



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PETRÓLEOS MEXICANOS

SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS DE SALUD

GERENCIA DE SERVICIOS MÉDICOS

HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

**“VALORES DE REFERENCIA PARA PARÁMETROS DE ESPIROMETRÍA
EN UNA POBLACIÓN DE TRABAJADORES DE PETRÓLEOS MEXICANOS
EN LA REGIÓN MARINA DE CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE
DE OCTUBRE DE 2011 A JUNIO DE 2012”**

TESIS DE POSGRADO

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL TRABAJO Y AMBIENTAL**

PRESENTA: Dr. Ricardo Alvarado González

ASESOR DE TESIS:

Dra. Gladys Martínez Santiago

México, D. F. Julio de 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DR. FERNANDO ROGELIO ESPINOSA LÓPEZ
DIRECTOR

DRA. JUDITH LÓPEZ ZEPEDA
JEFA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

DR. ERIC ALFONSO AMADOR RODRÍGUEZ
JEFE DEL SERVICIO DE MEDICINA DEL TRABAJO

DRA. GLADYS MARTÍNEZ SANTIAGO
TITULAR DE CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

DRA. GLADYS MARTÍNEZ SANTIAGO
TUTOR DE TESIS

DR. IGNACIO MENDEZ RAMÍREZ
COTUTOR DE TESIS



PETRÓLEOS MEXICANOS

HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL TRABAJO Y AMBIENTAL

TESIS

1. Título

“VALORES DE REFERENCIA PARA PARÁMETROS DE ESPIROMETRÍA EN UNA POBLACIÓN DE TRABAJADORES DE PETRÓLEOS MEXICANOS EN LA REGIÓN MARINA DE CIUDAD DEL CARMEN – CAMPECHE, DE OCTUBRE DE 2011 A JUNIO DE 2012”.

**AUTOR: Dr. Ricardo Alvarado González
Médico Residente de 4to año
Medicina del Trabajo y Ambiental**

**TUTOR: Dra. Gladys Martínez Santiago
Especialista en Medicina del Trabajo
Médico Perito del H.C.S.A.E**

**COLABORADOR: Dr. Ignacio Méndez Ramírez
Doctor en Matemáticas aplicadas y Sistemas
Departamento de Probabilidad y Estadística - UNAM**

AGREDECIMIENTOS

A mi amada esposa...

Que tan incansable, con paciencia y amor me apoyo en todos los momentos difíciles durante mi formación, que me dio su confianza y esperanza en cada tarea que me asignaron para salir adelante juntos, que me brindó su fuerza para no desistir en momentos de cansancio y soledad, que me siguió tanto tiempo para terminar mi formación médica, que humildemente y con tanto sacrificio me apoyo entendiendo las carencias en ésta etapa, quien es mi incondicional en las buenas y en las malas y solidariamente siempre me brindo su mano, un abrazo, un beso, una palabra de aliento, para lograr una meta más del largo camino que nos queda por recorrer..., juntos no hay nada que nos detenga, juntos terminamos éste reto y juntos vamos por más en la vida, Gracias amada mía!!!

A mis padres...

Gracias a tantos esfuerzos, sacrificios, amor, apoyo y entrega estoy aquí luchando por seguir adelante, por ustedes y la familia, por compartir juntos tristezas ante la distancia y la brevedad de tiempo para vernos, por sus bendiciones su gran corazón, porque gracias a ustedes logré cumplir una gran meta, mi carrera como Médico y ahora este esfuerzo es por ustedes, Amayita linda y mi amado Padre, que la nobleza y su fuerza interna es el mejor don que me brindan siempre, gracias por todo su apoyo...

A mis hermanos y mi primo Julio...

Mis incansables guerreros, siempre fuertes y aguerridos ante cualquier embate, quienes han sabido guiarme en muchos retos, a veces con palabras pero la mayoría con su ejemplo, sin darse por vencidos, íntegros, sabios, leales compañeros, que se que siempre están cuando los necesite, que aun en la distancia y el tiempo seguimos siendo grandes...

A mis amigos...

Quien orgullosamente son mis colegas, mis maestros, mis compañeros y también mis hermanos, a los médicos Dr. Rubén Vargas Zalapa y Dr. Luis Daniel Serrano Chabolla, al Ing. Gerardo Ramírez Morales y el Contador Lic. Rogelio Fernández Fernández de Jáuregui, quienes nos separó el destino pero poco a poco estamos regresando a casa, con la misma alegría por vernos y saber que seguimos evolucionando a la mejoría, los admiro menes.

A mis hijos...

Se que aun no están, pero cuando lean esto sepan que siempre los tuve en mente y que cada hora de desvelo, de esfuerzo, de aguantar todo, de cansancio, de risa, de alegrías y todas las satisfacciones fue por formar la familia por la que siempre hemos soñado, por ustedes pequeños, para que no les falte nada a su madre y a ustedes, para vivir felices...

Gracias a mis profesores y compañeros de grado, por sus enseñanzas y consejos. Esta especialidad para ser mejor persona, para los pacientes y quien necesite de un consejo, una atención o escucharlo, para ser mejor médico cada día, por la vida y la salud de los trabajadores...

INDICE

1.-Título	3
Agradecimientos	4
Índice	5
2.- Marco Teórico	7
Introducción	7
Pruebas de función respiratorias	8
Valores de referencia	8
Limitaciones de las ecuaciones de predicción	8
La espirometría aplicada en Medicina del Trabajo	9
2.1.- Marco Legal	10
Contaminantes en el medio ambiente laboral relacionados con afectación al aparato respiratorio	10
Definiciones	10
Obligaciones del patrón	13
Obligaciones de los trabajadores	13
Reconocimiento del medio ambiente laboral	13
Grado de efecto a la salud del contaminante del medio ambiente de trabajo y grado de exposición potencial	14
Calificación cualitativa del riesgo	15
Evaluación , tamaño de la muestra con los grupos de exposición homogénea	15
Control de los riesgos del medio ambiente laboral	19
2.2 Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de trabajo	22
Definiciones relacionadas con la Seguridad e Higiene Ambiental	22
Sustancias químicas contaminantes sólidas líquidas y gaseosas.....	23
2.3 Historia de la Espirometría	25
3. Principios y Fundamentos de la Espirometría	30
Principales indicaciones para realizar la espirometría	30
Parámetros espirométricos de la American Toraxic Society	32
Criterios de Aceptabilidad y Repetibilidad de la American Toraxic Society	34
Criterios de Enrighth, determinante de la calidad de las espirometrías	35
Reporte espirométrico	36
Espirometría dinámica: curvas flujo-volumen y volumen-tiempo	37
Tipos de espirómetros	38
Generalidades de interpretación de los patrones espirométricos	40
4. Descripción general de Ciudad del Carmen, Campeche	41
5. Justificación del estudio	42

Fundamentación legal dentro de PEMEX para realizar espirometrías	43
6. Pregunta de investigación	45
7. Hipótesis	45
8. Objetivos	46
9. Tipo de estudio	47
Criterios de selección, inclusión, exclusión y eliminación	48
10. Material y Métodos	50
Cuestionario de exposiciones y síntomas respiratorios (Anexo 1)	
11. Resultados	53
Tablas con los valores de referencia espirométricos obtenidos para ambos sexos	55 y 56
12. Conclusión	57
13. Discusión	58
14. Estrategia para el análisis estadístico	60
15.- Referencias Bibliográficas	61
Anexo 1.- Cuestionario de exposiciones y síntomas respiratorios	63

2. Marco teórico

INTRODUCCIÓN

El pulmón es una estructura elástica con posibilidad de retraerse y expandirse en base a las diferencias de presiones ejercidas sobre él. La espirometría consta de una serie de pruebas respiratorias sencillas, bajo circunstancias controladas, que miden la magnitud absoluta de las capacidades pulmonares, los volúmenes pulmonares y la rapidez con que éstos pueden ser movilizados (flujos aéreos). Los resultados se representan en forma numérica fundamentados en cálculos sencillos en forma de impresión gráfica.

Historia de la Espirometría.

El padre de la espirometría fue John Hutchinson, quien utilizó un espirómetro de campana sellado por agua y con contrapeso, en su monumental trabajo publicado en Londres en 1846: *On the capacity of de Lungs and on Respiratory Function*. En él, Hutchinson definió la Capacidad Vital (CV), la midió en forma meticulosa en más de 4000 individuos, tomó en cuenta el mayor de tres esfuerzos realizados por el paciente y estableció su relación lineal con datos del enfermo como la talla, sexo y la edad. Advirtió que sus valores eran reducidos en personas con tuberculosis y falla cardíaca.

Spriggs ha señalado en su estudio de la historia de la espirometría, que Hutchinson fue precedido por otros como J. Jurin que en 1718 midió su propia CV en una vejiga de un buey y recomendó (como nuestros buenos técnicos pulmonares) ocluir la nariz durante la maniobra.

En 1749 Bernoulli describió el funcionamiento de un espirómetro de campana con agua. E. Kentish en 1813 precedió al ilustre médico inglés usando una jarra graduada e invertida hacia abajo, en un baño de agua para medir CV en sujetos sanos y enfermos. Además, hizo la primera referencia a las mediciones obtenidas respecto a un valor de teórico: "...el Sr. S de 17 años, padece tisis; mi pulmómetro le ha registrado 1140cc. de aire. En base a su estatura, debería registrar 4000cc...", así había iniciado el concepto de los valores predichos.

El camino recorrido desde estos pioneros ha servido para mejorar los instrumentos y definir la relación de la Capacidad Vital directamente con el Tiempo (dirige al concepto de FEV₁: volumen espirado en el 1ºsegundo de la CVF –capacidad vital forzada. Este elemento permitió usar la proporción FEV₁/ FVC para separar los patrones ventilatorios en obstructivos (con limitación al flujo de aire, ej: Asma, Enfisema, EPOC) o restrictivos (pérdida de volumen, ej. Fibrosis pulmonar, Resecciones quirúrgicas, Esclerodermia, Cáncer, etc.). Luego, la integración de otros valores permitió al médico determinar el concepto cuantitativo de cada parámetro.

Entre 1950 y 1960 se define el concepto de pequeña vía aérea, y su observación a través de índices como el flujo medio forzado (FMF 25-75) de la curva volumen tiempo. Desde la década de los 60's Bartlett y Phillips aplicaron la técnica de la curva de flujo-volumen con apareamiento de magnitudes (plotting) mediante un computador, había comenzado la época de las curvas de flujo volumen. Los diagnósticos espirométricos permitieron obtener los gráficos de función en forma fácilmente visible y en tiempo real. No sólo se pudo conocer el patrón ventilatorio a través de un tipo de trazado típico sino que también pudo observarse la presencia de registros característicos en la vía aérea superior, hasta entonces "casos ciegos" en la espirometría estándar. Esto también se complementó con los índices de flujo en la pequeña vía aérea (FEF - 25%, 50%, 75%, FEF 27%-75% y 75% – 85% de la CV en la curva flujo-volumen), que nos indican la variabilidad en diferentes sujetos con múltiples patologías

respiratorias, así como determinar enfermedades incipientes de las vías aéreas y realizar programas de vigilancia y control pulmonar en trabajadores expuestos a agentes que puedan afectar al aparato respiratorio.

Pruebas de función respiratoria.

Las pruebas de función respiratoria, se definen como un conjunto de métodos de gabinete, destinados a evaluar las funciones respiratorias que le corresponden al pulmón como ventilación, perfusión y difusión. Las pruebas de función pulmonar permiten evaluar el grado y tipo de disfunción del aparato respiratorio. Son pruebas que exploran la función ventilatoria, miden el intercambio pulmonar de gases, la respuesta del aparato respiratorio ante diversos estímulos y son de gran utilidad para realizar técnicas de exploración cardiovascular. Se contrastan con pruebas de diagnóstico por imagen (radiografías, gammagrafías, tomografías y resonancias) puesto que la valoración mediante espirometría es fisiológica y las otras son anatómicas, además permiten cuantificar con gran exactitud el grado de deterioro funcional del aparato respiratorio.

Dentro de las pruebas de función respiratoria se estudian:

1. Mecánica ventilatoria
2. Ventilación e intercambio de gases
3. Difusión pulmonar con CO - (DLCO)
4. Pletismografía

Valores de referencia.

La interpretación de la espirometría se basa en la comparación de los valores obtenidos por un paciente con los que teóricamente le corresponderían a un individuo sano de sus mismas características antropométricas. Este valor teórico o valor de referencia (VR) se estima a partir de las ecuaciones de predicción, que son el promedio del valor correspondiente a una muestra suficientemente amplia de individuos que posean esas características antropométricas. Se debe tener una muestra grande de individuos sanos que cumplan determinadas características antropométricas, calculando para esa muestra la *media* y *desviación estándar* típica, de modo que obtendríamos para cada paciente su valor de referencia correspondiente según éstas características considerando principalmente la edad, talla, sexo y características demográficas.

Limitaciones de las ecuaciones de predicción.

No se dispone de ecuaciones de predicción de la población en las propias áreas geográficas y hay pocas ecuaciones de predicción para población trabajadora específicamente. Los coeficientes de correlación en algunos casos tienen valores bajos por lo que hay un amplio margen de error. Las ecuaciones de predicción y los valores de referencia no reflejan la situación real, sino que son datos matemáticos.

La espirometría aplicada en medicina del trabajo.

Los objetivos del estudio funcional pulmonar en medicina del trabajo son diversos, de los cuales podemos mencionar:

- Diagnóstico de múltiples enfermedades pulmonares de origen laboral y por enfermedad ordinaria, con el objeto de determinar estado físico actual, al ingreso, presencia de patología previa, compatibilidad puesto-persona, tipo y tiempo de exposición para la categoría propuesta.
- Vigilancia sobre la respuesta al tratamiento (determinada por médico tratante) en trabajadores con patología respiratoria que sean candidatos a rotación temporal o reubicación de áreas de trabajo de riesgo para su patología de base o por exposición.
- Pronóstico de enfermedades pulmonares de origen laboral u ordinaria.
- Auxiliar en el diagnóstico de enfermedades profesionales múltiples, específicamente neumoconiosis (bisinosis, silicosis, asbestosis, etc., asma de origen laboral, neumonitis por hipersensibilidad relacionada con el trabajo, fibrosis pulmonar ocasionada por sustancias de origen laboral, cáncer pulmonar relacionado a exposición a agentes cancerígenos pulmonares según la clasificación de la Agencia Internacional de Investigación para Cáncer (International Agency for Research on Cancer - IARC).
- Evaluación legal de las enfermedades pulmonares.
- Vigilancia semestral o anual del estado de salud pulmonar en trabajadores expuestos a sustancias o ambientes nocivos para el aparato respiratorio.
- Determinación de severidad de daño, como auxiliar para determinar incapacidad en casos médico-legales.
- Realización de exámenes médicos de ingreso, periódicos y finales en empresas de riesgo.

