Corriente, es volumen que realizamos normalmente en una respiración, aproximadamente este volumen es de 500cc.
- **VRI:** Volumen Residual Inspirado, es el volumen que inspiramos a partir del volumen corriente
- **VRE:** Volumen Residual Espirado, es el volumen espirado a partir del volumen corriente.
- **CV:** Capacidad Vital, es el volumen total que realizan los pulmones.
- **VR:** Volumen Residual, es el volumen que queda después de una espiración máxima, esta variable no se puede medir con el espirómetro.
- **TLC:** Capacidad Pulmonar Total, viene dado de la suma de la capacidad vital y el volumen residual.
- **CRF:** Capacidad Residual Funcional, viene dado de la suma del volumen residual más el volumen residual inspirado.

A continuación enumeraremos las variables más importantes en la prueba de espirométrica.

Capacidad vital forzada (FVC)

Esta variable es el volumen de aire que se registra cuando se realiza una espiración completa y en el menor tiempo posible, partiendo desde una inspiración máxima. No debemos confundirnos con la capacidad vital (CV), ya que esta variable podemos adquirir cuando se realiza una maniobra de espiración lenta ósea en la espirometría simple, en la cual se hace énfasis que la espiración

sea completa pero no se toma en cuenta el tiempo que se demora en realizarla. En personas que son normales, la VC y la FVC deberían ser prácticamente iguales.

La FVC es una medida de capacidad, siendo esta variable un indicador de capacidad pulmonar que poseen las personas. Las unidades en las que podemos expresar el valor del FVC son, en litros o en mililitros, además que también podemos expresar como un porcentaje del valor teórico de referencia. Se considera a una persona normal, libre de cualquier enfermedad cuando este valor es igual o mayor al 80% de su valor teórico. Es importante que la duración de la maniobra de espiración forzada sea la correcta, ya que si la prueba no ocupa el tiempo que necesita, puede hacer que la medida de la FVC aparezca falsamente reducida, haciendo creer que el paciente posee una enfermedad o exista una restricción que en realidad no existe.

Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1)

Esta variable es el volumen de explosión de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra en la espiración forzada. Registramos flujo con esta medida, ya que relaciona el volumen que se espira en un determinado tiempo, esta medida se expresa en litros o mililitros, pero también se puede expresar como un porcentaje del valor teórico de referencia como el la variable anterior.

Se considera un valor normal cuando es igual o mayor al 80% del valor teórico de referencia. El FEV1 tiene la ventaja de ser muy reproducible cuando se realiza la maniobra de forma correcta además tiene una escasa variación entre cada persona, por lo que es uno de los parámetros más adecuados y eficientes para seguir la evolución de los pacientes.

“En individuos sanos, el FEV1 crece desde la infancia hasta alcanzar un máximo hacia los 25 años; a partir de ese momento, el FEV1 decrece a razón de unos 25

ml cada año. Sin embargo, en algunos pacientes fumadores, el FEV1 puede disminuir el doble anualmente.”¹²

Para pacientes que han dejado de fumar es útil realizar el seguimiento del FEV1, ya que cuando se suprime el tabaco, se reduce la pérdida anual de FEV1 hasta llegar a hacerse similar a la que sufren las personas que no fuman.

El FEV1 es uno de los factores más importantes que tenemos hoy en día para valorar el pronóstico en enfermedades obstructivas, como la EPOC (Enfermedad pulmonar obstructiva crónica).

“Una reducción anual de más de 50 ml en el FEV1 se considera criterio de progresión acelerada de la enfermedad indicado en la FIG-1.2.8. Por otro lado, un FEV1 menor de 1.000 ml se asocia con una supervivencia del 50% a los 5 años en pacientes con EPOC.”¹³

El FEV1 sirve igualmente para determinar la gravedad de la enfermedad; en la tabla 1.1 pueden verse diferentes criterios de gravedad basados en el FEV1.

¹² CIMAS, PEREZ, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria –capítulo-1.1, 29- Consultado 23- Enero-2013.

¹³ CIMAS, PEREZ, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria –capítulo-1.1, 30- Consultado 24- Enero-2013.

Criterios de gravedad basados en el FEV ₁ , según diferentes sociedades				
	Leve	Moderada	Severa	Muy severa
SEPAR	80%-65%	64%-50%	49%-35%	< 35%
ERS	≥ 70%	69%-50%	< 50%	
GOLD	≥ 80%	79%-30%	< 30%	
BTS	80%-60%	59%-40%	< 40%	
ATS	> 50%	50%-35%	< 35%	

SEPAR: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica.
 ERS: European Respiratory Society.
 GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease.
 BTS: British Thoracic Society.
 ATS: American Thoracic Society.

Tabla 1.1 (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria –capítulo-1.1, 29)- Consultado 23-Enero-2013)

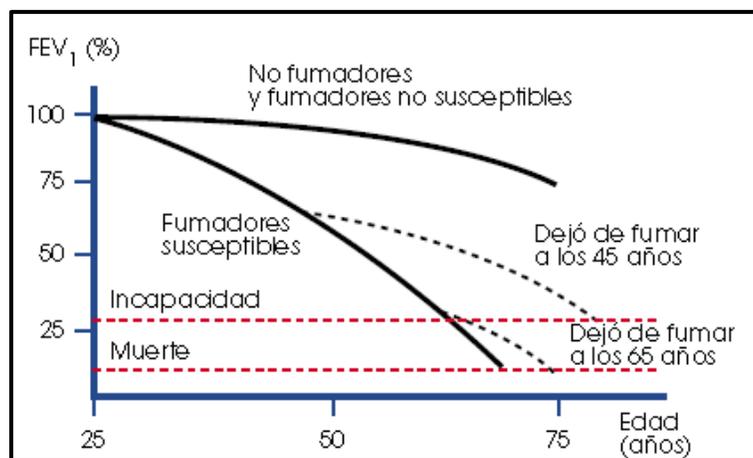


Figura-1.2.8- Diagrama de Fletcher y Peto, que muestra la disminución del FEV1 al cabo de los años, en fumadores y no fumadores1 (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria –capítulo-1.1, 29)- Consultado 23-Enero-2013)

Relación FEV1/FVC (FEV1%)

“Es el porcentaje de la FVC que se espira durante el primer segundo de la maniobra de espiración forzada”¹⁴. Se representa como FEV1% o FEV1/FVC, y se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{FEV1\%} = \frac{\text{FEV1}}{\text{FVC}} \times 100$$

Es un índice el cual nos dice que cuando hay una disminución implica que existe obstrucción; por ejemplo en un lavabo que está lleno de agua, cuando se abre el tapón durante un segundo sale una cantidad de agua, pero si el desagüe está un poco obstruido, cuando abramos el tapón durante un segundo, el agua saldrá más despacio, esto nos indica que el porcentaje del volumen que sale del lavabo en el primer segundo es menor que en condiciones normales. Lo mismo sucede en el aparato respiratorio cuando realizamos la prueba espirométrica; “en condiciones normales, durante el primer segundo de la espiración forzada se expulsa el 70-75% de la FVC. Si el FEV1% es menor de ese porcentaje, significa que existe una obstrucción al flujo espiratorio.”¹⁵.

La relación FEV1/FVC varía con el trascurso de los años, siendo mayor en personas jóvenes que en personas mayores. En jóvenes se considera normal cuando este valor está en 75%, mientras que en personas mayores el valor debe ser del 70%.

Para dar un diagnóstico de que existe una obstrucción en el aparato respiratorio, el FEV1% tendría que ser menor al 70 pero siempre se toma en cuenta la zona entre el 70% y el 75%.

¹⁴ CIMAS, PEREZ, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-.1, 29- Consultado 25- Enero-2013.

¹⁵ CIMAS, PEREZ, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-.1, 30- Consultado 25- Enero-2013.

Flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la FVC (FEF25%-75%)

“Es el flujo de aire expulsado entre el 25% y el 75% de la FVC, se expresa en litros/segundo y como porcentaje del valor teórico de referencia. Constituye un parámetro de flujos (“flujos medios” o “meso- flujos”); pero también el nombre de máximo flujo meso-espiratorio (MMEF, maximal mid-expiratory flow).”¹⁶.

El FEF25%-75% refleja el estado de las pequeñas vías aéreas, ya que estas poseen un diámetro inferior a 2 mm, y se encuentran a partir de la octava generación bronquial, estas son las más sensibles a una enfermedad de obstrucción. Entonces se dice que la alteración del FEF25%-75% indica enfermedad obstructiva en fases precoces.

Sin embargo, su interpretación cuando la FVC es anormal resulta complicada; y por otro lado, tiene una gran variabilidad, lo que dificulta el establecimiento de límites de normalidad. Actualmente se usa muy poco.