En la valoración de la patología pulmonar laboral es imprescindible el estudio de la función pulmonar. Con la medición de los parámetros que se obtienen de las pruebas de la mecánica de la respiración, se alcanza una evaluación del estado de la ventilación del sujeto, en un grado suficiente y satisfactorio para la práctica clínica diaria. Podemos clasificar de manera general a las “Empresas de riesgo para afectación pulmonar” de la siguiente manera:

1. Empresas de riesgo por exposición.-
 - a. Industria extractiva de Petróleo
 - b. Industria del plástico PVC, TDI, Polímeros, etc.
 - c. Industria química
 - d. Industria farmacéutica
 - e. Industria del vidrio y cerámicos
 - f. Minería
 - g. Enarenadoras, gralladoras, Sant blasteo
 - h. Fabricación de irritantes como cloro y solventes
 - i. Cualquier empresa con manipulación de asbesto y arena silica.
2. Empresas de riesgo por cambios de temperatura.-
 - a. Cámaras de frío
 - b. Exposición a elevadas temperaturas
3. Empresas de riesgo por altitudes o profundidades extremas.-
 - a. Trabajo en alta montaña
 - b. Aviación
 - c. Buzos

2.1 Marco legal

La Ley General de Salud en su Título Séptimo, Promoción de la Salud en el Capítulo IV efectos del Ambiente en la Salud, implica el principio de la aplicación de las Normas Oficiales vigentes y la creación de las mismas para la prevención, vigilancia y control de las exposiciones de los trabajadores a cualquier agente o factor que pueda alterar su salud. Una de ellas es el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-255-SSA1-2009 sobre la Vigilancia de la Salud de los trabajadores, donde menciona directamente la importancia de la realización de exámenes médicos de ingreso, periódicos y de egreso, así como el control de la función pulmonar a través de estudios espirométricos completos dentro de los programas de vigilancia a la salud del personal ocupacionalmente expuesto.

CONTAMINANTES EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL RELACIONADOS CON AFECTACIÓN AL APARATO RESPIRATORIO.

En base a lo estipulado en la NOM-010-STPS-1999, CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE MANEJEN, TRANSPORTEN, PROCESEN O ALMACENEN SUSTANCIAS QUÍMICAS CAPACES DE GENERAR CONTAMINACIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE LABORAL

Definiciones

4.1 Para los efectos de esta Norma se establecen las definiciones siguientes:

- a) **aerosol:** es una dispersión de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso, normalmente aire.
- b) **asfixiante simple:** gases o vapores inertes que desplazan el aire, disminuyendo la concentración de oxígeno, sin otros efectos importantes.
- c) **autoridad del trabajo; autoridad laboral:** las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo, y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- d) **CAS:** iniciales del nombre en inglés del servicio de información de sustancias químicas de los Estados Unidos de América (Chemical Abstract Service).
- e) **concentración medida en el ambiente laboral (CMA):** es la concentración medida en el medio ambiente laboral.
- f) **concentración promedio ponderada en tiempo (PPT):** es la sumatoria del producto de las concentraciones por el tiempo de medición de cada una de las exposiciones medidas, dividida entre la suma de los tiempos de medición durante una jornada de trabajo.
- g) **condiciones normales de temperatura y presión (TPN):** corresponde a un medio ambiente a una temperatura de 298 K (25°C) y a una presión de 101.3 kPa (760 mmHg).
- h) **contaminantes del medio ambiente laboral:** son todas las sustancias químicas y mezclas capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo y que, por sus propiedades, concentración y tiempo de exposición o acción, puedan alterar la salud de los trabajadores.

- i) **eficiencia de recolección:** porcentaje de una sustancia química específica del medio ambiente laboral, retenida en el medio de captura.
- j) **estrategia de muestreo:** es el conjunto de criterios a partir del reconocimiento, que sirven para definir el procedimiento de evaluación de la exposición de los trabajadores.
- k) **evaluación:** es la cuantificación de los contaminantes del medio ambiente laboral.
- l) **fibras:** son todas aquellas partículas sólidas con una longitud mayor a 5 μm y diámetro menor o igual a 3 μm , en relación mayor de 3:1 (longitud:diámetro).
- m) **gases:** son fluidos amorfos que ocupan todo el espacio de su contenedor.
- n) **grupo de exposición homogénea:** es la presencia de dos o más trabajadores expuestos a las mismas sustancias químicas con concentraciones similares e igual tiempo de exposición durante sus jornadas de trabajo, y que desarrollan trabajos similares.
- o) **humos de combustión:** son partículas sólidas en suspensión en el aire producidas por la combustión incompleta de materiales orgánicos.
- p) **humos metálicos:** son partículas sólidas metálicas suspendidas en el aire, producidas en los procesos de fundición de metales.
- q) **límite máximo permisible de exposición (LMPE):** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe superarse durante la exposición de los trabajadores en una jornada de trabajo en cualquiera de sus tres tipos. El límite máximo permisible de exposición se expresa en mg/m^3 o ppm, bajo condiciones normales de temperatura y presión.
- r) **límite máximo permisible de exposición de corto tiempo (LMPE-CT):** es la concentración máxima del contaminante del medio ambiente laboral, a la cual los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un periodo máximo de quince minutos, con intervalos de al menos una hora de no exposición entre cada periodo de exposición y un máximo de cuatro exposiciones en una jornada de trabajo y que no sobrepase el LMPE-PPT.
- s) **límite máximo permisible de exposición pico (P):** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador.
- t) **límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo (LMPE-PPT):** es la concentración promedio ponderada en tiempo de un contaminante del medio ambiente laboral para una jornada de ocho horas diarias y una semana laboral de cuarenta horas, a la cual se pueden exponer la mayoría de los trabajadores sin sufrir daños a su salud.
- u) **muestreo ambiental:** es el procedimiento de captura, o de captura y determinación de los contaminantes del medio ambiente laboral.
- v) **muestreo personal:** es el procedimiento de captura de contaminantes del medio ambiente laboral, a la altura de la zona respiratoria del trabajador, mediante un equipo que pueda ser portado por el mismo durante el periodo de muestreo.
- w) **neblina:** son partículas líquidas en suspensión en el aire producidas por condensación de vapores.
- x) **nivel de acción:** es la mitad del LMPE-PPT para cada una de las sustancias establecidas en el Apéndice I.

- y) **polvo:** son partículas sólidas en suspensión en el aire, como resultado del proceso de disgregación de la materia.
- z) **polvo respirable:** son los polvos inertes cuyo tamaño sea menor a 10 μm .
- aa) **riesgo potencial:** es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa cause daño a la salud de los trabajadores.
- bb) **rocío:** son partículas líquidas en suspensión en el aire, que se producen por ruptura mecánica.
- dd) **vapor:** es la fase gaseosa de una sustancia normalmente sólida o líquida en condiciones ambientales.

4.2 Unidades.

- a) **fibras/cm³:** fibras sobre centímetro cúbico. Unidad de medición de las fibras.
- b) **g/mol:** gramos sobre mol; peso molecular expresado en gramos.
- c) **K:** grados Kelvin. Unidad de medición de temperatura absoluta.
- d) **kPa:** kilopascales. Unidad de presión.
- e) **l/mol:** volumen molar; litros sobre mol; litros que ocupa una mol de gas a condiciones normales de presión y temperatura.
- f) **mg/m³:** miligramos sobre metro cúbico. Unidad de concentración de polvos, humos combustibles y metálicos, gases, neblinas, rocíos y vapores.
- g) **mmHg:** milímetros de mercurio. Unidad de presión.
- h) **ppm:** partes por millón. Unidad de concentración expresada como una relación volumen sobre volumen de una parte de sustancia en un millón de partes en el aire, empleada para gases y vapores.
- i) **μm :** micra; micrómetro. Unidad de medición de tamaño de partícula; equivale a $1 \times 10^{-6}\text{m}$.
- j) **°C:** grado centígrado o Celsius. Unidad de medición de temperatura en el sistema métrico decimal.

4.3 Ecuaciones.

- a) la concentración PPT puede ser calculada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{PPT} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{(C_1 t_1) + (C_2 t_2) + \dots + (C_n t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

donde:

C_i es la medida i del contaminante en el medio ambiente laboral durante un tiempo determinado, siempre en mg/m^3 o en ppm.

t_i es el tiempo utilizado en cada toma de muestra, siempre en la misma unidad de tiempo.

- b) los LMPE están expresados en mg/m^3 o en ppm bajo TPN. La conversión entre ambas unidades está expresada por la siguiente ecuación:

$$\text{LMPE en ppm} = \left(\frac{24.45}{\text{PM}} \right) (\text{LMPE en mg}/\text{m}^3)$$

donde:

PM es el peso molecular de la sustancia, en g/mol.

24.45 es el volumen molar a TPN.

5. Obligaciones del patrón

5.1 Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.

5.2 Informar a los trabajadores y a la comisión de seguridad e higiene, sobre los riesgos potenciales a la salud por la exposición a los contaminantes en el medio ambiente laboral.

5.3 Realizar el estudio de los contaminantes del medio ambiente laboral que incluya el reconocimiento, la evaluación y el control necesario para prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores expuestos a dichos contaminantes.

5.4 Elaborar y mantener actualizado el estudio de evaluación de la concentración de los contaminantes del medio ambiente laboral cotejados contra los LMPE del Apéndice I.

5.5 Capacitar a los trabajadores expuestos a los contaminantes del medio ambiente laboral, con base al riesgo potencial, a la salud y a las medidas preventivas y de control adoptadas por el patrón.

5.6 Realizar la vigilancia de la salud a todos los trabajadores, incluyendo a los de nuevo ingreso, según lo establecido en el apartado 9.1, y el inciso a) del apartado 9.2.

6. Obligaciones de los trabajadores

6.1 En caso de ser requeridos por el patrón, colaborar en las actividades de reconocimiento, evaluación y control.

6.2 Participar en la capacitación y adiestramiento proporcionados por el patrón.

6.3 Seguir las instrucciones de uso y mantenimiento del equipo de protección personal proporcionadas por el patrón.

6.4 Someterse a los exámenes médicos que apliquen.

6.5 Acatar las medidas de prevención y control que el patrón le indique.

7. Reconocimiento del medio ambiente laboral

7.1 Se debe elaborar un reporte del reconocimiento del medio ambiente laboral, que debe integrarse al informe de evaluación de los contaminantes del medio ambiente laboral, el cual debe contener la siguiente información:

- a) la identificación de los contaminantes;
- b) las propiedades físicas, químicas y toda la información toxicológica de los contaminantes y las alteraciones que puedan producir a la salud de los trabajadores, señaladas en las hojas de datos de seguridad, conforme a lo establecido en la NOM-114-STPS-1994;
- c) las vías de ingreso de los contaminantes al trabajador, el tiempo y frecuencia de la exposición;
- d) la identificación en un plano, de las fuentes generadoras de los contaminantes;
- e) identificación en el plano, de las zonas donde exista riesgo de exposición y el número de trabajadores potencialmente expuestos a los contaminantes;
- f) definir los grupos de exposición homogénea y su correspondiente determinación cualitativa de riesgo.

7.2 Prioridad de los grupos de exposición homogénea por evaluar.

7.2.1 Para la evaluación del riesgo, se debe dar prioridad a los trabajadores o a los grupos de trabajadores de exposición homogénea, bajo los criterios siguientes:

- a) grado de efecto a la salud del contaminante del medio ambiente de trabajo;
- b) grado de exposición potencial;
- c) número de trabajadores expuestos.

7.2.2 Según lo establecido en las tablas 1 y 2, se debe determinar el grado de efecto a la salud y el grado de exposición potencial.

**TABLA 1
GRADO DE EFECTO A LA SALUD DEL CONTAMINANTE
DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO**

GRADO DE EFECTO A LA SALUD	EFECTO A LA SALUD	CRITERIOS DE TOXICIDAD			
		RATA DL ₅₀ VIA ORAL	CONEJO DL ₅₀ VIA CUTANEA	RATA CL ₅₀ VIA RESPIRATORIA	
		mg/kg	mg/kg	mg/l	ppm
0	EFFECTOS LEVES REVERSIBLES O SIN EFECTOS CONOCIDOS	MAYOR QUE 5000	MAYOR QUE 2000	MAYOR QUE 20	MAYOR QUE 10000
1	EFFECTOS MODERADOS REVERSIBLES	MAYOR QUE 500 HASTA 5000	MAYOR DE 1000 HASTA 2000	MAYOR QUE 2 HASTA 20	MAYOR QUE 2000 HASTA 10000
2	EFFECTOS SEVEROS REVERSIBLES	MAYOR QUE 50 HASTA 500	MAYOR QUE 200 HASTA 1000	MAYOR QUE 0.5 HASTA 2	MAYOR QUE 200 HASTA 2000
3	EFFECTOS IRREVERSIBLES. SUSTANCIAS CARCINOGENAS SOSPECHOSAS, MUTAGENAS, TERATOGENAS	MAYOR QUE 1 HASTA 50	MAYOR QUE 20 HASTA 200	MAYOR QUE 0.05 HASTA 0.5	MAYOR QUE 20 HASTA 200
4	EFFECTOS INCAPACITANTES O FATALES, SUSTANCIAS CARCINOGENAS COMPROBADAS	IGUAL O MENOR DE 1	IGUAL O MENOR DE 20	IGUAL O MENOR DE 0.05	IGUAL O MENOR DE 20

**TABLA 2
GRADO DE EXPOSICION POTENCIAL**

GRADO	* DESCRIPCION DE LA EXPOSICION	** RANGO DEL LMPE (PPT o CT)
0	NO EXPOSICION CON LA SUSTANCIA QUIMICA	$CMA \leq 0.1$ LMPE
1	EXPOSICION POCO FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUIMICA A BAJOS NIVELES O CONCENTRACIONES	0.1 LMPE < CMA ≤ 0.25 LMPE
2	EXPOSICION FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUIMICA A BAJAS CONCENTRACIONES O EXPOSICION POCO FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	0.25 LMPE < CMA ≤ 0.5 LMPE
3	EXPOSICION FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	0.5 LMPE < CMA ≤ 1.0 LMPE
4	EXPOSICION FRECUENTE A MUY ALTAS CONCENTRACIONES	1.0 LMPE < CMA

Notas: * En caso de no existir datos de evaluaciones anteriores, se debe utilizar este criterio.

** En caso de evaluaciones anteriores, se debe utilizar este criterio.

7.2.3 Una vez obtenidos los grados de efectos a la salud y de exposición potencial, se debe obtener la clasificación cualitativa del riesgo, mediante el cruce de los valores señalados en la tabla 3, con la finalidad de definir las zonas prioritarias de muestreo.

**TABLA 3
CLASIFICACION CUALITATIVA DEL RIESGO**

GRADO DE EFECTO A LA SALUD	4	BAJA	MUY ALTA				
	3					ALTA	
	2					MODERADA	
	1	BAJA	BAJA				
	0	INOCUA					
		0	1	2	3	4	
GRADO DE EXPOSICION POTENCIAL							

La prioridad del grupo de exposición homogénea es de acuerdo con el riesgo. La zona de riesgo va desde muy alta, que es la primera que se debe evaluar, hasta inocua, que debe ser la última en evaluarse.

Para definir la prioridad entre dos grupos de exposición homogénea con la misma clasificación cualitativa del riesgo, se debe dar preferencia a aquel grupo en donde exista el mayor número de trabajadores.