1.3 COMO SE REALIZA LA PRUEBA ESPIROMÉTRICA

Para la realización de esta prueba se deben seguir distintas normas y reglas así como analizar varios tipos de parámetros como el espacio físico en donde se va a realizar, los instrumentos a utilizarse y la capacitación técnica que debe poseer, a continuación explicaremos cada una de ellas.

¹⁶ CIMAS, PEREZ, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-.1, 30-Consultado 26- Enero-2013.

- **REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES**

Espacio Físico

La mayor parte de los equipos que se utilizan ahora son de tamaño reducido, de forma que no es necesario que se disponga de grandes instalaciones para su colocación. Es recomendable que se tenga una pequeña sala en donde se pueda colocar una mesa para apoyar todo el sistema que se va a utilizar y una silla para el paciente.

Lo más recomendable sería que la instalación sea acústicamente bien aislada y exclusivamente dedicada a la realización de la espirometría para evitar distracciones tanto del técnico como del paciente por factores exteriores.

En la Figura-1.3.1 se indica el tipo de lugar que fuese ideal para la realización de la prueba espirométrica.



Figura. 1.3.1- Espacio habilitado para la práctica de espirometrías. (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2,- Consultado 24-Enero-2013)

Material

Aparte del espirómetro y una instalación adecuada que ya se ha descrito anteriormente, sería indispensable disponer en la misma instalación de una jeringa de calibración (Figura-1.3.2.2), medicación broncodilatadora, tallímetro, una báscula, un termómetro de temperatura ambiente y de un barómetro, así sea que el aparato ya los lleva incluidos. Además, se debe disponer de diversos contenedores para las boquillas, los filtros desechables y pinzas nasales para la realización de las pruebas (Figura-1.3.2.1)



Figura-1.3.2.1 Boquillas y filtro desechables. (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2,- Consultado 24-Enero-2013)



Figura-1.3.2.2 Jeringa de Calibración (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2,- Consultado 24-Enero-2013)

- **CONDICIONES PREVIAS**

Información previa al paciente

Al momento de realizar una prueba en donde el paciente se encuentra en estado pasivo, no se le debe dar mucha información, puesto que solo bastaría con indicarle que él esté quieto o que se coloque en alguna postura; pero en el caso de la espirometría se necesita que realice un gran esfuerzo y colabore durante toda la prueba, ya que sólo así conseguiremos valores aceptables para su interpretación.

Es muy importante pesar y medir al paciente antes de realizar cualquier acción, luego este debe ser informado previamente sobre la técnica de cómo se realiza la prueba, cuál es la aportación que debe hacer el paciente, la naturaleza del estudio y el motivo por el que se solicita que lo haga.

Se debe utilizar un lenguaje sencillo que sea de fácil comprensión para el paciente, ya que desde el momento en que se inicia la prueba será instruido por el médico o la persona que está a cargo de la prueba hasta la finalización de misma, para así lograr una colaboración del 100% del paciente.

Condiciones previas al estudio

Cuando se realizan mediciones de función pulmonar se debe asegurar que todas las maniobras cumplan unas condiciones similares en su ejecución. El hecho de que el paciente esté sometido a tratamientos con fármacos o haya fumado en las horas previas, entre otros factores, puede ocasionar mediciones de valores diferentes.

Existen varios factores que alteran la dinámica bronquial, y por ello deben ser tenidos en consideración:

- ✓ **Fármacos:** cualquier fármaco que altere la dinámica bronquial (broncodilatador), es capaz de modificar los valores que se van a medir.
- ✓ **Alimentación:** no es necesario ayunar antes de su realización, aunque sí es aconsejable evitar comidas copiosas.
- ✓ **Bebidas:** en las horas previas no se deben ingerir bebidas que contengan cafeína.
- ✓ **Tabaco:** es uno de los principales factores que provocan efectos sobre la vía aérea. Específicamente se debe evitar fumar antes de la maniobra por ser un irritante que produce bronco-constricción.

El Técnico

''En la normativa sobre la espirometría forzada publicada por la Sociedad Española de Patología Respiratoria (SEPAR) se considera que el entrenamiento mínimo de un técnico de laboratorio pulmonar para la realización de espirometrías debe ser de al menos seis meses de trabajo supervisado, instrucción en los fundamentos biológicos y conocimientos en patología respiratoria relacionada. Además, se considera que para trabajar con autonomía y ser capaz de detectar errores en el procedimiento y en el funcionamiento de los aparatos se requiere al menos un año de trabajo''¹⁷

El técnico debe tener una formación adecuada como mínimo un Diplomado Universitario en Enfermería que le permita llevar a cabo los distintos procedimientos de la espirometría, lo que implica tener conocimientos de los fundamentos fisiopatológicos de las enfermedades respiratorias, de los recursos técnicos, de la forma de realización de la maniobra espirométrica, calibración y mantenimiento de los aparatos, y de la evaluación de sus resultados (patrón

¹⁷ CIMAS, PEREZ, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 6-Consultado 27- Enero-2013.

obstructivo y no obstructivo). Ello debe complementarse con habilidades de comunicación con el paciente para conseguir que éste colabore adecuadamente en su realización. Así mismo, debe reconocer las limitaciones de pacientes individuales (personas mayores o de baja capacidad intelectual) u otras situaciones que puedan influir decisivamente en los resultados.

La Maniobra

En primer lugar se debe explicar al paciente que es lo que se va a hacer en la prueba espirométrica y cómo debe realizarlo ya que en la prueba, él es el que tiene la mayor participación y necesita soplar con mucho esfuerzo en la boquilla que se encuentra en el aparato.

A continuación se identificará al paciente. Se recogerá y se ingresará en el aparato la fecha, el sexo, edad, talla y peso (sin ropa de abrigo y con el paciente descalzo), según las normas de cada espirómetro, pero la mayoría de ellos establecen que se debe cumplir con estas.

En pacientes que no se pueda realizar mediciones de la talla o si presentan deformidades en la columna, se usa como talla la envergadura (distancia entre la punta del tercer dedo de ambas manos con los brazos en extensión), pero al realizar esto los valores teóricos subirán ligeramente

Luego se debe hacer sentar al paciente en una postura correcta, ya que de esto depende el éxito del soplido explosivo y de la prueba, ya que si existe una mala postura, producirá interrupciones, tos o una inspiración incompleta. Al momento de la prueba el paciente también puede hacerlo de pie, pero es recomendable sentado según normas de la SEPAR. En la (Figura-1.3.3) se indica las posturas aceptables e inaceptables.

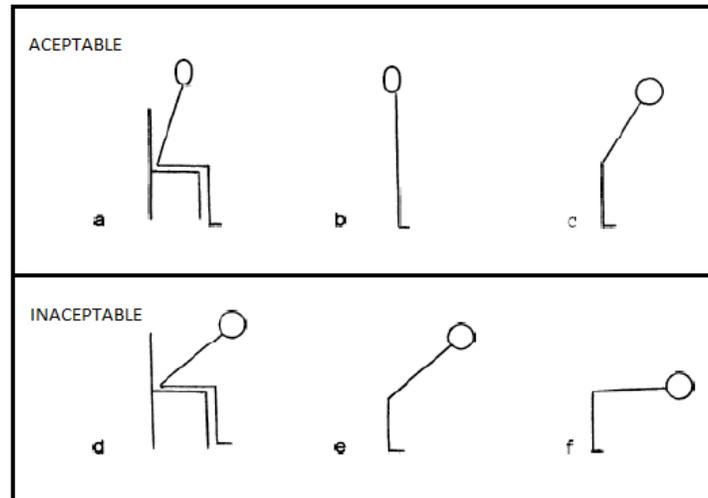


Figura-1.3.3-Posturas del Paciente. (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 8)- Consultado 28-Enero-2013)

A continuación se debe colocar una pinza nasal (Figura-1.3.4) de acuerdo al tamaño del paciente con la que se sienta cómoda y verificando que no se escape aire de la nariz, luego procedemos a la colocación de la boquilla (Figura-1.3.5), la cual debe estar sellada en su exterior por los labios del paciente para que no exista ninguna fuga de aire y a la vez sujetarla con los dientes para tener firmeza y que no se caiga.



Figura-1.3.4 colocacion pinza nasal. (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 8)- Consultado 28-Enero-2013)



Figura-1.3.5-colocacion boquilla. (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 8)- Consultado 28-Enero-2013)

1. El paciente realizará una inspiración máxima. Se recomienda que una vez hecha esta inspiración máxima no espere más de dos segundos en ejecutar la espiración, ya que la fuerza de los elementos elásticos del pulmón son dependientes del tiempo que se mantengan en extensión. Realizando la maniobra de forma inmediata, se consiguen flujos algo mayores que si se realiza una pausa.
2. El técnico dará una orden enérgica y tajante para que el paciente comience con la espiración forzada. Esto evitará inicios dubitativos que ocasionen artefactos que afecten la medición.
3. Durante la espiración el técnico animará con insistencia y energía al paciente (quizás con frases como “siga, siga”, “sople, sople”, etc.) para que siga soplando todo lo que pueda, con el objeto de conseguir el máximo esfuerzo posible y evitar una interrupción temprana de la maniobra.
4. Mientras anima, el técnico debe mirar a la pantalla para valorar la curva que se está trazando y comprobar que la maniobra es correcta. El tiempo de espiración forzada debe prolongarse tanto como se pueda (debe ser de al menos 6 segundos).