8. Evaluación

8.1 Para la medición de la exposición se debe proceder de la manera siguiente:

- a) definir el número mínimo de trabajadores a muestrear dentro de cada grupo de exposición homogénea, de acuerdo a lo establecido en la tabla 4, de tal manera que exista una gran probabilidad de que el grupo contenga al menos un trabajador de alta exposición;

**TABLA 4
TAMAÑO DE LA MUESTRA**

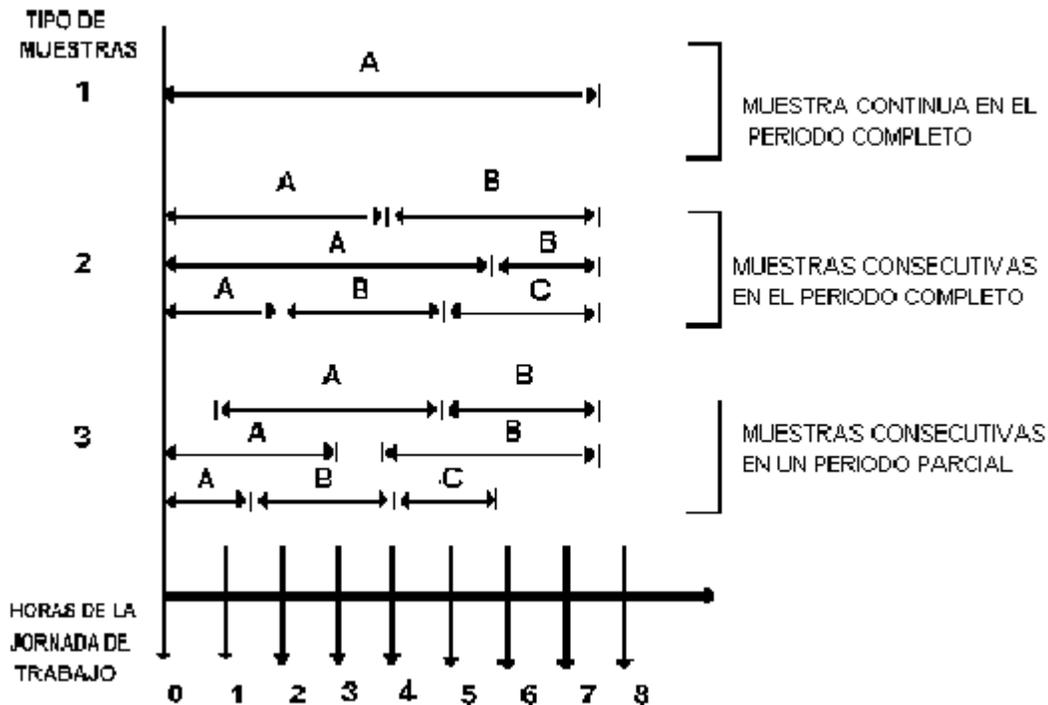
Número de trabajadores en el grupo de exposición homogénea	Número de trabajadores a muestrear
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7 y 8	7
9	8

10	9
11 y 12	10
13 y 14	11
De 15 a 17	12
De 18 a 20	13
De 21 a 24	14
De 25 a 29	15
De 30 a 37	16
De 38 a 49	17
50	18
Más de 50	22

- b) seleccionar de los procedimientos del Apéndice II u otros procedimientos, conforme al apartado 8.2, para la determinación de los contaminantes del medio ambiente laboral;
- c) seleccionar los tipos de muestras a utilizar, de acuerdo al tipo de exposición que se va a evaluar:
- 1) muestra continua durante el periodo completo de la jornada de trabajo: se toma una sola muestra, sin interrupciones, que abarque el total de la jornada de trabajo;
 - 2) muestras consecutivas en el periodo completo: se interrumpe el muestreo momentáneamente varias veces, pero el tiempo total del muestreo debe ser igual al periodo completo de la jornada de trabajo;
 - 3) muestras consecutivas en un periodo parcial: se toman varias muestras durante las partes de la jornada de trabajo en las cuales hay exposición de los trabajadores al contaminante.

En la tabla 5 se presentan esquemáticamente estos tipos de muestra.

TABLA 5
TIPOS DE MUESTRAS



8.2 Selección de métodos analíticos.

8.2.1 Cuando el patrón requiera utilizar procedimientos analíticos y de muestreo alternativos, se procederá conforme a lo dispuesto en los artículos 49 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 8o. del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

8.2.2 En caso de no existir procedimiento para el muestreo y análisis de las sustancias químicas en el Apéndice II, los patronos interesados o el laboratorio acreditado y aprobado que realizará la prueba, deben solicitar por escrito a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, autorización para utilizar procedimientos reconocidos internacionalmente, a efecto de que, previa opinión del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, la Secretaría resuelva en relación a la solicitud dentro de los cuarenta y cinco días hábiles siguientes a la presentación de la solicitud; en caso de que la Secretaría no emita la resolución dentro de dicho plazo, se entenderá que ésta es afirmativa.

La solicitud a que se refiere el párrafo anterior, deberá ir acompañada del procedimiento correspondiente en su idioma original, asentando el nombre específico de la sustancia química contaminante a determinarse y de la hoja de datos de seguridad correspondiente, según lo establecido en la NOM-114-STPS-1994. En caso de que el procedimiento propuesto haya sido elaborado en idioma diferente al español, debe incluirse la traducción correspondiente.

8.3 Se deben registrar en una hoja de campo, para cada área o trabajador y para cada contaminante del medio ambiente laboral, los siguientes datos:

- a) lugar de muestreo;
- b) contaminante muestreado;
- c) número de muestras;
- d) fechas de muestreo;
- e) en caso de ser muestreo personal anotar lo siguiente:
 - 1) nombre del trabajador;
 - 2) puesto del trabajador;
 - 3) actividades específicas durante el muestreo;
 - 4) si utiliza equipo de protección personal, describirlo;
 - 5) si existen controles administrativos, describirlos;
 - 6) si existen controles técnicos, describirlos.
- f) equipo de muestreo:
 - 1) tipo de bomba;
 - 2) modelo;
 - 3) número de serie;
 - 4) calibración inicial, con un mínimo de tres lecturas;
 - 5) calibración final, con un mínimo de tres lecturas;
 - 6) fecha de calibración.
- g) equipo de calibración y verificación:
 - 1) marca;
 - 2) número de serie;
 - 3) certificado oficial de calibración.
- h) describir el medio de colección;
- i) condiciones atmosféricas del lugar de muestreo:
 - 1) presión;
 - 2) temperatura.
- j) datos generales:
 - 1) hora inicial y hora final;
 - 2) flujo;

- 3) volumen total;
- 4) cantidad colectada;
- 5) concentración medida en el ambiente laboral (CMA);
- 6) observaciones.

k) nombre, denominación o razón social del laboratorio de pruebas, nombre y firma del responsable signatario.

8.4 Cuando la jornada laboral de los trabajadores sea diferente a 8 horas diarias, se debe corregir el LMPE con la ecuación (1), mediante el factor de corrección $F_{c\text{día}}$ que se obtiene con la fórmula (2);

$$\text{LMPE corregido} = (F_{c\text{día}}) (\text{LMPE}) \quad (1)$$

$$F_{c\text{día}} = \left(\frac{8}{h_d} \right) \left(\frac{24-h_d}{16} \right) \quad (2)$$

donde:

h_d : es la duración de la jornada de trabajo; en horas.

Este factor de corrección se empleará únicamente en jornadas de trabajo de 6 a 11 horas diarias.

8.5 Cuando la exposición laboral de los trabajadores esté sujeta a la acción de dos o más sustancias de las relacionadas en el Apéndice I, la exposición debe evaluarse conforme a lo establecido en el apartado I.4.

8.6 La frecuencia mínima con la que se debe realizar el muestreo es en función del valor de referencia, según lo establecido en la tabla 6.

**TABLA 6
FRECUENCIA DE EVALUACIONES**

Valor de referencia (R)	Frecuencia mínima en meses
$0.5 \leq R \leq 1.0$	una vez cada 12 meses
$0.25 \leq R < 0.5$	una vez cada 24 meses
$R < 0.25$	una vez cada 48 meses

El valor de referencia se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\text{CMA}_{\text{corregido}}}{\text{LMPE}_{\text{corregido}}}$$

donde:

R es el valor de referencia.

$\text{CMA}_{\text{corregido}}$ es el valor de concentración de los contaminantes del medio ambiente laboral corregido en volumen; de acuerdo a lo establecido en el método de determinación que se use para medir la sustancia, en ppm o mg/m^3 .

$\text{LMPE}_{\text{corregido}}$ es el límite máximo permisible de exposición corregido según lo establecido en 8.4, en las mismas unidades que el $\text{CMA}_{\text{corregido}}$.

8.7 En caso de que el valor de referencia sea mayor a la unidad, se deben aplicar las medidas de control referidas en el Capítulo 9 e inmediatamente después realizar una nueva evaluación, para verificar la eficacia de los controles y determinar la frecuencia con la que se debe efectuar el muestreo.

8.8 Se debe elaborar y conservar, permanentemente, un informe de evaluación a la exposición que contenga lo siguiente:

- a) nombre, denominación o razón social de la empresa;
- b) domicilio;
- c) nombre del representante legal;
- d) teléfono;
- e) datos del muestreo: lugares y puntos de muestreo, número de trabajadores a los que se les hizo el muestreo, frecuencia de evaluación y tipos de muestras;
- f) datos generales: tiempo total de muestreo, flujo, volumen total (flujo por el tiempo total), cantidad colectada, CMA (cantidad colectada dividida entre el volumen total) y observaciones;
- g) la comparación e interpretación de los resultados, en base a los LMPE de la tabla I.1, corregidos conforme a lo descrito en el apartado 8.4 y, en su caso, los efectos de las mezclas, conforme a lo establecido en el apartado I.4.

9. Control

9.1 Cuando la exposición del trabajador a las concentraciones de los contaminantes del medio ambiente laboral rebase el nivel de acción, pero esté por debajo de los límites máximos permisibles de exposición referidos en el Apéndice I, ***el patrón debe llevar a cabo exámenes médicos específicos por cada contaminante a cada trabajador expuesto, según lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que al respecto emita la Secretaría de Salud, así como realizar la vigilancia a la salud que en esas normas se establezcan, en caso de no existir normatividad de la Secretaría de Salud, el médico de la empresa determinará los exámenes médicos que se realizarán al menos una vez cada doce meses y la vigilancia a la salud que se deba realizar.***

9.2 Cuando la exposición del trabajador a las concentraciones de las sustancias químicas contaminantes rebase los LMPE del Apéndice I, el patrón debe realizar un examen médico específico por cada contaminante a cada trabajador expuesto, según lo establezcan las normas oficiales mexicanas que al respecto emita la Secretaría de Salud, así como llevar la vigilancia a la salud en caso de no existir normatividad de la Secretaría de Salud, el médico de la empresa determinará los exámenes médicos que se realizarán al menos una vez cada doce meses, la vigilancia a la salud que se deba realizar previo cumplimiento a lo establecido en el apartado 9.3, ***o si se le retira temporal o definitivamente de la exposición; y aplicar un programa de control, en el que se implementarán las siguientes medidas, considerando la naturaleza de los procesos productivos, aspectos tecnológicos, económicos, factibilidad y viabilidad:***

- a) ***sustitución de las sustancias del medio ambiente laboral, por otras sustancias cuyos efectos sean menos nocivos;***
- b) ***modificación o sustitución de los procesos o equipos, por otros que generen menor concentración de contaminantes del medio ambiente laboral;***
- c) ***modificación de los procedimientos de trabajo, para minimizar la generación de contaminantes del medio ambiente laboral o la exposición del trabajador;***
- d) ***aislamiento de los procesos, equipos o áreas para evitar la dispersión de los contaminantes del medio ambiente laboral;***
- e) ***aislamiento del trabajador del medio ambiente laboral contaminado, a una atmósfera libre de contaminantes;***

- f) **utilización de sistemas de ventilación por extracción localizada, para evitar la dispersión de los contaminantes al medio ambiente laboral;**
- g) **utilización de sistemas de ventilación general.**

9.3 Las siguientes medidas de control deben ser aplicadas de inmediato mientras se cumple con lo establecido en el apartado anterior, con el fin de no exponer a los trabajadores a concentraciones superiores a los LMPE establecidos en el Apéndice I:

- a) *limitación de los tiempos y frecuencias de exposición del trabajador a las sustancias químicas contaminantes;*
- b) *dotar a los trabajadores del equipo de protección personal específico al riesgo. En la selección de este equipo, el patrón debe considerar sus factores de protección y un programa de capacitación y mantenimiento del mismo, a fin de que el trabajador no se exponga a concentraciones que estén por arriba de los LMPE, y que el equipo de protección personal se conserve en buenas condiciones de trabajo, de acuerdo a la NOM-017-STPS-1994.*

9.4 Se recomienda que la comparación e interpretación de los resultados con los LMPE, se haga bajo un enfoque estadístico para determinar el control, de acuerdo a la Guía de Referencia.

1.7 Partículas no especificadas de otra manera (NEOM).

Son aquellas partículas para las que no existe evidencia de efectos tóxicos específicos. Estas partículas llamadas comúnmente “partículas molestas” no causan fibrosis o efectos sistémicos; sin embargo, no pueden ser consideradas biológicamente inertes ya que a altas concentraciones han sido asociadas con proteinosis alveolar y a bajas concentraciones pueden inhibir la eliminación de partículas tóxicas en los pulmones al disminuir la movilidad de los macrófagos alveolares.

Por lo anterior, el término NEOM se utiliza para enfatizar que todos los materiales son potencialmente tóxicos y evitar que se concluya que estas partículas son inocuas a cualquier concentración. **Las partículas identificadas bajo este rubro no deberán contener fibras de asbesto o más de 1% de sílice cristalina.**

Los límites máximos permisibles de exposición a NEOM en su fracción inhalable de acuerdo al procedimiento 53 del Apéndice II, será de 10 mg/m³ y para la fracción respirable de acuerdo al procedimiento 68 del Apéndice II será de 5 mg/m³.

Para cumplir con los LMPE establecidos en esta Norma, la fracción inhalable de acuerdo al procedimiento 53 del Apéndice II, consistirá en aquellas partículas capturadas de acuerdo con el procedimiento.

La fracción respirable consiste en aquellas partículas capaces de ser capturadas de acuerdo con la siguiente eficiencia de recolección:

$$SR(d) = SI(d)[1 - F(x)]$$

donde:

SR (d) es la eficiencia de recolección para partículas con diámetro aerodinámico, en μm , (d).

$$SI(d) = 50\% (1 + e^{-0.06d})$$

F(x) es la función de probabilidad acumulada de una variable normal estandarizada, x

$$x = \ln(d/4.25) / \ln(1.5)$$

ln es el logaritmo natural

e es la constante de Neper = 2.718

La eficiencia de recolección representativa de varios tamaños de partículas para cada una de las masas de fracciones respectivas se ilustran en las tablas I.2 y I.3.