5. Si se desea obtener un registro de la fase inspiratoria, se dirá al paciente que, una vez que haya finalizado la espiración y sin sacar la boquilla de la boca, realice una inspiración lo más rápida, fuerte y prolongada que pueda. Siempre se harán como mínimo tres maniobras satisfactorias. En caso de que no se consigan, se pueden repetir hasta un máximo de ocho. A partir de este número y dado que es una prueba esfuerzo-dependiente, el paciente se agota y es difícil que colabore repitiéndola más veces.

Y así damos concluida la realización de la prueba espirométrica.

Prueba Broncodilatadora

La prueba broncodilatadora (PBD) dentro de la espirometría, es una de las pruebas más sencillas y útiles la cual utilizan las clínicas para medir la reversibilidad bronquial. Es muy necesario para evaluar los procesos que cursan con obstrucción de la vía aérea. Esta prueba consiste en medir los cambios funcionales que se producen tras la administración de un BD (broncodilatador) de acción corta, más allá de la variabilidad biológica espontánea y de la respuesta que se observa en sujetos sanos.

Debe realizarse una espirometría en situación normal como si se la hiciera a cualquier paciente y otra tras administrar un BD de acción. El tiempo que debe esperar entre la inhalación del BD de acción corta y la espirometría post-BD depende del fármaco que se esté utilizando. El mejor momento para realizar la PBD es en las primeras horas de la mañana, ya que los valores espirométricos son más bajos y se puede conseguir una mayor y mejor respuesta.

Se utiliza el FEV1 para medir la valoración de la reversibilidad de obstrucción de la vía aérea tras la administración de broncodilatadores o tras una administración de corticoides que sean inhalados u orales; se considera que la reversibilidad es positiva si el FEV1 aumenta un 12%-15% y 200 ml.

INTERPRETACIÓN DE LAS CURVAS

La forma de la curva nos informará sobre el nivel de colaboración del paciente o la presencia de artefactos que afecten la evaluación de la prueba. A continuación presentaremos los errores que más ocurren al momento de la prueba en forma gráfica.

Terminación prematura de la prueba

Una buena realización de la prueba tiene una duración como mínima de 6 segundos (Figura-1.3.6), ya que se pueden medir todos los parámetros antes mencionados correctamente, pero cuando es menos de este tiempo (Figura-1.3.7) obligadamente hay que repetir el proceso.

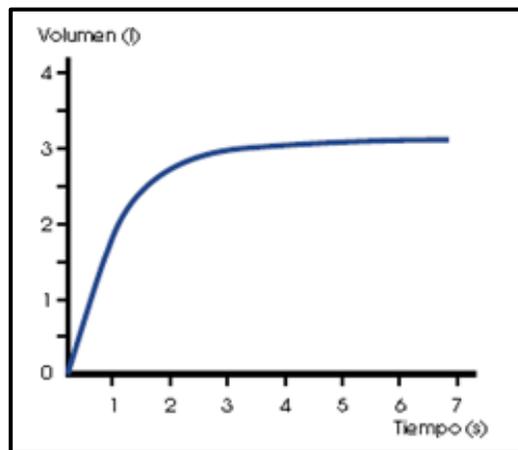


Figura-1.3.6- curva volumen/tiempo con una duración adecuada (más de 6 segundos)
(Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-
1.2, 14)- Consultado 28-Enero-2013)

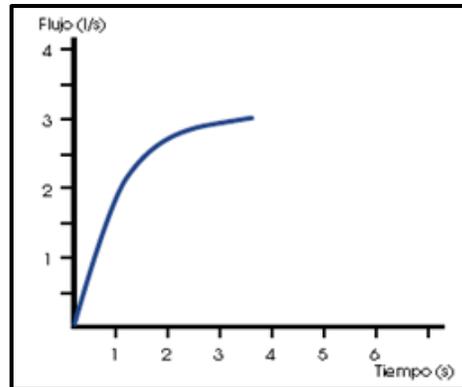


Figura-1.3.7- curva de volumen/tiempo con una duración incorrecta (menos de 6 segundos)
 (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-
 1.2, 14)- Consultado 28-Enero-2013)

Cuando existe tos

La presencia de tos en el primer segundo interfiere con la medición del FEV1 y, por tanto, invalida la lectura de la espirometría (Figura-1.3.8). Su presencia en otros momentos como en una parte de la terminación de la prueba (Figura-1.3.9) tiene menos importancia y podría permitir realizar su lectura pero no de forma precisa.

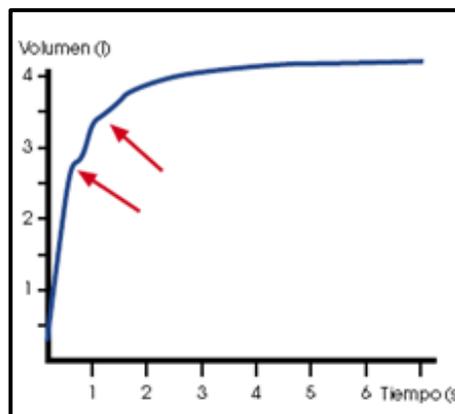


Figura-1.3.8-episodios de tos en la curva volumen/tiempo durante el primer segundo, (Fuente:
 Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 14)-
 Consultado 28-Enero-2013)

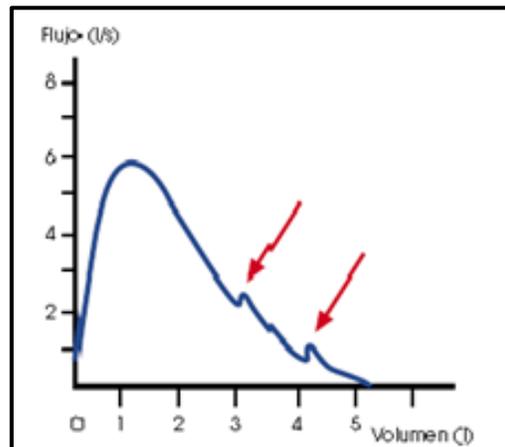


Figura-1.3.9- episodios de tos en la curva flujo/volumen en la terminación de la prueba- (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 15)- Consultado 28-Enero-2013

No existe mayor esfuerzo del paciente

Cuando el paciente no se esfuerza adecuadamente la prueba tendrá una finalización prematura, pero en este caso aparte de eso existe una disminución drástica de volumen (Figura-1.3.10), dando como resultado una prueba no satisfactoria. En el otro caso tenemos que el paciente realiza la prueba igual con poco esfuerzo, pero a diferencia de la otra lo hace todo el tiempo con un movimiento continuo, haciendo que la curva de diagnóstico parezca normal (Figura-1.3.11), pero que en la realidad no es.

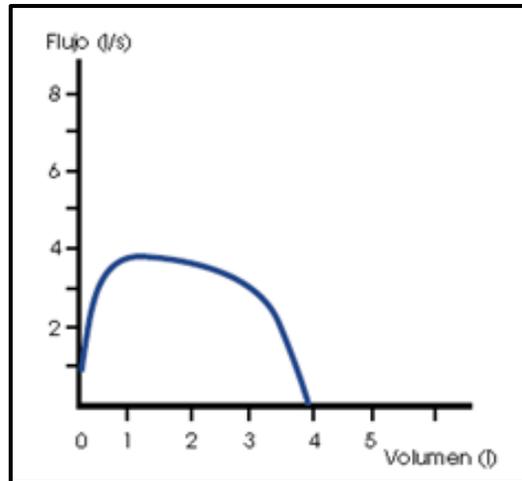


Figura-1.3.10-curva flujo/volumen sin ningún esfuerzo - (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 15)- Consultado 28-Enero-2013)

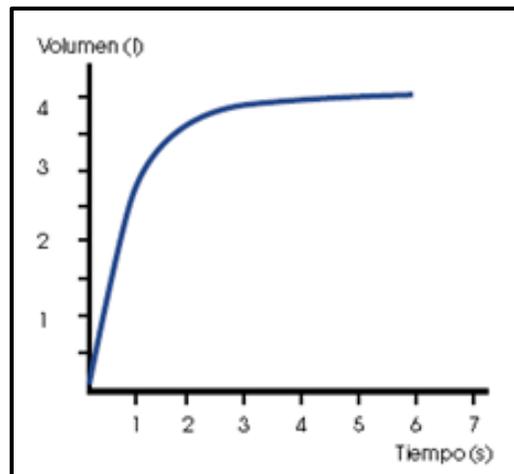


Figura-1.3.11- curva volumen/tiempo sin esfuerzo pero similar a la curva normal- (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.2, 15)- Consultado 28-Enero-2013)

CAPITULO II

TIPOS DE ESPIROMETROS

Existen una gran variedad de espirómetros en la actualidad, con distinto tamaño, funciones y aplicaciones, pero todos estos se dividen solo en 2 tipos indicados en la (Figura-2.1) que veremos a continuación.