TABLA I.2
FRACCIÓN RESPIRABLE

Partícula aerodinámica diámetro (µm)	Eficiencia de recolección
0	100
1	97
2	91
3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

TABLA 1.3
FRACCIÓN INHALABLE

Partícula aerodinámica diámetro (µm)	Eficiencia de recolección
0	100
1	97
2	94
5	87
10	77
20	65
30	58
40	54.5
50	52.5
100	50

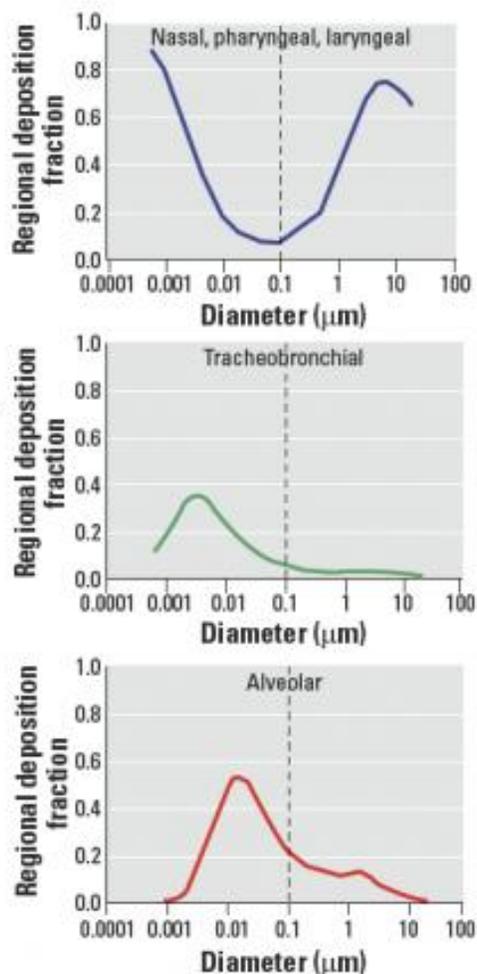
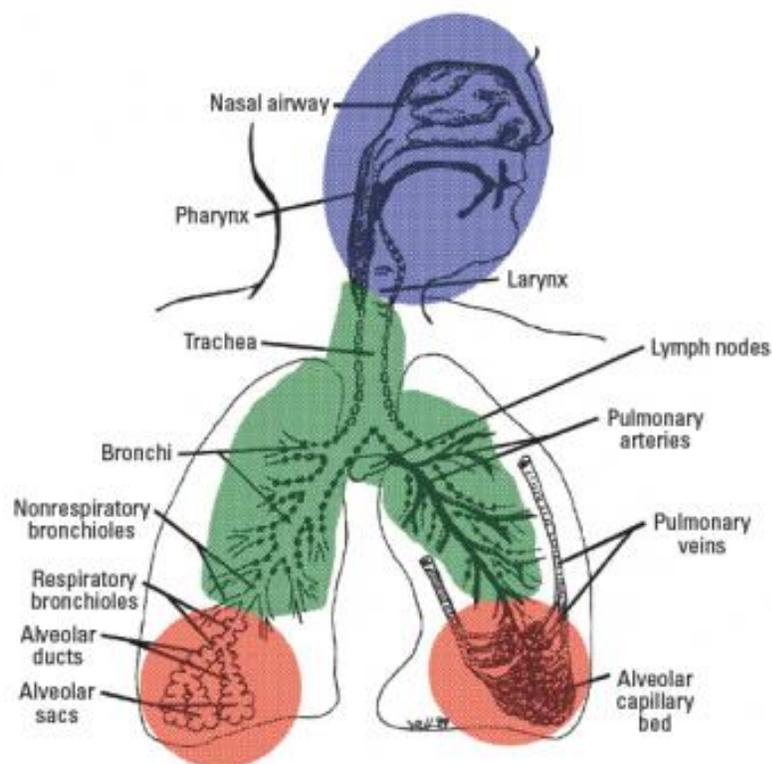


Figure 8. Predicted fractional deposition of inhaled particles in the nasopharyngeal, tracheobronchial, and alveolar region of the human respiratory tract during nose breathing. Based on data from the International Commission on Radiological Protection (1994). Drawing courtesy of J. Harkema.

2.2 Reglamento federal de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo

TITULO PRIMERO

Disposiciones generales y obligaciones de los patrones y trabajadores.

ARTICULO 2o. Para los efectos de este ordenamiento, se entenderá por:

I. Actividades peligrosas:

Es el conjunto de tareas derivadas de los procesos de trabajo, que generan condiciones inseguras y sobreexposición a los agentes físicos, químicos o biológicos, capaces de provocar daño a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo;

II. Centro de trabajo: Todo aquel lugar, cualquiera que sea su denominación, en el que se realicen actividades de producción, de comercialización o de prestación de servicios, o en el que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo;

III. Contaminantes del ambiente de trabajo:

Son los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo, que por sus propiedades, concentración, nivel y tiempo de exposición o acción pueden alterar la salud de los trabajadores;

X. Materiales y sustancias químicas peligrosas:

Son aquellos que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejados, transportados, almacenados o procesados, presentan la posibilidad de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica dañina, y pueden afectar la salud de las personas expuestas o causar daños materiales a instalaciones y equipos;

XI. Medio ambiente de trabajo:

Es el conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre, que interactúan en el centro de trabajo;

XII. Microorganismo patógeno:

Organismo viviente microscópico, productor o causante de enfermedades;

XVI. Seguridad e higiene en el trabajo:

Son los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo;

XVII. Servicios preventivos de medicina del trabajo:

Son aquellos que se integran bajo la supervisión de un profesional médico calificado en medicina del trabajo o área equivalente, que se establecen para coadyuvar en la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo y fomentar la salud física y mental de los trabajadores en relación con sus actividades laborales;

XVIII. Servicios preventivos de seguridad e higiene:

Son aquellos integrados por un profesional calificado en seguridad e higiene, que se establecen para coadyuvar en la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo,

mediante el reconocimiento, evaluación y control de los factores de riesgo, a fin de evitar el daño a la salud de los trabajadores.

ARTICULO 13. Los patrones están obligados a adoptar, de acuerdo a la naturaleza de las actividades laborales y procesos industriales que se realicen en los centros de trabajo, las medidas de seguridad e higiene pertinentes de conformidad con lo dispuesto en este Reglamento y en las Normas aplicables, a fin de prevenir por una parte, accidentes en el uso de maquinaria, equipo, instrumentos y materiales, y por la otra, **enfermedades por la exposición a los agentes químicos, físicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales, así como para contar con las instalaciones adecuadas para el desarrollo del trabajo.** En los centros de trabajo los niveles máximos permisibles de contaminantes, no deberán exceder los límites establecidos por las Normas correspondientes.

En los centros de trabajo en donde se realicen actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, los patrones elaborarán los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades que puedan causar graves desequilibrios ecológicos, en términos del artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

ARTICULO 14. **Será responsabilidad del patrón que se practiquen los exámenes médicos de ingreso, periódicos y especiales a los trabajadores expuestos a los agentes físicos, químicos, biológicos y psicosociales, que por sus características, niveles de concentración y tiempo de exposición puedan alterar su salud, adoptando en su caso, las medidas pertinentes para mantener su integridad física y mental, de acuerdo a las Normas correspondientes.**

ARTICULO 15. El patrón deberá informar a los trabajadores respecto de los riesgos relacionados con la actividad laboral específica que desarrollen, y en particular acerca de los riesgos que implique el uso o exposición a los contaminantes del medio ambiente laboral, así como capacitarlos respecto a las medidas y programas que deberán observar para su prevención y control, de conformidad con las disposiciones de este Reglamento y las Normas correspondientes.

ARTICULO 16. **Los responsables de los centros de trabajo dedicados a la explotación de minerales, realizarán estudios tendientes a valorar los riesgos a que se exponen los trabajadores, previamente al inicio de las actividades de extracción en las minas, de manera anual y cuando existan modificaciones en los procesos productivos de estos centros de trabajo.**

CAPITULO TERCERO

SUSTANCIAS QUIMICAS CONTAMINANTES SOLIDAS, LIQUIDAS O GASEOSAS.

ARTICULO 82. En los centros de trabajo donde se utilicen sustancias químicas sólidas, líquidas o gaseosas, que debido a los procesos, operaciones, características físico-químicas y grado de riesgo, sean capaces de contaminar el ambiente de trabajo y alterar la salud de los trabajadores, el patrón estará obligado a establecer las medidas de seguridad e higiene que señalen las Normas respectivas.

ARTICULO 83. Será responsabilidad del patrón que se realicen los exámenes médicos específicos a los trabajadores expuestos a las sustancias indicadas en este capítulo, en los términos y condiciones que señalen las Normas aplicables.

ARTICULO 84. Será responsabilidad del patrón establecer el programa de seguridad e higiene que permita mejorar las condiciones del medio ambiente laboral y reducir la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas contaminantes sólidas, líquidas o gaseosas y de manera particular para fertilizantes, plaguicidas y pesticidas, conforme a las Normas respectivas.

CAPITULO CUARTO

AGENTES CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

ARTICULO 85. En los centros de trabajo en donde existan agentes biológicos capaces de alterar la salud de los trabajadores, el patrón deberá identificar, evaluar y controlar la exposición a los mismos, por medio de los métodos establecidos en las Normas correspondientes.

ARTICULO 86. Será responsabilidad del patrón elaborar y difundir entre los trabajadores el programa de seguridad e higiene para el uso, manejo, transporte, almacenamiento y desecho de materiales contaminados por microorganismos patógenos, que en especial deberá contener las medidas preventivas de desinfección, esterilización y limpieza del equipo e instrumental utilizado.

ARTICULO 87. El patrón deberá identificar y señalizar las áreas de riesgo, contenedores y material contaminado por microorganismos patógenos.

ARTICULO 88. El patrón deberá dotar a los trabajadores de equipo de protección personal específico para el manejo de microorganismos patógenos, llevando un control especial sobre el uso del mismo, para evitar que se contaminen otras áreas. Será responsabilidad del patrón que se practiquen los exámenes médicos específicos a los trabajadores expuestos a los contaminantes biológicos.

ARTICULO 89. El patrón llevará un registro del personal autorizado para la ejecución de actividades que impliquen un riesgo especial por el manejo de agentes biológicos.

CAPITULO OCTAVO

VENTILACION

ARTICULO 99. Los centros de trabajo deberán contar con ventilación natural o artificial adecuada, de acuerdo a las Normas correspondientes. En los lugares en donde por los procesos y operaciones que se realicen, existan condiciones o contaminación ambiental capaces de alterar la salud de los trabajadores, será responsabilidad del patrón efectuar el reconocimiento, evaluación y control de éstos, tomando en cuenta la ventilación natural o artificial y la calidad y volumen del aire, de conformidad a la Norma correspondiente.

ARTICULO 100. En los centros de trabajo en donde por las características de los procesos y operaciones que se realicen, se establezcan sistemas de ventilación artificial, el patrón implantará un programa de verificación y de mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos, de conformidad con la Norma aplicable.

2.3 Historia de la espirometría.

Los primeros antecedentes conocidos sobre el concepto de la espirometría se remonta a la época del Imperio Romano, concretamente entre 129-200 A.C un gran médico y filósofo griego, **Claudio Galeno**, realizó un experimento sobre la ventilación volumétrica en humanos. Tomó a un niño, al cual le pidió que respirara dentro y fuera de una vejiga de animal disecada y descubrió que después de un período de tiempo, el volumen de gas no había cambiado del recipiente que lo contenía ^[12]. Después de este experimento, no se sabe mucho sobre las pruebas de función pulmonar.

Fue hasta después de la *década de 1600*, alrededor de 1681, **Giovanni Alfonso Borelli**, experimentó tratando de medir el volumen de aire inspirado en una respiración mediante la succión de un líquido por un tubo y así logró medir su volumen ^[12]. Una de las grandes aportaciones que tuvo y que actualmente se sigue empleando es el bloqueo las fosas nasales para dirigir los flujos de aire más directamente hacia la boca. Durante principios de los años 1700's, **Stephen Hales Jurin** fue el primer científico conocido que registró medidas absolutas de los volúmenes de aire. Midió el volumen corriente obteniendo un total aproximado de 650 ml y midió una espiración máxima en 3.610 ml documentada.



Jurin llevó a cabo su experimento siguiendo los principios del maestro Arquímedes, aunque no se sabe qué método utilizó para tomar sus medidas ^[12]. Refiere la literatura que hizo muchas contribuciones a la fisiología respiratoria y por mencionar algunas:

- Aclaró la naturaleza de los gases respiratorios, haciendo la distinción entre sus dos formas: libre (en estado gaseoso) y fija (químicamente combinada).
- Inventó el canal neumático que recogida los gases medidos.
- Calculó el tamaño de los alvéolos, la superficie del interior del pulmón y el tiempo que tarda la sangre en un capilar pulmonar.
- Inventó el manómetro de "Tubo en U", el cual mide la presión intratorácica durante la respiración normal y forzada.

Además, **Jurin** es bien conocido por sus meticulosas mediciones y la atención a los detalles ^[13].

John Abernethy, un médico y profesor de anatomía, fisiología y patología, durante finales de los años 1700, midió la capacidad vital pulmonar de 3150 ml ^[14]. Recogió los volúmenes expirados midiendo los gases sobre el mercurio, tratando de determinar en qué medida los gases espirados se habían empobrecido de oxígeno ^[14]. Este concepto de agotamiento de oxígeno es esencial para entender la función pulmonar y la espirometría, en la que el aire exhalado siempre contiene menos oxígeno que el aire inhalado en los pulmones.

CONTRIBUCIONES DURANTE EL SIGLO XIX

A principios de la década de 1800, **Sir Humphry Davy** utilizó un gasómetro (figura 2) para medir distintos volúmenes y capacidades. Tomó sus propias medidas, obteniendo resultados aproximados de una Capacidad Vital de 3.110 ml, un volumen corriente de 210 ml y utilizando un método de dilución de hidrógeno, obtuvo un volumen residual de 590 a 600 ml ^[16]. El gasómetro que usó fue un instrumento complejo, con un contrapeso ingenioso para equilibrar el peso, el cual iba aumentando en el gasómetro cuando el gas entraba en una bolsa de seda ^[16]. Además de hacer estimaciones de sus volúmenes y capacidades pulmonares, **Davy** también, pudo haber sido la primera persona en hacer estimaciones con éxito de su consumo propio de oxígeno y la producción de dióxido de carbono. Realizó más de una serie de 20 experimentos, en el cual recogió el aire espirado durante 1 minuto y midió el contenido de oxígeno y dióxido de carbono, comparando esto con el contenido del aire respirable. Así estimó que su consumo de oxígeno fue de 484 ml / min y la producción de dióxido de carbono fue 447 ml / min ^[16].

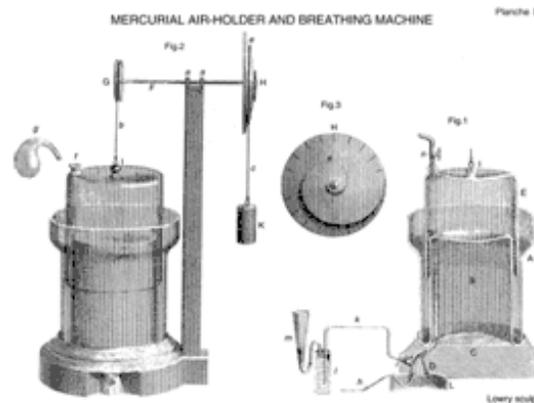


Figure 2. Gasometer used by Davy.⁴

Davy realizó mediciones del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono con una enorme contribución a la historia de la espirometría. El consumo de oxígeno, es definitivamente una de las medidas más importantes que se utilizan en fisiología del ejercicio y rehabilitación cardíaca, ya que es una medida indirecta pero muy precisa de los gastos de energía dentro del cuerpo.

Otro tipo de instrumento utilizado en el desarrollo de la espirometría fue un "pulmómetro." Este equipo fue utilizado tanto por **E. Kent y Charles Turner Thackrah** ^[12]. Según Cleeland y Burt ^[17] este dispositivo consistía en un frasco invertido en el agua, utilizado para medir los volúmenes de ventilación. El problema con el "pulmómetro" fue que no podía corregir la presión haciéndola imprecisa, el problema era que la máquina no solo medía el volumen respiratorio, sino también tomaba lectura del poder de los músculos a la espiración.

"El espirador" (figura 3) fue otro dispositivo, utilizado por **Karl Von Vierordt** en la década de 1840. El enfoque de **Vierordt** estaba en los gases exhalados y a través de sus experimentos fue capaz de llegar a determinaciones muy exactas de algunos de los parámetros volumétricos. Estos parámetros, como el Volumen Residual y la Capacidad Vital, se utilizan actualmente dentro de parámetros elementales para la espirometría moderna ^[17].

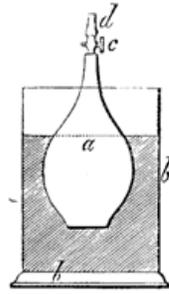


Figure 3. Expirator used by Vierordt.¹

INVENCION DEL ESPIRÓMETRO

En la década de 1840, **John Hutchinson**, cirujano, había comenzado su trabajo con diversos espirómetros. A él se le atribuye el invento del espirómetro (figura 4) para medir la Capacidad Vital, que cree que es un poderoso indicador de la longevidad. Su espirómetro consistió en una campana calibrada invertida sumergida en agua, que captura el aire exhalado de los pulmones ^[18]. Según Eckert, **Hutchinson** estudió las capacidades vitales de más de 4.000 personas con su espirómetro, realizando diferentes clasificaciones como por ejemplo: "de indigentes", "del primer batallón de la guardia de granaderos", "de pugilistas y luchadores", "de altos y enanos", "de damas", "de caballeros" y los correlacionó clínicamente con los casos que habían fallecido ^[12]. Esto indica que **Hutchinson** sabía que la Capacidad Vital estaba vinculada a la salud y más concretamente que es de gran utilidad para identificar pacientes con riesgo de múltiples patologías del aparato respiratorio, incluyendo Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), cáncer de pulmón, infarto del miocardio y accidente cerebrovascular entre otros ^[18]. El espirómetro de **Hutchinson** todavía se utiliza hoy en día con pocas modificaciones, que incluyen la reducción de la masa de la campana y la adición de dispositivos gráficos en relación con el tiempo ^[12,18].

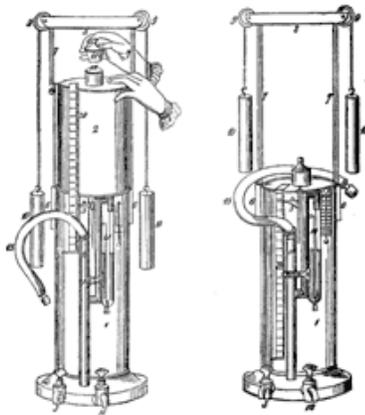


Figure 4. Hutchinson's spirometer.¹

LAS MODIFICACIONES DEL ESPIRÓMETRO

Casi diez años después de las intervenciones de **Hutchinson**, **Wintrich** desarrolló un espirómetro (véase figura 5) que era más fácil de usar, con el cual realizó pruebas en más de 4000 personas y concluyó que los tres parámetros que determinan la capacidad vital es la altura del cuerpo, el peso y la edad ^[1, 3, 4, 7, 12, 17]. En 1859, **E. Smith** desarrolló un

espirómetro portátil, en la que midió el metabolismo del gas. En 1866, **Salter** añadió un cronómetro al espirómetro con el fin de registrar el tiempo, mientras median intervalos y duración durante la obtención de volúmenes de aire. **T.G. Brodie** fue el primero en utilizar un espirómetro seco (bajo cuña) en 1902, que es el precursor del espirómetro de **Fleisch** los cuales son utilizados en la actualidad. Además, en 1904, **Tissot** presenta el espirómetro de circuito cerrado [18].

En la década de 1920, **H.W. Knipping** y **Brauer** presentaron los “principios de ergoespirometría”, que permitieron realizar las pruebas de rendimiento, en lugar de tomar todas las mediciones en reposo. Esto fue posible gracias al desarrollo de un ergómetro de **C. Speck** [12,18]. Según Hollmann y Valentín desarrollaron métodos ergoespirométricos que tienen cierta importancia el día de hoy en investigación, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, clínicos y deporte. Las disciplinas médicas especiales, tales como la Medicina del Trabajo, Neumología, Cardiología, Medicina del Deporte, Medicina Social – Epidemiología, Fisiología del rendimiento y también los campos de la Biomecánica, la Farmacología, la Clínica y la Bioquímica, se ven beneficiadas al hacer uso de la ergoespirometría, aportado nuevos conocimientos y mucho se lo deben a esta maravillosa ciencia.

Este concepto de medir la capacidad pulmonar durante la actividad física era un gran avance en el mundo científico y aún se utiliza hoy en día. Permite a los fisiólogos del ejercicio medir el consumo de oxígeno y el gasto energético durante el ejercicio, por lo tanto permite obtener mayor cantidad de información acerca de los niveles de condición física y la salud de los individuos que realizan las pruebas.

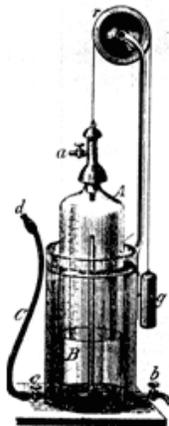


Figure 5. Wintrich's spirometer.¹

ESPIROMETRÍA MODERNA

La espirometría cae bajo en un concepto más amplio al de calorimetría y se define como: la cuantificación exacta del gasto energético durante el reposo y la actividad física [19]. Hay dos métodos diferentes de medición de la calorimetría: directa o indirectamente.

- Calorimetría directa: es la evaluación de la tasa metabólica del cuerpo mediante la medición directa de la cantidad de calor producido.
- Calorimetría indirecta: es la estimación de producción de calor o energía basada en el consumo de oxígeno, la producción de dióxido de carbono y la secreción de nitrógeno. dos aplicaciones de la calorimetría indirecta son la espirometría de circuito cerrado y de circuito abierto [19].

En la espirometría de circuito cerrado, la persona respira en un recipiente y el aire exhalado pasa a través de un contenedor que anteriormente contenía cal sodada, la cual absorbía el dióxido de carbono, liberando posteriormente el oxígeno y pasa de nuevo al recipiente donde se exhala. Un tambor de grabación mide el oxígeno extraído, que se correlaciona con la cantidad de oxígeno consumido por el individuo. Este método de espirometría es bastante restrictivo durante la actividad física, pero todavía se utiliza en algunos hospitales y laboratorios en vías de desarrollo [19]. Un experimento que utilizó la espirometría de circuito cerrado fue el que realizó **González-Arévalo et.al.** [20] en el cual compararon la máquina Physioflex de circuito cerrado (de uso común para anestesia) comparado con el calorímetro Delta-Trac II de calorimetría indirecta, con el que se constató que la medición de consumo de O₂ obtenidos entre las maquinas fue similar a los obtenido por calorimetría directa e indirecta. La espirometría de circuito abierto es útil para medir el gasto energético durante la actividad física. Existen tres métodos comunes como: espirometría portátil, técnica de la bolsa y los diversos instrumentos informáticos. La técnica consiste en que el individuo inhala aire del ambiente y el aire exhalado sale sólo a través de un contador especial de gases, que mide y analiza los valores del mismo. La espirometría portátil requiere de una mochila para trasladar y mantener en condiciones adecuadas el aparato. Las medidas tomadas se utilizaran para determinar a través de cálculos usualmente computalizados, el consumo de oxígeno. Al igual que la espirometría portátil, un medidor toma una muestra del aire ambiente para utilizarla a la hora de analizar y determinar el consumo de oxígeno. Los instrumentos utilizados en la instrumentación computalizada, debe incluir un sistema que continuamente mide las muestras del aire expirado del sujeto, un dispositivo de medición de flujo para registrar el volumen de aire respirado y el oxígeno, junto con los analizadores de dióxido de carbono para medir la composición de la mezcla de gas espirado [20].

En un estudio realizado por **Bigoni et.al.** [21] utilizaron ergoespirómetros portátiles, específicamente un Metamax 3b Cortex Biophysik, para medir el consumo máximo de oxígeno durante las pruebas de estrés. **Basset et al.** [22] realizó un experimento en el que compara la técnica de la “bolsa de Douglas” contra un sistema computalizado espirométrico y encontraron que el sistema informático, utilizando configuraciones de inspiración o de espiración, permite mediciones muy precisas y que se han hecho en menos tiempo que con la técnica manual completa para el llenado correspondiente de la base de datos. Algunos espirómetros utilizados en las pruebas anteriores han incluido un espirómetro computalizado Fleisch Pneumotachygraphic, Vitalograph y espirómetros Jaeger [23].

Los lineamientos y criterios para todas las técnicas anteriores se siguen utilizando hoy en día. En general todas las técnicas se consideran precisas y si bien, existen discrepancias en tiempos menores entre las diferentes técnicas, las diferencias no se han generalizado lo suficiente como para considerar que una técnica específica se inexacta, *siempre y cuando se mantengan bajo los lineamientos espirométricos de aceptabilidad y reproducibilidad indicados por la American Toraxic Society (ATS)*. Por lo tanto, observamos que las diferentes opciones de espirómetros depende más de los que empleen con total dominio los investigadores y determinar el tipo de actividad que realizan los individuos sujetos a medición, en lugar de poner todo el peso en la precisión al momento de realizar las técnicas.

Los espirómetros actuales son aparatos computarizados que miden volúmenes o flujos de aire. Estos aparatos son básicamente de dos tipos: los de turbina y los neumotacómetros, pudiendo ser válidos cualquiera de ellos, siempre que cumplan un mínimo de requisitos, entre los que se encuentran:

- Que permita ver en tiempo real las curvas: Flujo-Volumen y Volumen –Tiempo.
- La incorporación de la medida automática de temperatura e idealmente de la presión barométrica para la conversión automática a valores del Sistema Internacional o el más apropiado para el país donde se emplea.
- La posibilidad de imprimir los resultados obtenidos.
- Facilidad de calibración y mantenimiento.



3. Principios y fundamentos de la Espirometría.

Principales indicaciones para realizar estudios espirométricos.

A) DIAGNÓSTICO

1. Evaluar signos y síntomas.
 - Síntomas: disnea, ortopnea, tos, dolor torácico, etc.
 - Signos: disminución de ruidos respiratorios, hiperinsuflación, espiración prolongada, cianosis, deformidad torácica, crepitantes, piales, etc.
2. Medir el impacto de la enfermedad en la función pulmonar.
3. Cribado de pacientes con riesgo de padecer enfermedades respiratorias:
 - fumadores
 - exposición laboral a sustancias nocivas
 - exámenes médicos de rutina
4. Para determinar la función pulmonar basal.
5. Complemento del diagnóstico clínico en base al patrón espirométrico – obstructivo/ restrictivo / mixto.
6. Establecer diagnósticos diferenciales – cáncer, autoinmunes, cuerpos extraños, etc.
7. Inferir pronósticos.
8. Seguimiento de pacientes en rehabilitación.
9. Control metabólico y cardio-respiratorio en deportistas.

B) CONTROL TERAPÉUTICO

- Vigilancia de la evolución de casos clínicos en base a tratamientos determinados.
- Rehabilitación pulmonar.

C) QUIRÚRGICO

- Determinar riesgo preoperatorio (anestésico) basándose en resultados de función respiratoria.
- Se ha considerado que puede servir como un marcador específico en la evolución de casos de trasplante de pulmón, pero actualmente no está bien definido éste rol

D) INVESTIGACIÓN CLÍNICA Y EXPERIMENTAL

- 1) Realización de valores de referencia para distintas poblaciones
- 2) Análisis casusa-efecto sobre el aparato respiratorio de múltiples contaminantes ambientales e industriales.
- 3) Valoración de efectos adversos por exposición a sustancias ya conocidas o de reciente aparición (naturales o artificiales).

E) LABORAL

- ✚ Como complemento para la realización de exámenes médicos de ingreso, periódicos y evaluación final, los cuales son una herramienta muy útil en la valoración de la evolución fisiológica del aspecto pulmonar de los trabajadores a través del tiempo.
- ✚ Establecer relación causa – efecto con patologías respiratorias generales y específicas ocasionadas por exposición a agentes contaminantes ambientales.
- ✚ Realizar programas de vigilancia epidemiológica y en específico de conservación pulmonar para puestos de trabajo que se consideren como “críticos” por requerimiento energético y exposición a sustancias que afecten al sistema respiratorio
- ✚ Valoración de secuelas en caso de daño residual para determinar porcentaje e indemnización para incapacidades parciales permanentes o totales del sistema respiratorio.

F) PARA SEGUIMIENTO MEDICO

1. Valorar intervenciones terapéuticas:
 - I. Terapia broncodilatadora
 - II. Tratamiento esteroideo en el asma, enfermedades intersticiales, EPOC, esclerodermia, cáncer pulmonar, fibrosis pulmonar, etc.
2. Describir el curso de enfermedades que afectan a la función pulmonar:
 - I. Enfermedades pulmonares obstructivas
 - II. Enfermedades pulmonares restrictivas
 - III. Falla cardíaca congestiva
 - IV. Síndrome de Guillain – Barré
3. Seguimiento de reacciones adversas a fármacos con toxicidad pulmonar conocida.

3.1 PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS DE LA ATS (AMERICAN TORAXIC SOCIETY)

Los principales parámetros para la valoración espirométrica los define la sociedad más importante a nivel internacional sobre el conocimiento y estudio acerca de la función respiratoria la ATS, misma que solicita explícitamente el contenido de éstos cuatro elementos como mínimos indispensables para considerar adecuada la valoración de la mecánica ventilatoria y son:

1. Capacidad Vital Forzada (FVC)

- * Rango de referencia normal mayor o igual al 80% del obtenido contra el predicho.
- * Es el único volumen que medimos durante la maniobra de espiración máxima forzada.
- * Es la máxima cantidad de aire espirado durante una espiración forzada.

✓ ***Censa el estado del parénquima pulmonar***

2. Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (FEV₁)

- Rango de referencia normal mayor o igual al 80% del obtenido contra el predicho.
 - Fenómeno que acontece en el primer segundo de la espiración.
 - Volumen de aire expulsado al final del primer segundo de la Capacidad Vital Forzada (FVC).
- ✓ ***Censa las vías aéreas centrales – mayores de 2 mm.***

3. Relación FEV₁/ FVC (%)

- ❖ Rango de referencia normal mayor o igual al 70% del obtenido contra el predicho
70 – 80% U.S.A. y 75 – 85% MEX
- ❖ La relación que expresa el volumen de aire expulsado en el primer segundo como un porcentaje del volumen total de la capacidad vital forzada (fvc).

4. Flujo Espiratorio Forzado - Mesoflujo (FEF 25-75%)

- Flujo espiratorio entre el 25 y el 75% de la Capacidad Vital Forzada (lts/seg)
 - Rango de referencia normal mayor o igual al 60% del obtenido contra el predicho.
- ✓ ***Censa vías aéreas periféricas – medianas: bronquiolos terminales y respiratorios que miden de 1.99 a 0.5 mm.***

OTROS VALORES QUE SE DEBEN CONSIDERAR SON:

A) INDICE DE TIFFENAU

- Se calcula realizando la resta algebraica del valor obtenido menos el predicho
- Se manifiesta en valor nominal.
- Permite determinar el predominio de la afectación pulmonar en dos grandes grupos: ***restrictivo u obstructivo.***

B) BEV (BACK EXTRAPOLATED VOLUMEN) – VOLUMEN EXTRAPOLADO PREVIO

- * Es el volumen expulsado anticipadamente al esfuerzo espiratorio forzado.
- * Se manifiesta en forma porcentual mediante la siguiente fórmula:

$$\text{BEV \%} = \frac{\text{BEV} \times 100}{\text{FVC}} \quad \%$$

C) CAPACIDAD VITAL LENTA (SVC)

- Rango de referencia normal mayor o igual al 80% del obtenido contra el predicho.
- Se considera la más sensible y específica.
- Es el máximo volumen de aire que puede expulsarse mediante exhalación rápida, prolongada y completa, previa inspiración máxima.
- **Se debe realizar sin ningún esfuerzo espiratorio forzado**
- Elimina la compresión dinámica de las vías aéreas
- La Capacidad Vital Lenta (SVC) habitualmente es mayor que la Capacidad Vital Forzada (FVC).

D) Flujo Espiratorio Forzado 75-85% (FEF 75-85%)

- Flujo espiratorio entre el 75 y el 85% de la Capacidad Vital Forzada (lts/seg)
- Rango de referencia normal mayor o igual al 60% del obtenido contra el predicho.
- Altamente sensible para detectar neumopatías incipientes, considerando que el inicio de las mismas van de distal a proximal, de forma ascendente, alterando así la fisiología pulmonar inicialmente sobre las vías aéreas periféricas pequeñas.
- ✓ **Censa las vías aéreas periféricas pequeñas: conductos alveolares y alveolos que miden menos de 0.5 mm.**

PRUEBAS CON BRONCODILATADOR

El objetivo es poner de manifiesto la posible existencia de reversibilidad de la obstrucción bronquial y se debe realizar bajo el siguiente protocolo:

1º Realizar espirometría basal al paciente

2º Administrar en la cámara espaciadora 3 a 4 “puffs” de salbutamol o terbutalina (400 µg total) y esperar 20 a 30 minutos para que hagan efecto.