2.1 Espirómetros de volumen

Fueron los espirómetros iniciales y siguen utilizándose como elemento patrón para las calibraciones. Son equipos cerrados, con una campana conectada a las vías aéreas y selladas mediante un recipiente de agua. La campana se conecta a un quimógrafo, montado sobre un sistema de inscripción, que se desplaza a una velocidad conocida y permite derivar el cálculo de flujo a partir de la señal de volumen obtenida.

Estos equipos fueron sustituidos progresivamente por sistemas de pistón o de fuelle (espirómetros secos) que permitieron prescindir del recipiente de agua y hacer el equipo mucho más sencillo y portátil.

Muchos de estos equipos utilizan un potenciómetro para generar una señal analógica proporcional al volumen desplazado, y a través de un convertidor analógico-digital puede almacenarse en un ordenador.

2.2 Espirómetros de flujo (neumotacógrafos)

El principio de funcionamiento en el que se basan los neumotacógrafos es la medición de la diferencia de presiones del aire antes y después de atravesar una resistencia conocida. Esa diferencia de presiones es directamente proporcional al

flujo de aire a través del dispositivo. Una vez obtenido el flujo, el microprocesador calcula los volúmenes por integración matemática del flujo en función del tiempo.

El principal problema de los neumotacógrafos es que pueden verse afectados por la condensación.

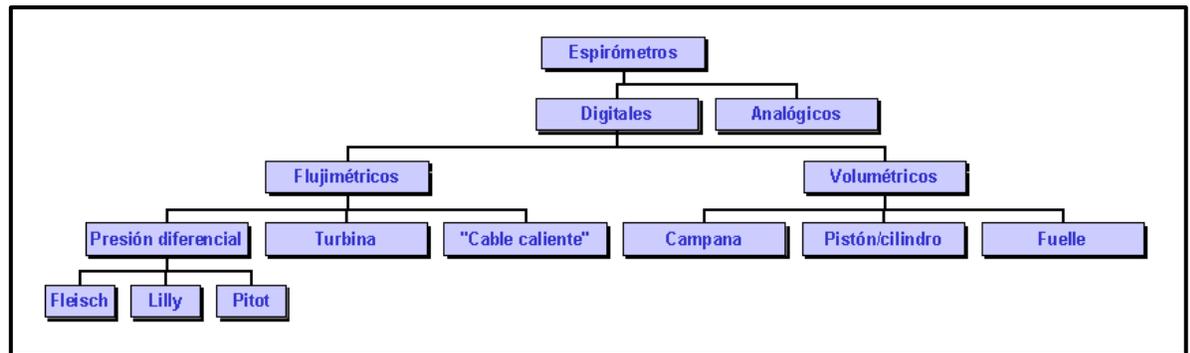


Figura-2.1- Clasificación de Espirómetros (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 4- Consultado 5-Febrero-2013.)

2.1.1. Espirómetros de Campana

Este tipo es el que hasta el día de hoy se sigue utilizando con unas pocas variaciones, el espirómetro de agua (Figura-2.1.1) está conformado por una campana de plástico o de un metal ligero que se encuentra introducido en un recipiente con agua. La campana se encuentra equilibrada mediante una pesa y un sistema de poleas.

Cuando se realiza la espiración del paciente, se introduce aire bajo la campana, ésta se eleva provocando que la pesa descienda. Cuando se está realizando este movimiento, este se va registrando mediante un inscriptor que está en un rodillo de papel que se mueve a una velocidad constante este instrumento tiene el nombre de quimógrafo (Figura.2.1.2) Lo mismo sucede al realizar la inspiración, sólo que el movimiento es el contrario aquí la campana baja y el peso sube. Este tipo de espirómetro dibuja el conocido registro de volúmenes pulmonares. Para

registrar este movimiento también se utiliza un potenciómetro que transforma el movimiento del peso en una señal eléctrica.



Figura-2.1.1-Espirómetro de Agua- (Fuente Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 5)- Consultado 6-Febrero-2013.)

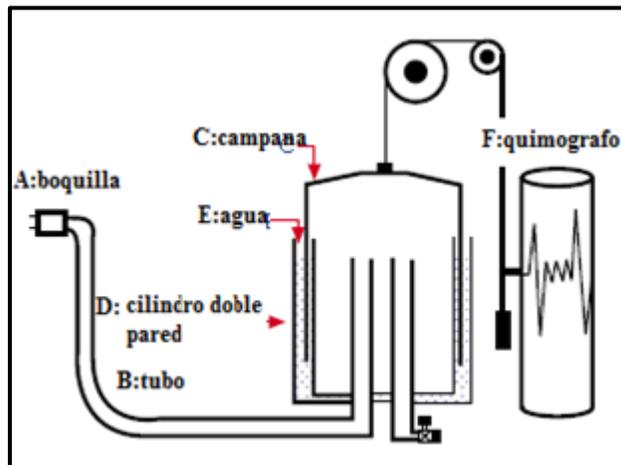


Figura-2.1.2- Esquema de Espirómetro de Agua- (Fuente Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo,6)- Consultado 6-Febrero-2013.)

Ventajas

- Fácil de usar
- Fiable
- Preciso
- Reproducible
- Proporciona copia en papel

Desventajas

- Requiere mantenimiento por técnicos
- No se puede transportar
- Difícil de limpiar si se contamina
- En algunos casos si no posee microprocesador los cálculos se deberán hacer manualmente

2.1.2 Espirómetros de Pistón

A diferencia del espirómetro anterior, este trata de un espirómetro seco, es decir, no va sellado en agua (Figura-2.2.1).

Este espirómetro consiste en un pistón que se desplaza dentro de un cilindro debido a que es empujando por el aire espirado del paciente, este movimiento se traslada a un lápiz que registra el desplazamiento sobre un papel que se mueve a una velocidad constante, obteniéndose así curvas de volumen/tiempo pulmonar (Figura-2.2.2). Se puede acoplar un potenciómetro como en el caso anterior en el vástago del pistón, para que transforme el movimiento de éste en una señal eléctrica, pudiendo así conectarse a un microprocesador.

El espacio pistón-cilindro se encuentra sellado por un material flexible que no deja escapar el aire.

Algunos espirómetros de pistón permiten el registro de volúmenes estáticos por espirometría simple; en cambio en otros modelos sólo permiten el registro de la maniobra de espiración forzada.



Figura-2.2.1- Espirómetro de Pistón (Fuente: Carruso Mariano, Espirometría Transductores de Flujo, 7)- Consultado 6-Febrero-2013)

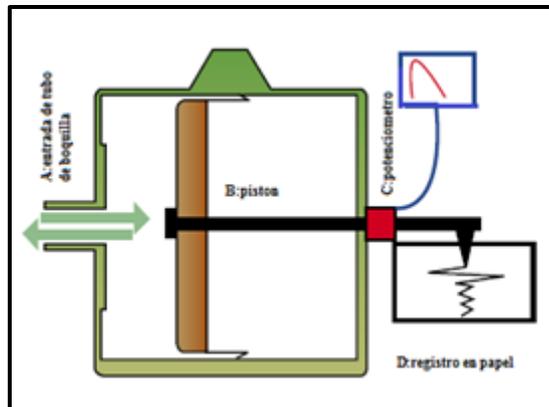


Figura-2.2.2- Esquema Espirómetro de Pistón. (Fuente: Carruso Mariano, Espirometría Transductores de Flujo, 8)- Consultado 6-Febrero-2013)

Ventajas

- Fácil de usar
- Fiable
- Preciso
- Reproducible
- Proporciona copia en papel

Desventajas

- Requiere mantenimiento por técnicos
- No se puede transportar
- Difícil de limpiar si se contamina
- En algunos casos si no posee microprocesador los cálculos se deberán hacer manualmente
- Puede descalibrarse si se mueve

2.1.3. Espirómetros de Fuelle

Este al igual que el anterior es un espirómetro seco. Su principio de funcionamiento consta en que al soplar el paciente, el aire espirado “hincha” un fuelle (que puede tener forma de cuña o de concertina) (Figura-2.3.1), y el movimiento de esta pared se registra sobre un papel que se mueve a velocidad constante. Las curvas que se adquieren son de volumen/tiempo. Se puede adaptar un potenciómetro y un microprocesador a este espirómetro como en los casos anteriores, de forma que a partir del volumen y el tiempo se pueda calcular los flujos, posibilitando así la obtención de curvas de flujo/volumen.

Antes de la aparición de los neumotacógrafos, este espirómetro era el más extendido, y el que popularizó la práctica de la espirometría, ya que es más pequeño y práctico que el de agua. Inicialmente el papel sólo alcanzaba 6 segundos, aunque los modelos actuales ya registran 12 segundos pero generalmente sólo registra la espiración forzada.

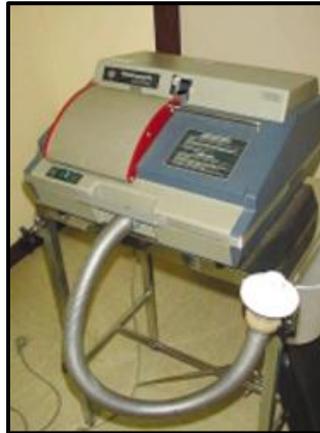


Figura-2.3.1- Espirómetro de Fuelle Vitalograph- (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 9)- Consultado 10-Febrero-2013.)

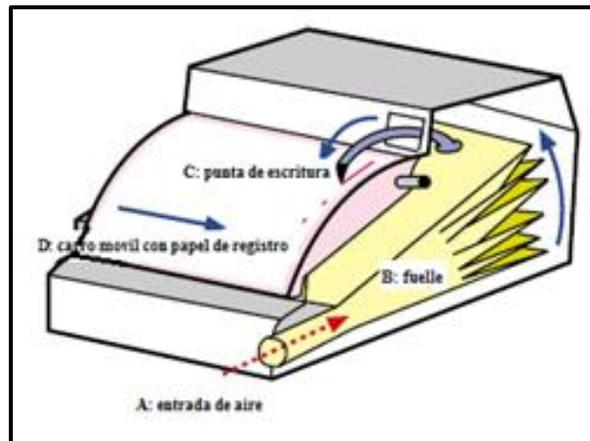


Figura-2.3.2- Esquema de Espirómetro de Fuelle- (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 10)- Consultado 10-Febrero-2013.)

En cuanto a lo que se refiere a ventajas y desventajas son las mismas que en el caso del espirómetro de pistón.

2.2.1 Espirómetro diferencial tipo Fleisch

El neumotacógrafo Fleisch (Figura-2.4.1) está conformado por un conjunto de tubos capilares que suministran una resistencia fija y pequeña al flujo de aire. Luego pequeñas aperturas en cada extremo de los tubos capilares se utilizan para medir la diferencia de presión que se crea cuando el flujo de aire pasa a través del dispositivo.

Esta diferencia de presión, es muy pequeña y es medida con un sensor de presión diferencial que a la salida genera una señal eléctrica a partir de la cual se obtienen los valores de flujo (Figura-2.4.3).



Figura-2.4.1- Espirómetro Tipo Fleisch Vitalograph.- (Fuente Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 17)- Consultado 10-Febrero-2013.)



Figura-2.4.2- Cabezal Espirómetro tipo Fleisch. (Fuente Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 17)- Consultado 10-Febrero-2013.)

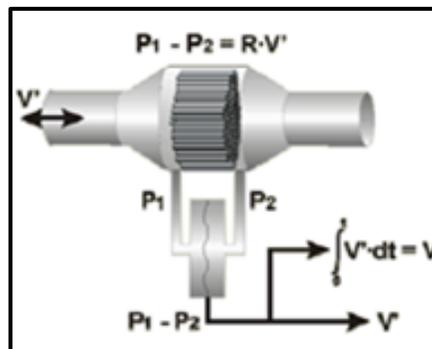


Figura-2.4.3- Principio de Funcionamiento Espirómetro tipo fleisch. (Fuente Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 17)- Consultado 10-Febrero-2013.)

2.2.2 Espirómetro diferencial tipo Lilly

El neumotacógrafo Lilly (Figura-2.5.1) tiene un cabezal (Figura-2.5.2) que está conformado por una malla o conjunto de mallas que generalmente son metálicas, estas suministran una resistencia fija y pequeña al flujo de aire, al igual que es el caso anterior, este pequeño flujo es registrado por un transductor (Figura-2.5.1).



Figura-2.5.1- Espirómetro tipo Lilly- (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 19- Consultado 16-Febrero-2013.)

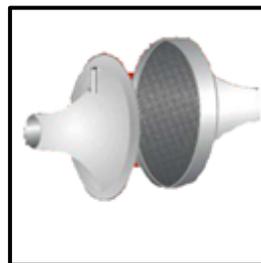


Figura-2.5.2- Cabezal Espirómetro Lilly y Pitot. (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 19- Consultado 16-Febrero-2013.)

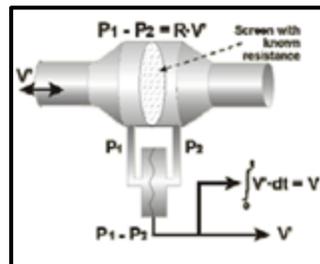


Figura-2.5.3- Principio de Funcionamiento Espirómetro tipo Lilly y Pitot. (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 19- Consultado 16-Febrero-2013.)

2.2.3 Espirómetro diferencial tipo pitot o desechable

Se trata básicamente de un cabezal tipo lilly, son idénticos en su forma física y funcionamiento, solo que en este caso el material de la malla es desechable (Figura-2.5.1). Este cabezal se desecha entero tras el uso con cada paciente, sustituyéndose así uno para cada paciente que se lo necesite.

Ventajas de Neumotacógrafos

- Fáciles de usar.
- Son muy fiables en cuanto a la adquisición de datos.
- Muy reproducibles.
- Son espirómetros modernos por lo tanto su tamaño es reducido.
- Por su tamaño son fáciles de transportar.

Desventajas de Neumotacógrafos

- Por la temperatura que el aire posee al salir del cuerpo afecta en la medición ya que puede existir condensación.
- Requieren de una impresora o ser conectados a un ordenador para visualizar las curvas.
- Para su limpieza, se lo hace de la manera más cuidadosa y siguiendo las normas de cada fabricante.

2.3. Espirómetro de Turbina

Este tipo de espirómetro basa su principio de funcionamiento (Figura-2.6.1) en un flujo de aire que hace mover una hélice muy sensible con aspas finas que moderan el flujo, la hélice está sujeta por un eje en la mitad y de extremo a extremo y se encuentra en el cabezal. La forma en que registra el flujo que está pasando a través del cabezal es mediante dos laser infrarrojos que se encuentran al inicio y final del cabezal (Figura-2.6.2), cada vez que los laser son interrumpidos por el movimiento de la hélice registra el flujo, dependiendo de la

velocidad en que se mueva la hélice será el flujo, esto nos dice que son directamente proporcionales. La información es mandada a un microprocesador en donde luego podrá ser vista en el aparato. Una de las características que nos presenta este espirómetro es que nos puede dar la velocidad y el sentido en que el aire está fluyendo.

Algunos espirómetros de turbina (Figura-2.6.3) poseen más de dos laser para medir el flujo de aire y ser más precisos, pero solo con dos bastaría para que tenga un correcto funcionamiento.

Ventajas

- Fáciles en su manejo.
- Muy reproducible.
- Espirómetros modernos, poseen un tamaño pequeño y son ligeros.
- Como su tamaño es reducido son fáciles de transportar.
- Su limpieza es sencilla.
- Son baratos a comparación de los otros tipos de espirómetros.

Desventajas

- Si el diseño del aparato es malo, las medidas se pueden infraestimar o supraestimar.
- Al igual que los neumotacógrafos no posee una pantalla para visualizar las curvas, así que necesita de un ordenador o impresora, pero hay uno nuevo que ya posee pantalla.
- Debido a la sensibilidad de la hélice puede descalibrarse y las medidas no siempre van a ser precisas.

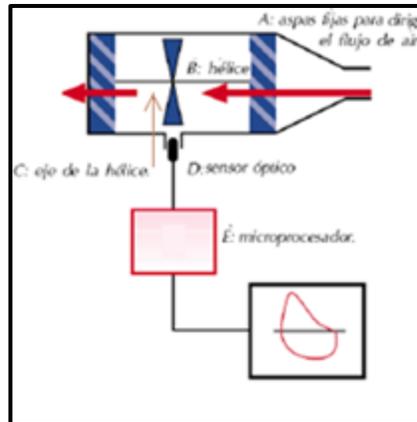


Figura-2.6.1- Principio de Funcionamiento Espirómetro de Turbina (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 45)- Consultado 16-Febrero-2013.)

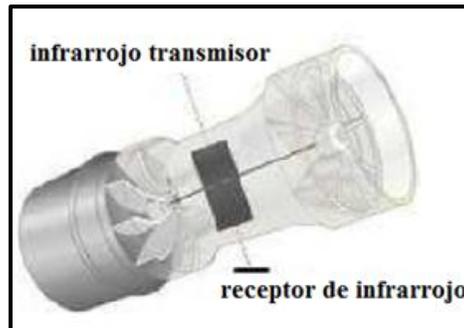


Figura-2.6.2- Cabezal Espirómetro de Turbina (Fuente: Carruso Mariano, Espirometria Transductores de Flujo, 46)- Consultado 16-Febrero-2013.)