3º Realizar una nueva espirometría

4º Comparar los resultados de la espirometría basal (pre) con los de la espirometría post-broncodilatación.

5º La diferencia observada debe expresarse en su valor absoluto, en mililitros y en valor porcentual en relación al cambio respecto del valor basal.



CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE LA SOCIEDAD AMERICANA DEL TORAX (ATS)

ACEPTABILIDAD

Para interpretar adecuadamente una espirometría es imprescindible graduar la calidad de la misma, para esto siempre se debe contar al menos tres esfuerzos o maniobras espirométricas, también llamadas maniobras de FVC. El primer paso es determinar si las maniobras reúnen criterios de aceptabilidad; estos criterios evalúan el inicio del esfuerzo, la duración y terminación del mismo y si las maniobras están libres de artefactos. El segundo paso es conocer si la prueba es repetible; esto significa que dos maniobras deben ser muy parecidas (menos de 150 ml de diferencia) entre los mejores valores de FVC ó FEV₁.

INICIO ADECUADO:

- Elevación abrupta y vertical en la curva FLUJO-VOLUMEN

TERMINACIÓN ADECUADA:

- Sin cambios mayores de 25 ml por al menos 1 segundo en la curva VOLÚMEN-TIEMPO: Meseta
- Duración de la espiración al menos 6 segundos mayores de 10 años y de 3 segundos en menores de 10 años.

LIBRE DE ARTEFACTOS:

- Sin terminación temprana
- Sin tos
- Sin cierre glótico
- Sin esfuerzo variable
- Sin exhalaciones repetidas
- Sin obstrucción en boquilla o fuga alrededor de la misma
- Sin errores de línea de base (sensores de flujo)

VOLUMEN EXTRAPOLADO PREVIO (BEV)

- Valor límite: no mayor del 5% del volumen total de la FVC (Capacidad Vital Forzada) en un esfuerzo uniforme (no mayor de 150 mL ó 0.15).

DETERINACIÓN DE REVERSIBILIDAD – RESPUESTA AL BRONCODILATADOR

- Comparación de valores obtenidos del basal contra valores post-broncodilatador tomando como referencia FVC (Capacidad Vital Forzada) ó FEV₁ (Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo) significativo con una diferencia igual o mayor al 12% del valor basal obtenido y que sea mayor de 200 mL con respecto al valor basal.
- FEF₂₅₋₇₅ ó FEV₁/ FVC - igual o mayor al 20% del valor basal obtenido.

REPETIBILIDAD

Es la mayor coincidencia entre resultados obtenidos de mediciones sucesivas que implican mismo método, mismo observador, mismo instrumento, mismo lugar, misma condición, repetidas sobre un período corto de tiempo. Para la correcta evaluación se requiere:

1. Contar con tres maniobras de FVC aceptables
2. Se aplica a FVC y FEV₁
3. La diferencia entre los dos valores más altos de FVC ó FEV₁ debe ser menor de 0.15 Lts. ó 150 mL
 - Espirometrías con repetibilidad mayor de 150 mL son más variables.

REPRODUCIBILIDAD

Es la mayor coincidencia entre resultados de mediciones sucesivas que implican diferentes condiciones como método de medición, observador, instrumento, lugar, condiciones de uso y tiempo.

CRITERIOS DE ENRIGHT – DETERMINANTE DE CALIDAD DE LAS ESPIROMETRÍAS

GRADO	MANIOBRAS ACEPTABLES	Δ FEV ₁ Y Δ FVC	INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD
A	3	< 150 mL	Muy aceptable y muy repetible
B	3	< 200 mL	Aceptable y repetible
C	2	< 200 mL	Menos aceptable y repetible
D	2	> 200 mL	Menos aceptable y variable
E	1		Inadecuada
F	0		Inadecuada

PRUEBAS DE RESPUESTA AL BRONCODILATADOR

Determinar si la obstrucción al flujo aéreo es reversible con la administración de fármacos broncodilatadores inhalados, es un procedimiento común en la realización de la espirometría. Sin embargo, el tipo de fármaco, la dosis y la forma de administración son una decisión de orden clínica e individualizada a cada paciente, por lo que no puede ser completamente estandarizada en el laboratorio. Estandarizar el tipo de fármaco la forma de administración y la dosis es importante para definir la respuesta al broncodilatador. El uso de inhaladores de dosis media (aerosoles o inhaladores en seco) son los más comunes y cómodos. Sin embargo, para el caso de aerosoles es importante usar cámaras espaciadoras para un mejor depósito a nivel pulmonar, que puede ser entre el 10 y 20% de la dosis; en caso de no usar espaciador, el depósito es menor y altamente dependiente de la técnica de inhalación. Los inhaladores en seco producen una partícula mucho más pequeña y el depósito puede mejorar hasta un 50% de la dosis. La administración de broncodilatadores también puede realizarse con nebulizadores, pero el depósito pulmonar depende de la concentración, el tipo de nebulizador, la frecuencia respiratoria y el tiempo inspiratorio.

Para esta prueba es fundamental que el paciente:

- ❖ No haya ingerido o inhalado previamente ningún fármaco broncodilatador β -agonistas o anticolinérgicos de corta duración (salbutamol y bromuro de ipratropio) al menos 4 horas antes de la prueba; o β -agonistas de larga duración (salmeterol o formoterol), al menos 12 horas antes.
- ❖ No haya fumado una hora antes y durante la realización del estudio

Determinación de reversibilidad

Los estándares internacionales de interpretación establecen que una respuesta significativa al broncodilatador está definida por:

5. Una mejoría en FEV₁ ó FVC de 12% y que sea mayor a 200 ml con respecto al valor basal (esta respuesta se presenta en el 5% de la población sana).

Este cambio es estadísticamente significativo con respecto al cambio esperado en la población sana y puede ser clínicamente relevante. una respuesta menor puede ser clínicamente significativa, pero debe interpretarse en el contexto de la reproducibilidad de la prueba pre y post-broncodilatador.

En el contexto clínico, la obstrucción crónica al flujo aéreo característica de la EPOC, puede acompañarse de la respuesta positiva al broncodilatador o ser parcialmente reversible. En cambio una reversibilidad completa que lleve a la normalización del FEV₁, es compatible con el diagnóstico de Asma. La obstrucción crónica en el Asma mal controlada puede dar una obstrucción irreversible (remodelación de la vía aérea) indistinguible de la EPOC por otras causas.

REPORTE ESPIROMÉTRICO

El reporte espirométrico debe contener toda la información necesaria para la valoración de calidad de la prueba y la interpretación adecuada de la misma:

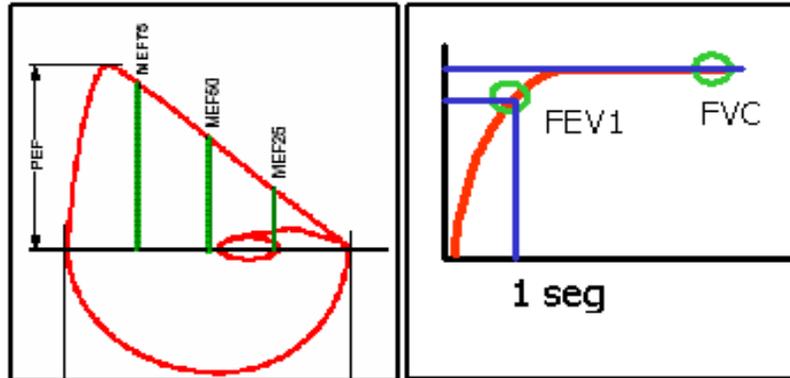
- 1) Datos demográficos del paciente
- 2) Datos ambientales
- 3) Valores de referencia
- 4) Tres maniobras:
 - Valores FEV₁, FVC, FEV₁/FVC, PEF
 - Valores FEV₆, FEV₁/FEV₆, si se utilizan
 - Gráficas
- 5) Otros parámetros recomendados:
 - Fecha de última calibración
 - Repetibilidad (variabilidad FVC y FEV₁ ó FEV₆)
 - Graduación de calidad
 - Interpretación automatizada

Es recomendable que se reporten los valores y gráficas de tres maniobras aceptables a las tres mejores de FVC. Para el resultado final, deben seleccionarse los valores más altos de FVC y FEV₁, aunque estos no provengan de las mismas curvas. A su vez, estos valores deben ser utilizados para calcular el cociente FEV₁/FVC. Todos los valores de función pulmonar se reportan en litros con dos decimales. El cociente FEV₁/FVC se reporta como por ciento con un decimal.

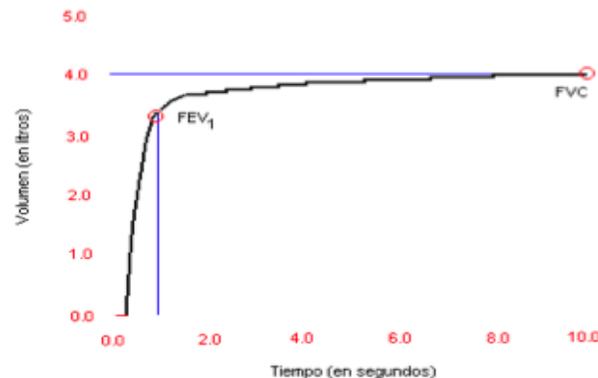
ESPIROMETRÍA DINÁMICA

Cuando se introduce como unidad de referencia el tiempo pasamos a considerar aspectos dinámicos de la ventilación y variaciones de volumen por unidad de tiempo (flujos). Se clasifican en dos tipos de representaciones gráficas:

- CURVAS DE FLUJO – VOLUMEN : HYATT
- CURVAS DE VOLUMEN – TIEMPO: TIFFENAU



CURVAS DE VOLUMEN – TIEMPO: TIFFENAU



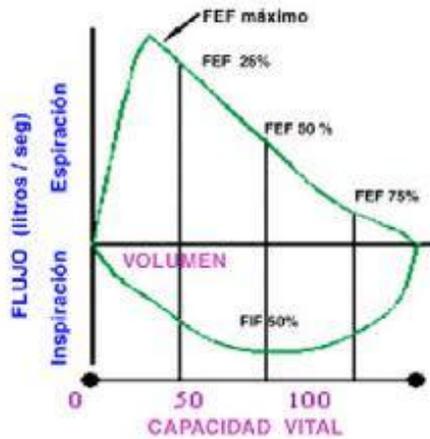
Relaciona el volumen espirado con el tiempo empleado para la espiración. Son las más “intuitivas” y más fáciles de interpretar. De estas curvas se obtienen fundamentalmente los siguientes parámetros:

FVC: Capacidad Vital Forzada – (Forced Vital Capacity): es el volumen de aire que podemos espirar, en forma rápida, sostenida y máxima tras una inspiración máxima.

FEV₁: Volumen Espiratorio Máximo en un segundo – (Forced Expiratory Volume in one second).

FVC/FEV₁ :(%): Es la relación porcentual entre el Volumen Espiratorio Máximo en el primer segundo (FEV₁) y la Capacidad Vital Forzada (FVC)

CURVAS FLUJO – VOLUMEN: HYATT



La investigación en fisiología pulmonar ha ido evolucionando con los años y los avances tecnológicos han permitido desarrollar este tipo de curvas. Aún a pesar de tener una gran equivalencia con las curvas de volumen-tiempo, obtenemos por medio de ellas una mayor cantidad de información sobre las zonas de ventilación en las que no está presente el factor esfuerzo -dependiente del sujeto a examinar.

- Relaciona el flujo espirado en cada instante con el volumen espirado en ese instante.
- Son más difíciles de interpretar que las curvas de volumen – tiempo, pero a cambio aportan más información clínica y técnica, por lo que son de elección.
- Tiene una fase de ascenso rápido hasta llegar al flujo espiratorio máximo o Peak-Flow, y luego un descenso más lento, pero prácticamente en línea recta, hasta que alcanza la línea de base, momento en que señala la FVC.
- El FEV₁ es calculado por el propio espirómetro y si es normal suele estar en la última parte de la línea descendente.

En esta curva se estudian los siguientes datos:

FVC: Capacidad Vital Forzada – (Forced Vital Capacity): es el volumen de aire que podemos espirar en forma rápida, sostenida y máxima, tras una inspiración máxima.

FEF 25-75%: Flujo Espiratorio Forzado – (Forced Expiratory Flow) entre el 25% y el 75% de la capacidad vital forzada: es un cálculo obtenido de dividir la línea en la gráfica de la espiración forzada total en cuatro partes y seleccionar la mitad media, es decir, el 50% de la recta.

PF - PEAK FLOW (Flujo Pico): Es el punto máximo en un instante del flujo en espiración.

TIPOS DE ESPIRÓMETROS

Se pueden distinguir tres tipos de espirómetros:

- espirómetros húmedos o de agua
- espirómetros secos
- espirómetros electrónicos (neumotacógrafos)

1.- Espirómetros húmedos o de agua:

Consisten en un tambor invertido sobre una cámara de agua equilibrado por un contrapeso. En el interior del tambor, hay aire u oxígeno, con un tubo que conecta a la boca del sujeto a examinar, que al inspirar o espirar desplazará el tambor hacia arriba o abajo, realizando así por medio de un registro un trazado espirográfico.

2.- Espirómetros secos:

Se subdividen en dos tipos de pistón y de cuña, tienen la ventaja sobre los húmedos de ser portátiles y ofrecer menos resistencias.

3.- Espirómetros electrónicos (neumotacógrafos):

Son aparatos más recientes y por ello mucho más sofisticados, están compuestos por un ordenador (microprocesador), un transductor de flujo, un convertidor analógico digital y un neumotacógrafo. (fig. 1 y 2.)

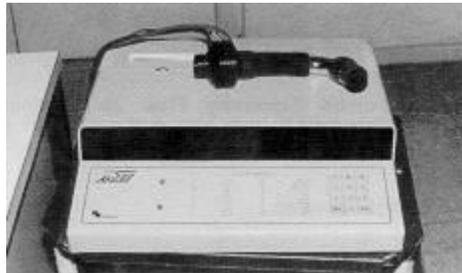


FIG. 1: ESPIRÓMETRO PORTÁTIL

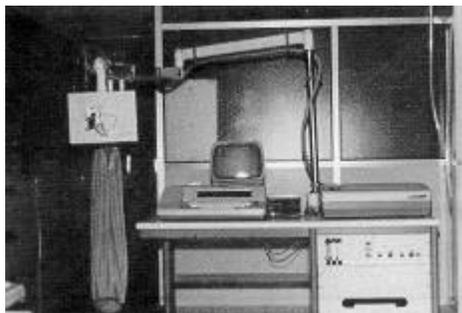


FIG. 2: ESPIRÓMETRO PARA EL ESTUDIO DE LA DIFUSIÓN PULMONAR



PLETISMÓGRAFO DE CUERPO ENTERO

En el interior del neumotacógrafo se halla el transductor de flujo o cabezal, en donde se produce la lectura de la diferencia de presiones originadas por los cambios de presión debidos a la circulación del volumen de aire inspirado o espirado por el sujeto a examinar; magnificando esta lectura o transformándola en señal eléctrica, el convertidor analógico digital recoge esta señal convirtiéndola en digital para ser tratada por el ordenador.