Figura-2.6.3- Espirómetro de Turbina Cosmed Pony Graphics (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.1, 18)- Consultado 17-Febrero-2013.)

2.4 Espirómetro de Hilo Caliente

Este espirómetro basa su principio de (Figura 2.7.1) en que el flujo de aire que entra por el cabezal, enfría un hilo metálico que generalmente es de platino o tungsteno que se encuentra dentro del mismo. Este hilo se encuentra a una temperatura constante debido a que un circuito electrónico lo calienta, pero al momento en que este se empieza a enfriar por el flujo de aire, el circuito tiene que brindar más corriente al hilo para que este permanezca a su temperatura. En conclusión tenemos que la corriente consumida por el circuito es directamente proporcional al flujo de aire, ya que cuando existe más flujo, el hilo se enfriará más.

Estos tipos de espirómetros no son muy utilizados dándose el caso que en Europa nadie lo utiliza.

Ventajas

- Su manejo es muy fácil.
- Al momento de las pruebas sus resultados son muy reproducibles y fiables.
- Debido a su tecnología son muy ligeros y de tamaño pequeño, facilitando su transporte.
- Fácil en su mantenimiento, limpieza y calibración.
- Son relativamente baratos comparando con los demás espirómetros.

Desventajas

- Debido al tipo de sensor de hilo metálico nos da una salida con la misma polaridad, así que nos limita a flujos unidireccionales.
- Afecta las mediciones debido a la temperatura.
- Necesita una impresora u ordenador para las gráficas.
- No siempre es preciso.

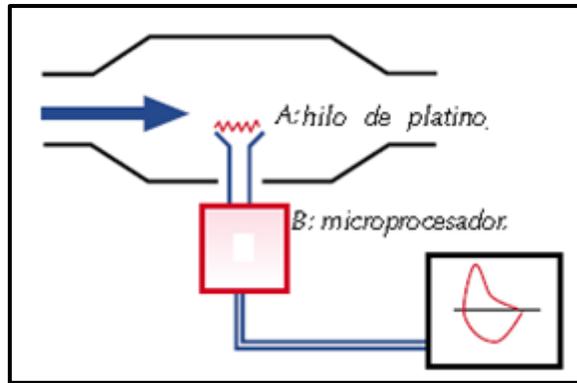


Figura-2.7.1- Esquema de un Espirómetro de Hilo Caliente (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-1.1, 19)- Consultado 17-Febrero-2013.)



Figura-2.7.2- Espirómetro de Hilo Caliente CMS (Fuente: Tipos de Espirómetros, <http://es.aliexpress.com/item/hot-selling-spirometer-multi-function-1-8-160x128-TFT-display-led-backlight-Light-weight-and-portable/455902218.html>)- Consultado 20-Febrero-2013.)

2.5 Espirómetro de Ultrasonido

Son espirómetros de alto costo pero son eficientes y precisos, su principio de funcionamiento (Figura-2.8.1) se basa en ondas de ultrasonidos que se encuentran en el interior del cabezal, estas ondas forman un determinado ángulo debido a la dirección del flujo de aire. La diferencia entre las ondas que van en el

mismo sentido que el flujo con las que van en sentido contrario nos dan la velocidad y el sentido del flujo.

Ventajas

- Fáciles de manejar.
- Tienen precisión y son reproducibles.
- Son ligeros y de reducido tamaño así que su transporte es fácil también.
- Fáciles de limpiar.
- No tiene partes móviles.

Desventajas

- Necesitan impresora u ordenador para la impresión de las curvas.
- Son los más caros que existen.

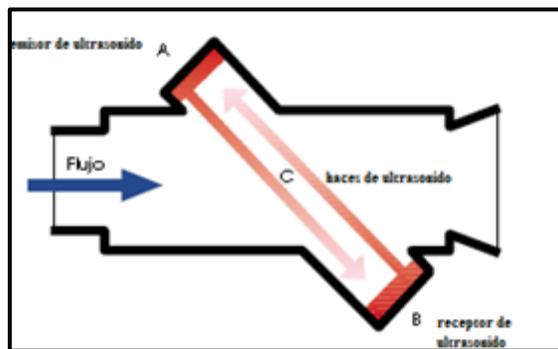


Figura-2.8.1- Principio de Funcionamiento Espirómetro de Ultrasonido (Fuente: Tipos de Espirómetros, <http://es.aliexpress.com/item/hot-selling-spirometer-multi-function-1-8-160x128-TFT-display-led-backlight-Light-weight-and-portable/455902218.html>)- Consultado 20-Febrero-2013.)



Figura-2.8.2- Espirómetro de Ultrasonido EASYONE -(Fuente: Espirómetros de Ultrasonido, http://www.henryschein.com/us-es/images/Medical/spirometry_0410_01.jpg)- Consultado 20-Febrero-2013.)

CAPITULO III

MANTENIMIENTO Y SELECCIÓN DE ESPIRÓMETROS

3.1 Mantenimiento y Calibración de Espirómetros

Mantenimiento

El mantenimiento de los espirómetros es muy importante, las personas que realicen este trabajo deben tener en cuenta instrucciones concretas de los pasos a seguir ya que de esto depende el perfecto estado de funcionamiento del aparato.

En primer lugar se debe tener el manual de funcionamiento del espirómetro que se esté utilizando, para solucionar algún problema o consultar alguna duda.

En segundo lugar se debe tener una libreta de mantenimiento por parte del usuario, anotando en ella con fecha cada acontecimiento o problema ocasionado por el espirómetro. Esta libreta debe constar apuntes de:

- Forma de realizar la prueba
- Registro de cómo se realizó la calibración
- Registro de limpieza
- Errores
- Mantenimiento

Calibración

La calibración de los espirómetros también es una parte muy importante del proceso de la prueba diagnóstica ya que de esto depende el correcto funcionamiento del aparato y del resultado de las pruebas.

Todos los tipos de espirómetros que hemos visto anteriormente poseen el mismo tipo de calibración, según la ATS y SEPAR se debe calibrar diariamente el aparato antes de realizar cualquier tipo de prueba con una jeringa que contenga por lo menos un volumen de 3 litros en el caso de los neumotacógrafos, y en los espirómetros volumétricos se debe realizar una calibración semanal.

La calibración de todos los espirómetros deben realizarse usando instrucciones establecidas por cada fabricante, pero todos consisten en hacer pasar un determinado volumen de aire a través de la boquilla viendo que no exista ninguna obstrucción y comprobar que el volumen suministrado sea el mismo que registra el aparato.

Para realizar esta operación se utiliza una jeringa de 1, 3 o 5 (Figuras- 3.1.2- 3.1.3) litros y se hace entrar el aire en la boquilla con una manguera mediante un embolo que posee la boquilla (Figura-3.1.1). En primer lugar con un volumen fijo hacemos entrar aire con distintos flujos y comprobando que el aparato registre el volumen que se le suministre, esto nos permite verificar la linealidad del aparato. En segundo lugar se realiza variando los volúmenes de la jeringa para comprobar la exactitud del aparato. En tercer lugar hacemos el ingreso del aire en forma explosiva con cualquier tipo de volumen para simular la espirometría forzada y comprobar que el aparato registre de forma correcta la maniobra.

En los espirómetros modernos la calibración se hace de forma automática y el aparato va indicando los pasos a seguir para realizarla, pero en otros se las realiza de forma manual.

Es importante que al momento en que se vaya a calibrar el aparato, el aire de la jeringa deba estar a la misma temperatura y presión atmosférica que esta el aparato. Verificar que la jeringa no tenga ninguna fuga.



Figura-3.1.1- Conexión para Calibración (Fuente: Carruso Mariano, CALIBRACION DE ESPIROMETROS, 2)-consultado 4-marzo-2013)



Figura-3.1.2- Jeringa de calibración de 3 litros. Este modelo lleva un pistón graduado que puede variar el volumen- (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo-3) -consultado 5-marzo-2013)



Figura-3.1.3- Jeringa de calibración de 1 litro (Fuente: Cimas, Pérez, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria-capítulo- 4) -consultado 5-marzo-2013)

3.2 Limpieza de Espirómetros

Para realizar la limpieza de estos aparatos se hace de la misma forma para todos, con la excepción que en los neumotacógrafos se tiene que realizar una limpieza especial y más delicada debido a los sensores que posee. A continuación describiremos la forma de limpieza de los componentes de los espirómetros, seguido de la limpieza de los neumotacógrafos.

- **Boquillas:** como se vio anteriormente en la realización de la prueba espirométrica, se provee a cada paciente una boquilla desechable para cada prueba; pero si este no fuera el caso de tener boquillas desechables, se tendrá que

lavar la misma con agua y detergente para luego desinfectarla con glutaraldehído al 2% durante unos 15 minutos mínimo.

- **Tubos y conexiones:** la limpieza de estas partes no se las debe realizar diariamente o después de cada prueba como sucede en las boquillas, basta con realizarla una vez a la semana igualmente con agua y detergente. Se recomienda dejar las partes desmontadas para que se evapore el vapor que se encuentra en el interior de los instrumentos.
- **Pinzas nasales:** no es necesario su desinfección como las otras partes, bastaría con pasar un poco de alcohol o colocar una gasa entre las almohadillas de la pinza y la nariz para evitar algún tipo de contacto.
- **Filtros antibacterianos:** no es obligado su uso ya que no han existido pruebas de algún contagio, pero se recomienda su utilización para evitar la aspiración de secreciones depositadas en el sistema.

De esta forma se realiza la limpieza de todos los espirómetros ya que poseen las mismas partes todos, a continuación seguiremos con la limpieza de cabezales de los espirómetros neumotacógrafos.

- **Transductor tipo turbina:** la mayor parte de estos tipos de espirómetros permiten retirar la turbina del cabezal, luego se debe sumergir en agua jabonosa tibia o en alguna sustancia que sea bactericida para su desinfección, la turbina debe estar sumergida por lo máximo unos 15 minutos, luego sacarla para sumergirla en agua destilada fría y por último dejarla secar a la temperatura ambiente. Se debe tener mucho cuidado en cuanto a la limpieza de este sensor ya que es muy sensible y podría dañarse, para lo cual se recomienda al momento de realizar la limpieza que no se sacuda la turbina dentro del agua ni hacer pasar chorros dentro de la misma, al momento de secarla no hacerlo con ningún instrumento como una secadora o soplete, y no utilizar ninguna solución como

pervinox, o alcohol. Se recomienda siempre seguir las instrucciones del manual de usuario del tipo de espirómetro.

- **Transductor tipo fleisch:** al igual que en los de tipo turbina se puede retirar el núcleo del neumotacógrafo del cabezal y separarla de la carcasa calefactora si existiera. A continuación se sumerge el sensor en agua tibia jabonosa o en una sustancia bactericida como (dietilentriamina o dicloroisocianurato sódico) para desinfectarla, al momento que se encuentre en cualquiera de estas dos sustancias se la agita dentro de ellas para limpiar sus capilares y de igual forma que en el caso anterior sumergirla en agua destilada limpia; para su secado se la hace a temperatura ambiente pero de ser necesario se la puede sopletear con aire u oxígeno para eliminar el agua que se encuentra dentro de sus capilares. Se debe tener cuidado de no introducir ningún objeto en los capilares del núcleo, ni sopletarlo cuando se encuentre dentro del cabezal, ni raspar los conos linealizadores o el frente del núcleo, utilizar las sustancias establecidas por el fabricante no otras como solventes o abrasivas ya que podrían dañar el núcleo.
- **Transductor tipo pitot:** en estos espirómetros se puede retirar por completo el sensor, al momento de la limpieza se la hace de igual forma que el tipo fleisch, agitándolas en agua caliente, luego ponerlo en agua destilada y por ultimo secarla a temperatura ambiente, en este caso utilizamos aire comprimido para eliminar el aire dentro de la malla como así lo recomienda el fabricante. De igual forma se debe tener cuidado de sopletear el neumotacógrafo cuando este se encuentre colocado o colocarlo húmedo y jamás secarlo con calor.
- **Transductor tipo Lilly:** se pueden retirar el núcleo de todo el sistema como en el caso anterior y la forma de limpieza es casi igual, con la diferencia que estos se pueden cepillar con un cepillo de dientes suavemente sin realizar una presión excesiva. En estos se debe tener cuidado de colocar las mallas en cualquier orden y de cualquier cara

Se recomienda realizar una rutina de mantenimiento diario del equipo para así conservarlo en perfecto estado y tener una buena durabilidad. La calibración se debe realizar lo más frecuentemente y ante alguna sospecha de algún extraño dato obtenido por el aparato, hay detenerse y verificar su funcionamiento. Y lo más importante para cualquier calibración, mantenimiento o limpieza de cualquier equipo, es seguir las recomendaciones establecidas por cada fabricante.

3.3 Indicaciones y Contraindicaciones

3.3.1-Indicaciones

Las indicaciones para realizar la espirometría son las siguientes:

- Cuando un paciente presente síntomas relacionados con la respiración como tos, disnea, sibilancias, entre otros, es necesario evaluar la capacidad respiratoria con una prueba espirométrica.
- Valorar el impacto que producen las enfermedades de otros órganos o sistemas (patología cardíaca, renal, hepática, etc.) con la respiración.
- Para pacientes que tienen asma, EPOC u otras enfermedades respiratorias, es necesario que se le realice un seguimiento para diagnóstico y tratamiento de su enfermedad.
- Evaluar el riesgo de procedimientos quirúrgicos.
- Estudios epidemiológicos que incluyan patología respiratoria.
- Mediante el suministro de fármacos o ensayos clínicos farmacológicos ver la respuesta terapéutica que presenta el paciente.
- Detectar de forma inmediata las consecuencias respiratorias de pacientes que están expuestos a tabaco, agentes laborales, procesos alérgicos, etc.)

3.3.2- Contraindicaciones

En cuanto a las contraindicaciones que se refiere en espirometría forzada son todas aquellas situaciones clínicas o circunstancias que desaconsejan la realización de un esfuerzo físico en la cual la situación clínica del paciente puede empeorar o pueden dar como consecuencia una mala realización de la prueba. Las principales causas de estos problemas son las siguientes.

- Falta de entendimiento y colaboración al momento de realizar la prueba.
- Enfermedades que provoquen dolor torácico inestable.
- Hemoptisis reciente.
- Aneurisma torácico o cerebral
- Infarto reciente
- Desprendimiento de retina o cirugía de cataratas reciente.
- Cuando faltan algunas piezas dentales esto provoca Traqueostomía.

Se debe tener en cuenta que todo lo indicado anteriormente es relativo es decir, que depende de la circunstancia en que se encuentre y de cada paciente.

3.4- Requisitos para elección de un espirómetro

Como habíamos visto anteriormente existen dos grandes tipos de espirómetros, volumétricos y flujométricos, pero en la actualidad los volumétricos han sido desplazados por estos segundos ya que poseen un sensor que registra el volumen de aire con el tiempo que demora un paciente en hacerlo y su señal eléctrica es representada como un flujo y a continuación mandado a un microprocesador que calcula los volúmenes. La fiabilidad de los espirómetros se concentran en estas dos últimas partes que son las más importantes como el sensor de flujo y el microprocesador, las cuales deben cumplir requisitos establecidos.

- **Requisitos Mínimos**

1. Volumen: el espirómetro debe ser capaz de medir volúmenes entre 0,6 y 8 litros, con flujo entre 0 y 14 litros/segundo Volumen mínimo detectable de 30 ml.
2. Inercia y resistencia: debe haber menos de 1,6 cm H₂O /litros/segundo, a un flujo de aire de 12 litros/segundo.
3. Determinación del tiempo cero: para aquéllos sistemas computarizados y para fines del tiempo, el inicio de la prueba debe determinarse por medio de una extrapolación retrógrada.
4. Tiempo de lectura de 16 segundos.
5. Corrección BTPS: el instrumento o el operador deben tener la manera de convertir los valores a BTPS (Body Temperature and Pressure Saturated with water vapor) que es el modo de medir un volumen de gas a temperatura corporal (37 °C), presión atmosférica ambiental y presión de vapor de agua a temperatura corporal (P_{H₂O} = 47 mmHg). Este factor corrige las diferencias de temperatura y saturación de vapor de agua entre el pulmón del sujeto y el medio exterior, para determinar el volumen real de aire exhalado. Todos los valores espirométricos deben ser registrados con corrección BTPS.
6. Disponibilidad de valores de referencia adecuados y posibilidad de selección por el técnico.
7. Calidad de los resultados: validación por un laboratorio independiente. La FVC y el FEV₁, deben ser medidos con una exactitud dentro del $\pm 3\%$ o ± 60 ml. Al verificar la calibración del volumen, se debe lograr una exactitud dentro del $\pm 3\%$ o ± 60 ml. Mediciones de flujo con una exactitud entre un $\pm 6\%$ o 200 ml/segundo.

8. Capacidad para almacenar la señal eléctrica de 24 curvas flujo/volumen.
9. Deben tener la capacidad de visualizar en pantalla, en tiempo real, los valores y gráficos durante toda la maniobra de la espirometría forzada. También deben disponer de notas de advertencia sobre el cumplimiento o incumplimiento de los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad para selección de las mejores curvas.
10. Posibilidad de impresión de los resultados de la prueba (numéricos y gráficos).
11. Posibilidad de calibración con jeringa de 3 litros y verificación de resultados.
12. Facilidad de limpieza y desinfección fácil de las partes expuestas. Debe existir la posibilidad de utilizar filtros antibacterianos.

- **Otros requisitos importantes a considerar.**

1. Portabilidad y uso sencillo.
2. Software con entorno intuitivo y posibilidad de conexión a un ordenador.
3. Informe final modificable según necesidades.
4. Incentivo visual para pacientes con el fin de conseguir la mejor maniobra.
5. Disponibilidad de un manual de usuario.
6. Servicio técnico accesible, mantenimiento fácil y económico del equipo.

3.4- Elección de Espirómetro

A continuación veremos los ámbitos en donde se puede realizar la espirometría y el espirómetro que podríamos recomendar dependiendo del lugar.

- **Hospital:** en lo que compete al ámbito hospitalario, es el habitual para la realización de espirometría, ya que brinda servicios importantes para las personas, teniendo lugares dedicados solo para la realización de la prueba espirométrica, la misma que se realiza también en los laboratorios de función pulmonar, en las unidades de hospitalización, en las consultas externas, o en lugares que cumplan las indicaciones antes mencionadas.

En un hospital es muy importante que se tenga disponible un buen tipo de espirómetro, que no presente fallas y que sea duradero con datos correctos y con la menor falla posible, en cuanto al costo podemos prescindir ya que cualquier hospital puede abarcar el precio de este aparato, el espirómetro que recomendaría en cuanto a las especificaciones que posee y para las necesidades de esta unidad sería el **Espirómetro de Ultrasonido**, ya que este a pesar de poseer un elevado costo nos puede brindar fiabilidad en cuanto a los resultados, y no necesita de una rigurosa calibración ya que comparando los sensores de los otros espirómetros el de ultra sonido es el que menos fallas puede presentar y el más duradero, justificando así su costo y para la obtención de las curvas este espirómetro puede permanecer conectado a un ordenador y a una impresora. Como hemos revisado anteriormente también se realizan pruebas sencillas en las cuales no es necesario tener tanta precisión ya que solo se mide el volumen, así que también recomendaría tener un **Espirómetro de Agua** que es fiable en esa medición y barato en su costo. En cuanto al tamaño no sería de preocuparse ya que una hospital puede contar con una sala espirométrica grande.

- **Ambulancia:** en lo que respecta al ámbito ambulatorio se necesita de rapidez y portabilidad al momento de realizar la prueba, ya que pueden suscitarse incidentes graves de emergencia como normalmente pueden pasar, además que en ese momento se añade información importante de seguimiento de los procesos crónicos susceptibles de control. Viendo todo esto el espirómetro que puedo recomendar sería el **Espirómetro de Turbina**, necesita de una buena calibración pero solo una vez al día, es fiable igual que todos pero en cuanto a su costo es barato para las cualidades que posee y son fáciles de usar, pudiendo solucionar cualquier problema que suscite en ese momento, además que en la actualidad estos espirómetros poseen de una impresora en el mismo aparato para la obtención de las curvas, siendo muy útil para el diagnóstico posterior en un hospital, el único problema por así decirlo que posee es que la turbina que posee en su interior es muy sensible y que si no se tiene el debido cuidado puede dañarse o descalibrarse en cualquier momento, teniendo como consecuencia un error en la obtención de datos.
- **Domicilio:** para un futuro se está proyectando hacer la incorporación de equipos portátiles y que sean muy fáciles de manejar, y para que la transmisión de la información de la prueba llegue al técnico o doctor para el diagnóstico, se puede hacer con transmisión telefónica de señales informáticas. Pero por el momento para el seguimiento de alguna enfermedad como el asma, o alguna duda de comienzo de deficiencia respiratoria, como fumar, lugar de trabajo, etc., que se desee realizar en el domicilio, podríamos utilizar un **Espirómetro de Hilo Caliente**, ya que aunque no siempre es preciso en la adquisición de datos como el resto de los demás espirómetros es el más barato de todos en el mercado, pudiendo ser accesible la adquisición de este para cualquier usuario.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber realizado este trabajo, se puede afirmar que la Espirometría es una parte muy importante que se debe adaptar a nuestra vida, ya que es de gran utilidad al momento de realizar un control, diagnóstico, seguimiento y un tratamiento de la función respiratoria. En el caso de la prueba broncodilatadora nos es de gran ayuda para personas que nacieron o adquirieron algún tipo de enfermedad respiratoria, ya que se necesita un gran control sobre ellos para observar la evolución de la enfermedad y como hace efecto el fármaco que se le está suministrando.

Como se estudió anteriormente en el trabajo, la función pulmonar de todas las personas son diferentes, ya que dependen de factores que al parecer no parecen importantes, pero que en realidad lo son como la edad, sexo, altura, peso, raza, en esta última se ha demostrado mediante estudios que en la raza negra el FVC es un 10% menor que la raza blanca.

Para una buena adquisición de datos, se debe seguir estrictamente todos los pasos que se estudió anteriormente al momento de realizar la prueba, además de asegurar que el conocimiento del técnico sea el adecuado para que pueda solucionar cualquier problema cuando se lo presente.

Poseer todo el conocimiento acerca de la funcionalidad y de las partes que constituyen todos los tipos de espirómetros, permitirá solucionar problemas que ocurran al momento de la realización de la prueba con la mejor eficacia y de la forma más sencilla, además de que se podrá realizar su calibración, mantenimiento y limpieza del aparato, dando así una gran durabilidad.

Para la elección de un espirómetro es muy importante revisar todas las características que posee, las mismas que tienen que haber sido aprobadas por alguna institución de respiración pulmonar como por ejemplo SEPAR, para que sean validadas como un espirómetro y pueda utilizarse.

Para el caso del tipo de espirómetro que se puede utilizar en los distintos lugares como un hospital, ambulancia y hogar, recomiendo los siguientes, ya que ha sido revisando su funcionalidad, ventajas, precio, de la función que se quiere que realice en ese lugar y la dificultad de usar:

Hospital: Espirómetro de Ultrasonido y Espirómetro de Agua, poseer los dos.

Ambulancia: Espirómetro de turbina.

Hogar: Espirómetro de Hilo Caliente.

BIBLIOGRAFIA

- BARBERÁ, BURGOS, CASAN, GINER, Manual SEPAR de Procedimientos- Espirometria, Editado y coordinado por Luzán 5, S. A. de Ediciones para Novartis Farmacéutica S.A. 2009. Consultado 21-febrero-2013.
- CARRUSO Mariano- Presentaciones Calibracion de Espirómetros. Buenos Aires – Argentina – Curso de POSTGRADO – Especialización Electromedicina. 2012. Consultado 4-marzo-2013.
- CARRUSO Mariano- Presentaciones -Espirometria Transductores de Flujo. Buenos Aires – Argentina – Curso de POSTGRADO – Especialización Electromedicina. 2012. Consultado 5-febrero-2013.
- CARRUSO Mariano- Presentaciones de Introducción a la Espirometria. Buenos Aires – Argentina – Curso de POSTGRADO – Especialización Electromedicina. 2012. Consultado 20-enero-2013.
- CIMAS, PÉREZ, Técnica e Interpretación de Espirometría en Atención Primaria –capítulo-1.1, 2009. Consultado 23-enero-2013.
- DE VITO Eduardo Luis, historia de la espirometría, Buenos Aires – Argentina – Curso de POSTGRADO – Especialización Electromedicina. 2012. Consultado 16-enero-2013.
- DE VITO Eduardo Luis, labneumo@lanari.fmed.uba.ar, consultado 10 de Marzo del 2013. Consultado 15-enero-2013.
- LÓPEZ Orlando, Control de Calidad de Espirómetros – Protocolos y resultados.2005. Primera Edición. Consultado 1-marzo-2013.

- MAZZEI, NAZARIO, MONGE, Aparato Respiratorio. Buenos Aires – Argentina – Curso de POSTGRADO – Especialización Electromedicina. 2012. Consultado 10-enero-2013.
- NEUMOSUR, SAMFyC y SEMERGEN-Andalucía, Documento de Consenso sobre Espirometría en Andalucía 2010. Consultado 20-enero-2013.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Espirómetro de Hilo Caliente-<http://es.aliexpress.com/item/hot-selling-spirometer-multi-function-1-8-160x128-TFT-display-led-backlight-Light-weight-and-portable/455902218.html>. Consultado 20 de Marzo del 2013.
- Espirómetros de Ultrasonido, http://www.henryschein.com/us-es/images/Medical/spirometry_0410_01.jpg)- Consultado 20-Febrero-2013.
- Jeringa de Calibracion de 3 litros- <http://tienda.fisaude.com/jeringa-calibracion-p-2898.html>. Consultado 10 de Marzo del 2013.
- Tipos de Espirómetros, <http://es.aliexpress.com/item/hot-selling-spirometer-multi-function-1-8-160x128-TFT-display-led-backlight-Light-weight-and-portable/455902218.html>)- Consultado 20-Febrero-2013. Consultado 28-febrero-2013.