GENERALIDADES DE INTERPRETACIÓN SOBRE PATRÓNES ESPIROMÉTRICOS

PARAMETROS FUNCIONALES	SINDROME	
	OBSTRUCTIVO	RESTRICTIVO
FVC	(N) (D)	(D) (DD)
FEV ₁	(D) (DD)	(D) (DD)
%FEV ₁	(D) (DD)	(N)
FEF _{25%-75%}	(D) (DD)	(D)

N=NORMAL; D= LIGERAMENTE DISMINUIDO; DD= MUY DISMINUIDO

4. DESCRIPCIÓN HISTORICA BREVE DE CIUDAD DEL CARMEN - CAMPECHE

Entre 1946 y 1947, los pobladores de la Isla del Carmen buscaban una salida a su crisis económica, de acuerdo con datos de Leriche, varios eran los proyectos que se tenían en mente, desde un gran hotel hasta una fábrica de botones, de todos estos proyectos el único que llegó a consumarse fue la instalación de empacadoras de marisco. Mientras en la isla se discutían esas posibilidades, compañías Camaroneras nacionales y extranjeras incrementaban su presencia en las costas de Carmen, donde se hallaban los bancos vírgenes de camarón rosado del Golfo. La actividad camaronera tuvo un inicio anárquico, un tanto caótico; sin embargo, marcaría la economía de Carmen los siguientes 35 años.



Localización de Ciudad del Carmen en el estado de Campeche
Apodo: La perla del Golfo

País	México
• Estado	Campeche
• Municipio	Carmen
Ubicación	18°38'18"N 91°50'07"O
• Altitud	10 msnm
Fundación	16 de julio de 1717
Población ¹	169 466 hab. (2010)
Gentilicio	Carmelita
Huso horario	Tiempo del Centro (UTC -6)
• Verano	UTC -5
Aeropuerto	Aeropuerto Internacional de Ciudad del Carmen
Código postal	24100 -
Pref. telefónico	938
Presidente municipal	Aracely Escalante Jasso (PRI)
Código INEGI	040030001
Sitio web	Ayuntamiento de Ciudad del Carmen

Las bondades entre esta industria y las que la precedieron, como la del palo de tinte y maderas preciosas, permitieron la diversificación de las actividades ocupacionales de la región.

El descubrimiento de petróleo, por el pescador Rudesindo Cantarell en marzo de 1971 frente a las costas de Carmen, significó una nueva etapa en la vida de la ciudad y un elemento de gran trascendencia en el destino del país.

ECONOMÍA

Ciudad del Carmen ha sido de gran importancia para el desarrollo del estado de Campeche y del país, por su posición geográfica y la riqueza de los recursos naturales que le rodean; en un primer momento, vino la bonanza derivada de la explotación del palo de tinte y del chicle, más tarde, esta llegó con la pesca del camarón. En la actualidad, conserva su posición estratégica en la economía, pero ahora generada por una fuente diferente, el petróleo. El petróleo es

extraído de la *Sonda de Campeche*, teniendo como principal base de operaciones a Ciudad del Carmen, esta situación la convierte en un centro donde se requieren de servicios complementarios para las actividades de exploración y producción de crudo que desarrolla la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos. Actualmente se está en una etapa de planeación de la actividad económica a largo plazo, enfocado a la consolidación de los servicios relacionados con la explotación del petróleo y al pleno desarrollo de actividades económicas paralelas, como el Turismo.



5. Justificación

La espirometría es un estudio simple y reproducible que permite efectuar la mejor evaluación funcional cuantitativa de las características de la mecánica ventilatoria. Se considera una prueba esencial en el diagnóstico, monitorización y manejo de las enfermedades respiratorias y constituye la principal herramienta diagnóstica para la evaluación del sistema respiratorio pulmonar ⁽¹⁾. La **espirometría** consta de una serie de pruebas respiratorias sencillas, bajo circunstancias controladas, que miden la magnitud absoluta de las capacidades pulmonares, los volúmenes pulmonares y la rapidez con que éstos pueden ser movilizados (flujos aéreos). Los resultados se representan en forma numérica fundamentados en cálculos sencillos y en forma de impresión gráfica. Es un estudio no invasivo que sirve como valor biológico de referencia, es preciso, de bajo costo y sin riesgos específicos, tiene pocas complicaciones y posee contraindicaciones muy precisas, considerando que es altamente reproducible, lo cual permite hacer un seguimiento cercano y adecuado de la población a estudiar, con la finalidad de detectar enfermedades incipientes, así como realizar valores de referencia para poblaciones de diferentes partes del mundo y a su vez, se considera una herramienta indispensable para realizar los programas de conservación pulmonar y determinación de ecuaciones de predicción para parámetros de la mecánica pulmonar en la población trabajadora.

Se ha encontrado que la ubicación geográfica, la nutrición y la exposición ambiental influyen directamente sobre la función pulmonar ^(2,3). Diversas formulas de referencia son usadas para determinar rangos normales en los resultados espirométricos. Los valores de referencia juegan un rol importante para establecer volúmenes medidos dentro de rangos adecuados para personas sanas del mismo género, talla y edad ⁽⁴⁾. Es absolutamente indispensable poseer ecuaciones de predicción adecuadas, con parámetros espirométricos obtenidos de la población trabajadora sana de nuestro país (México) y en específico de población trabajadora de Petróleos Mexicanos, puesto que utilizar otras ecuaciones de poblaciones extranjeras o de poblaciones con patología pulmonar produce alteración en los resultados significativamente, dando así falsos positivos o negativos. Es concerniente al personal del área de Salud Ocupacional evaluar a los trabajadores eficiente y adecuadamente, logrando determinar alteración en función de la mecánica ventilatoria, identificar de manera oportuna alteraciones incipientes, realizar diagnósticos de enfermedades pulmonares más precisos desde el ingreso de los trabajadores, el seguimiento y al finalizar su vida laboral, así como la aplicación a *“Programas de vigilancia de conservación pulmonar”* y detectar oportunamente para limitar progresión de enfermedad pulmonar en trabajadores expuestos a sustancias o al medio ambiente que afecten la función pulmonar ⁽⁵⁾.

La espirometría en el medio ambulatorio debe realizarse con los mismos criterios de calidad que se emplean en los laboratorios de exploración funcional de aplicación en el área hospitalaria, laboratorios de Fisiología Pulmonar. Existen normas promulgadas en los últimos años por diferentes sociedades internacionales (ATS/ERS 2005) que proponen recomendaciones y normativas tendentes a uniformizar y mejorar la calidad y fiabilidad de los resultados. Diversas guías clínicas e iniciativas nacionales e internacionales recomiendan aumentar su uso en los servicios Médicos ⁽⁶⁾. Siempre hay que considerar que los valores de referencia son indispensables para realizar una correcta interpretación de la espirometría, por lo tanto deben de poseer la validación adecuada para su aplicación en base a las poblaciones dirigidas que se les va a realizar el estudio ^(6,7).

Se conocen varios factores que de manera sistemática modifican la función de la mecánica pulmonar, en especial para estudios espirométricos, de los cuales además de las diversas patologías con afectación al sistema pulmonar, los más importantes son: talla, edad, género y raza ⁽⁷⁾. Seleccionar a la población que ha de generar los valores de referencia es importante y puede provenir de un grupo especial, en determinada área geográfica, como trabajadores de un área o giro industrial específico, para lo cual es preferible una muestra representativa con la población adecuada: sin antecedentes médicos importantes, estado de salud general óptimo, sano pulmonarmente, sin presencia de co-morbilidades y toxicomanías que afecten la función pulmonar, activos laboralmente, actividad física adecuada en el puesto de trabajo, edad y por supuesto nacionalidad y radiquen en México⁽⁷⁾, en este caso en Ciudad del Carmen, Campeche.

Actualmente existen diversos estudios sobre la función pulmonar realizados en diversas poblaciones de trabajadores en todo el mundo. Dadas las diferencias en las poblaciones de estudio, técnicas y procedimientos, así como las ecuaciones de regresión lineal empleadas para esas poblaciones, existe gran variabilidad en los resultados de valores espirométricos ⁽⁸⁾.

Es imperativo establecer referencias adecuadas para nuestra población trabajadora y en específico dentro de Petróleos Mexicanos. Se tiene que considerar que las referencias en valores de la función pulmonar está estimada en relación a poblaciones adultas, por lo que se infiere que ésta población se encuentra en edad productiva sin especificar actividad laboral. La literatura refiere estudios realizados a adultos sin aparente enfermedad pulmonar previa, ausencia de exposición a agentes biológicos o químicos que generen afectación pulmonar, sin toxicomanías presentes, sin especificar empleo, puesto, categoría, giro, antigüedad en la empresa, etc., en general datos que se consideran como muy relevantes el definirlos para establecerlos en población “trabajadora”. El estudio más significativo fue el realizado por el **Dr. Cruz-Mérida y cols. (2004)** del servicio de Fisiología Pulmonar del Instituto Mexicano del Seguro Social el cual incluyó un protocolo completo para determinar una muestra de trabajadores desde el punto de vista pulmonar, con una muestra mayor de 400 trabajadores, por lo que obtuvo valores de referencia espirométricos a través de ecuaciones de regresión lineal validadas para nuestro país. La discusión de éste trabajo es la diversidad en las ramas industriales y categorías con variabilidad en intensidad laboral, probable exposición a sustancias químicas u agentes de riesgo pulmonares y el factor más importante que es población que radica en una de las ciudades más contaminadas del mundo, la Ciudad de México. Otra referencia es el estudio de **Pérez-Padilla et.al. (2001)** que realizó en trabajadores mexicanos que demandaban incapacidad fue realizado comparativamente con valores de referencia internacionales por lo que no define valores de referencia de espirometría específicos para población trabajadora mexicana y guarda poco valor significativo relacionado con población trabajadora sana, ya que los estudios fueron realizados a trabajadores que se encontraban en periodo de demanda hacia alguna empresa, por lo que se infiere que no estaban “sanos” o que peleaban el reconocimiento de alguna enfermedad. El mismo autor en su estudio PLATINO determina valores espirométricos de 5 grandes ciudades de Latinoamérica, sin diferenciar a población laboral específica, incluyendo a todo tipo de población y solo a mayores de 40 años, lo que deja una brecha enorme de valoración en el resto del rango de la población económicamente activa.

En nuestro país, hay carencia en la literatura sobre estudios espirométricos realizados en población trabajadora, sin existir referencias específicas dentro de la Industria Extractiva en específico del ramo de la explotación del petróleo y mucho menos dirigidos a Petróleos

Mexicanos. La trascendencia de la estandarización de valores para parámetros espirométricos en ésta población, servirán como punto de partida importante para realizar nuevos trabajos de investigación más dirigidos para la población trabajadores de PEMEX y posteriormente poseer valores internos con aplicación validada para realizar exámenes de ingreso, periódicos, compatibilidad puesto-persona, requerimientos médicos del puesto, para establecer y esclarecer la relación causa-efecto, determinar grados de incapacidad a nivel broncopulmonar, siendo en general aplicables a las múltiples categorías dentro de Petróleos Mexicanos, específicamente para los centros de trabajo de *Ciudad del Carmen, Campeche*.

Es importante resaltar que se seleccionó ésta región geográfica por la cantidad de trabajadores de PEMEX, la altitud sobre el nivel del mar (10 msnm), humedad del ambiente (78%) y por los puestos de trabajo que requieren intensidad laboral, lo que implica un gasto energético adecuado y que exige integridad física de buena a muy buena.

Dentro de petróleos mexicanos existe el Sistema de Administración de Salud en el Trabajo (SAST), el cual contempla de una manera específica un “Programa de Conservación Pulmonar” como hace referencia en el punto 7, sobre “ventilación y calidad del aire”, en el nivel 3 inciso 2 de la página e7.

El Reglamento de Seguridad e Higiene de Petróleos Mexicanos, el capítulo XXVII “Salud en el Trabajo e Higiene Industrial” hace referencia en sus artículos sobre “Programas de Conservación Pulmonar” en centros de trabajo o puestos críticos y comunes, con probable exposición a agentes nocivos para la función pulmonar.

Así mismo el **Contrato Colectivo de Trabajo 2011-2013 del Sindicato de Trabajadores de Petroleros de la República Mexicana en el capítulo XIV acerca de “Servicios Médicos”, en la cláusula 103 indica: “los trabajadores deberán sujetarse a exámenes médicos de acuerdo a los programas de salud en el trabajo (de manera obligatoria)”, en sus incisos hace referencia sobre valoraciones de ingreso, periódicas o específicas para la realización de exámenes médicos y la espirometría es una herramienta precisa considerándose el estándar de oro como prueba fisiológica para valorar mecánica respiratoria y determinar patrón obstructivo ó sugerir patrón restrictivo.**

Es importante mencionar que la Dirección Corporativa de Administración, a través de la Subdirección de Servicios de Salud, Gerencia de Servicios de Salud y la Subgerencia de Salud en el Trabajo, determina el **“Programa Operativo Anual”, el cual contempla dentro de su numeral 12, la instrucción operativa 11.11: Programa de Conservación de la función respiratoria, que forma parte del elemento 4 del SSPA (vigilancia de la salud de los trabajadores) en el cual hace referencias de las siguientes definiciones:**

- **Programa de conservación de la función respiratoria: es la actividad multidisciplinaria para vigilar y controlar la exposición a contaminantes aéreos mediante la evaluación del perfil espirométrico y de las intervenciones preventivas.**
- Objeto: conservar la función respiratoria de los trabajadores expuestos a contaminantes aéreos.
- Meta: determinar la población trabajadora que se incorporará al programa de acuerdo con la selección del grado de riesgo.

Con lo anteriormente descrito dentro del marco legal para nuestra Institución (PEMEX), será trascendental el contar con valores internos para aplicarlos posteriormente dentro de muchas variantes y determinar valores de referencia para patrones espirométricos en otros centros de trabajo para los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo y Medicina Pericial.

6. Pregunta de investigación

¿CUÁLES SON LOS VALORES DE REFERENCIA PARA DETERMINAR PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS EN UNA POBLACIÓN DE TRABAJADORES DE PETRÓLEOS MEXICANOS EN LA REGIÓN MARINA DE CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE?

7. Hipótesis

El determinar valores de referencia para parámetros de espirometría obtenidos de una población de trabajadores sanos de Pemex en la Región Marina de Ciudad del Carmen-Campeche, servirán como valores de referencia para determinar resultados de en la valoración de la mecánica respiratoria con aplicación en la determinación de aptitud física, presencia de enfermedades pulmonares previas, incipientes o en evolución de la población trabajadora de esta ubicación geográfica de Petróleos Mexicanos. Específicamente tendrán beneficio directo para la aplicación en los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo de Petróleos Mexicanos de **Ciudad del Carmen - Campeche** y abrirá líneas de investigación para posteriores aplicaciones en la mayoría de los Centros de Trabajo de PEMEX, y podrá servir como referencia en las valoraciones en exámenes médicos de ingreso, periódicos y finales, definir con mayor precisión "Programas de Conservación Pulmonar" conforme a los lineamientos del Programa Operativo Anual, así como en exámenes médicos de puesto de trabajo y compatibilidad puesto-persona para las categorías que se consideren con exposición a Agentes que afecten la función pulmonar o en puestos de trabajo con requerimientos físicos específicos con esfuerzo cardiopulmonar bajo, mediano o alto. Cabe mencionar que al definir parámetros internos de nuestra Institución (PEMEX), podemos sentar una base para lo posterior aplicación en casos de Dictámenes Médicos por el Servicio de Medicina Pericial, como complemento a las pruebas legales en caso de demanda y determinación de porcentajes de Incapacidades Parcial Temporal o Permanente tomando como referencia los valores internos de población trabajadora de Petróleos Mexicanos.

8. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

1.- Se determinaron valores de referencia para parámetros de espirometría en una población de trabajadores de Petróleos Mexicanos en la Región Marina de **Ciudad del Carmen – Campeche de Octubre de 2011 a Marzo de 2012.**

Objetivos específicos

1.- Identificamos trabajadores sanos desde el punto de vista pulmonar mediante el siguiente protocolo de estudio:

- Aplicación del cuestionario de exposiciones y síntomas respiratorios validado para población mexicana del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER). ⁽²⁹⁾
- Exploración física breve cardio-pulmonar.
- Oximetría de pulso.
- Espirometría simple bajo lineamientos de Aceptabilidad y Reproducibilidad de la ATS/ERS 2005 (American Toraxic Society/European Respiratory Society)

2.- Se determinaron volúmenes respiratorios en trabajadores activos sanos:

- FVC, FEV₁, FEV₁/ FVC, TIFENEAU, PEF, FEF-50%, FEF-75%, FEF 25%-75% y FEF 75%-85%.

3.- Identificamos a trabajadores con valores de referencia dentro de la normalidad para la mecánica pulmonar en base a las ecuaciones de predicción para parámetros espirométricos en población mexicana adulta del Dr. Aarón Cruz-Mérida et.al. (Archives of Medical Research 35; 2004: 446 – 449), previo cumplimiento de los criterios de aceptabilidad y repetibilidad de las Sociedades de Neumología Americana (ATS/ERS 2005) y que cumplieron criterios de calidad A y B de Enrigh en las maniobras y reportes espirométricos.

4.- Los valores de referencia para patrones de espirometría obtenidos, serán de utilidad para:

- ✓ Aplicarlos a población trabajadora en los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo y Servicios Médicos diversos que así los requieran dentro de la Región Marina de Petróleos Mexicanos.
- ✓ Aplicarlos en los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo para la realización de estudios médicos de ingreso, periódicos y finales.
- ✓ Determinar compatibilidad puesto-persona, estudios médicos del puesto, “Programas de conservación pulmonar”.
- ✓ La realización de Dictámenes Médicos en la determinación de Incapacidad Parcial Temporal o Permanente y como parte de la Pericial Medica en el desahogo de pruebas (espirometría) en base a nuestra población interna de trabajadores para casos de demanda contra la Institución (PEMEX) empleados por el servicio de Medicina Pericial para dicha región.

5.- Se identificaron *patrones ó alteración* de la mecánica ventilatoria en la población trabajadora de Petróleos Mexicanos en la Región Marina de Cd. del Carmen – Campeche, México.

6.- Al realizar el estudio se detectaron alteraciones incipientes del aparato respiratorio en trabajadores activos dentro de la industria extractiva de petróleo PEMEX, y se realizó un

diagnóstico, indicaciones higiénico-dietéticas y envío a Medicina General de su Centro de Adscripción para continuar el protocolo de estudio y tratamiento, aunado a la invitación de mejorar hábitos de activación física y cuidados generales preventivos en su sitio de trabajo.

9. Tipo de estudio

Es un estudio Analítico (Observacional) sobre los resultados de la mecánica ventilatoria a través de la realización de espirometrías simples a trabajadores de la Región Marina de Ciudad del Carmen, Campeche de Petróleos Mexicanos.

El propósito del estudio es Descriptivo. El agente a analizar es la función respiratoria a través de exámenes espirométricos mediante la maniobra de espiración forzada (FVC y FEV₁ principalmente), siendo de tipo Observacional, con un seguimiento Transversal y un sentido de seguimiento Prospectivo. La recolección de los resultados obtenidos será Prolectivo y el componente de la muestra es Heterodémico.

Definición del universo:

Se realizaron exámenes espirométricos a los trabajadores que laboran dentro de ésta zona geográfica pertenecientes al Corporativo y al Organismo de Exploración y Producción de Petróleos Mexicanos, teniendo en cuenta que en los diversos centros de trabajo el total de trabajadores es de 18,330 (mar y tierra) y específicamente 4,881 del área de plataformas en la Región Marina de Ciudad del Carmen Campeche (sin considerar trabajadores de empresas foráneas) entre sindicalizados y de confianza, de planta y transitorios de múltiples edades y de ambos sexos.

• Tamaño de la muestra:

Se realizó el estudio de la mecánica pulmonar a 360 trabajadores considerando ser una población significativa para la cantidad total, por lo que al aumentar el número de trabajadores se amortiguan las pérdidas en base a criterios de exclusión y eliminación, con lo que se obtuvo 212 trabajadores (168 hombres y 44 mujeres) clasificados como población saludable cumpliendo todos los criterios de inclusión, estudiando a ésta cantidad para que pueda ser más representativo y con mejores consistencias en los resultados.

• Criterios de selección:

- Trabajadores activos, de nuevo ingreso y reingreso, dentro de Petróleos Mexicanos en la Región Marina de Ciudad del Carmen, Campeche perteneciente al Corporativo y al Organismo de Exploración y Producción de PEMEX.
- Edad entre 18 a 75 años.
- Trabajadores con ficha vigente o temporal (ingreso), dentro de Petróleos Mexicanos, sin especificación del Régimen Contractual (Sindicalizado, Confianza, Planta o Transitorio).
- Trabajadores pertenecientes a múltiples categorías con requerimientos físicos bajos, medianos y altos en base a la clasificación interna de requerimientos de puesto de trabajo existente en las bases y documentos de Recursos Humanos de Petróleos Mexicanos.

• Criterios de inclusión:

- Sanos pulmonar mente en base a protocolo de estudio de la función pulmonar:
 - Aprobar correctamente (sin antecedentes, morbilidades o limitaciones pulmonares) el cuestionario de exposiciones y síntomas respiratorios validado para población mexicana por el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER). ⁽²⁹⁾
 - Exploración física dirigida del aparato cardio-pulmonar sin alteraciones aparentes para enfermedades presentes.
 - Oximetría de pulso dentro de parámetros normales.
 - Realizar al menos 3 maniobras de espirometría simple bajo lineamientos de Aceptabilidad y Reproducibilidad de la ATS (American Toraxic Society).
 - Valores espirométricos dentro de rangos normales.

- Criterios de exclusión:

- Presencia de enfermedades concomitantes

Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Síndromes Pleuro-Pulmonares
Enfisema Pulmonar	Neumonías severas previas
Asma	Esclerodermia
Fibrosis Pulmonar	Malformaciones congénitas de la caja torácica o cirugías
Fibrosis Quística	Cualquier síndrome genético con afectación pulmonar
Tabaquismo u otras toxicomanías que alteren la función pulmonar	Enfermedades cardíacas con afectación del sistema respiratorio
Cualquier tipo de cáncer pulmonar	Resección quirúrgica de tórax, cardíaca, oftálmica o neurológica hace 3 meses
Índice de Masa Corporal mayor de 35	Infarto Agudo del Miocardio
Frecuencia cardíaca mayor de 120 lpm	Tuberculosis Activa
Mujeres embarazadas	Sin ser patología: embarazo

- Trabajadores que no acepten participar en el estudio.
- Trabajadores con exposición o por encima de Límites Máximos Permisibles para las Normas Oficiales Mexicanas y con riesgo de exposición a agresores pulmonares según la Clasificación de Selikoff (laboral-ambiental-hogar).
- Fumadores o exfumadores: es una persona que ha fumado diariamente durante el último mes cualquier cantidad de cigarrillos, incluso uno. OMS 2009

- Criterios de eliminación:

- Presencia de enfermedades concomitantes con afectación al aparato respiratorio.
- Datos incompletos en el llenado del cuestionario de exposiciones y síntomas respiratorios validado para población mexicana por el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER). ⁽²⁹⁾
- Enfermos desde el punto de vista clínico y funcional o con hipoxémia (oximetría de pulso).

- Fallo en la realización de las maniobras para espirometría ó más de 8 intentos.
 - Qué no reúnan criterios espirométricos de Aceptabilidad y Reproducibilidad de la Sociedad Americana de Tórax (ATS).
- Métodos de selección de la muestra:
 - Probabilístico: Para el desarrollo de los valores, se obtuvieron de las espirometrías de trabajadores adultos clínicamente sanos de ambos sexos, los siguientes parámetros espirométricos: FVC, FEV1, Relación FEV1/FVC y PEF, de los cuales reportamos valores predichos a través de medias aritméticas y desviaciones estándar (DE) relacionadas con la edad, talla y peso para hombres y mujeres respectivamente.
 - Se sometió a análisis estadístico mediante modelos de predicción a través de la aplicación del Modelo de Partición Binaria, con el Paquete estadístico JMP 9 con la colaboración del Dr. Ignacio Méndez experto en análisis estadísticos.
 - Variables:
 - 1.- Cualitativa: Las siguientes variables son de carácter Nominal (expresa una cualidad o atributo y se diferencia en sí por su propio nombre) y Dicotómicas (si solo tiene dos categorías) y son:
 - ✓ Masculino ó femenino
 6. Sano ó Enfermo pulmonarmente (en base a los resultados del protocolo de estudio de alteración pulmonar).
 - 2.- Cuantitativa: Las siguientes variables son de carácter Continuas (se expresa numéricamente y es susceptible de ser medida; toma valores que pueden ser cualquiera de los números reales, encontrando valores infinitos entre dos valores consecutivos) las cuales son:
 7. Edad, talla, peso e índice de masa corporal.
 8. Valores obtenidos y predichos en números reales de las variables dependientes (FVC, FEV1, relación FEV1/FVC y PEF) de los exámenes espirométricos.
 - Escalas de medición:
 9. Nominal: sexo
 10. Ordinal: intensidad de la actividad laboral según requerimiento de puesto para las categoría.
 - 1.- Baja – Personal administrativo o con requerimientos de gasto energético bajo.
 - 2.- Alta – Personal operativo o con requerimientos de gasto energético alto.
 11. Intervalo: Edad
 12. Razón: Talla, Valores obtenidos y predichos a través del examen espirométrico.

10. Material y métodos.

El presente estudio se inició en Octubre del 2011 con la finalidad de desarrollar valores de referencia para espirometría en una población trabajadora sana pulmonarmente, a través de la determinación de valores predichos para el sexo, talla y edad. Se realizó al personal de los centros de trabajo de PEMEX Exploración y Producción ubicados geográficamente en Ciudad del Carmen, Campeche con adscripción a la Unidad Regional de Salud en el Trabajo – ACAT, durante el mes de Marzo y Abril de 2012. Se seleccionó dicha ubicación geográfica debido a las condiciones de temperatura, humedad relativa y altitud sobre el nivel del mar que predominan en la región, los cuales son favorables para la realización de pruebas de función pulmonar, específicamente la espirometría, aunado a que existe una variedad sobre el origen geográfico de la población trabajadora y la presencia de múltiples categorías con requerimientos de gasto energético ó de intensidad laboral que exigen a los trabajadores desarrollar y mantener un grado adecuado de condición física y valores aceptables en los resultados del “Gradiente de Salud”. El proyecto fue aprobado por el comité de Ética del Hospital Central Sur de Alta Especialidad y se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos.

Se incluyó a trabajadores que acudieron a realizar examen médico de ingreso, reingreso ó periódico, bajo la cláusula 103 del Contrato Colectivo de Trabajo Vigente ó Art. 67 del Reglamento de Personal de Confianza de Petróleos Mexicanos, que aceptaran participar voluntariamente y que cumplieran criterios de selección e inclusión. Se aplicó el cuestionario de exposiciones y síntomas respiratorios validado para población mexicana por el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER)³², basado en otros previamente, como el de la American Thoracic Society (ATS)³³, la segunda encuesta de salud respiratoria de la Comunidad Europea³⁴, el estudio de Salud Pulmonar (Lung Health Study)³⁵ y el cuestionario SF-12 de calidad de vida³⁶, que cuenta con un total de 57 ítems, contestado personalmente por cada trabajador que no tuviera antecedentes de tabaquismo, guiado y revisado, para cada ítem por el médico a cargo, considerando lo siguiente: sin antecedentes de patologías pulmonares previas desde la infancia hasta la fecha (tos, flemas, sibilancias, disnea, infecciones recurrentes y hospitalizaciones por motivos cardio-pulmonares, padecimientos como neumonías, cirugías, tuberculosis, asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cáncer pulmonar, infartos cardíacos, insuficiencia cardíaca, múltiples tratamientos, recurrentes o crónicos por motivos cardio-pulmonares, sin exposición considerable a agentes químicos o biológicos en el trabajo, sin antecedentes de tabaquismo o consumo de drogas, sin consumo de fármacos para el aparato respiratorio por prescripción médica, sin exposición a humos en el hogar, zoonosis negativa (aves) y sin actividades recreativas que impliquen alteración de la función pulmonar. El punto de cohorte fue de 0 respuestas positivas para cualquier ítem considerado representativo para alteración pulmonar.

La somatometría de talla, peso e índice de masa corporal (IMC) se realizó mediante el empleo de un instrumento segmental para el análisis de la composición corporal, marca TANITA BC-418MA, generación 2010, con fechas de calibración actualizadas cada 5 días. Las mediciones fueron realizadas siempre por la encargada del departamento de Nutrición del ACAT, Lic. Betancourt, certificada para el uso correcto de dicho instrumento.

Continuamos con la realización de una exploración física breve mediante metodología clínica (incluía inspección, palpación, percusión y auscultación en regiones apicales, mediales, laterales, basales y la frecuencia respiratoria), así como auscultación de cuatro focos

cardíacos (aórtico, pulmonar, tricuspideo y mitral), para determinar presencia de alguna patología a grosso modo (presencia de áreas con cicatrices y malformaciones torácicas, zonas de matidez, áreas hipoventiladas, estertores crepitantes y subcrepitantes, sibilancias, soplos y arritmias cardíacas.

Con el examen físico negativo para alteraciones cardio-pulmonares, se realizó la medición de saturación de oxígeno (%) y la frecuencia cardíaca (latidos por minuto) por oximetría de pulso sobre dedo índice ó pabellón auricular, mediante el uso de un pulsoxímetro portátil Nellcor Oximax NPB-40 (2010), con transductores de oxígeno Oxiband, con la presencia de rangos de saturación de oxígeno (Sat O₂ de 95% a 97%) y frecuencia cardíaca (60 y 100 lpm) considerados dentro de la normalidad, fueron considerados candidatos para realizar pruebas de la mecánica pulmonar por espirometría.

Se realizó espirometría simple con 3 maniobras de Capacidad Vital Forzada, considerando la siguiente técnica: adecuada cooperación del trabajador, explicación previa del estudio y la técnica, en sedestación y con pinzas nasales, esfuerzo adecuado durante la maniobra, contar con tres maniobras dentro de criterios de aceptabilidad y reproducibilidad (ATS/ERS 2005) y no realizar más de 8 intentos. Se evaluaron parámetros funcionales de la mecánica pulmonar dentro del rango de los percentiles normales para: capacidad vital forzada (FVC), volumen espiratorio durante el primer segundo (FEV₁), relación de los valores de FEV₁/FVC y el índice de Tiffeneau, tomando como referencia los valores predichos de las ecuaciones de predicción en Mexicanos del Dr. Cruz-Merdia (2004)³⁷.

Las espirometrías se realizaron con un espirómetro portátil DATOSPIR Mod. 120D – Silbelmed, generación 2011, España (Barcelona), con transductor tipo Fleish y termosensor incluido para corregir parámetros midiendo temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, con boquillas desechables y la calibración se verificó diariamente con una Jeringa volumétrica de 3 litros, previo calentamiento del equipo, manteniéndolo encendido durante 20 min para correcto ajuste automático de las variables atmosféricas, siempre antes de iniciar la jornada laboral. El espirómetro incluye mensajes dirigidos a mejorar la calidad de las nuevas maniobras y detecta automáticamente mediante una imagen el final de la espiración si se cumplen los criterios de la ATS.

Todas las espirometrías se tomaron solo si cumplían criterios de Aceptabilidad, Repetibilidad y Reproducibilidad de la American Thoracic Society (ATS)^{33, 38, 39} y Nelson et.al.⁴⁰. Estos criterios evalúan el inicio del esfuerzo, la duración y terminación del mismo y si las maniobras están libres de artefactos, los cuales son:

Criterios de Aceptabilidad⁽⁴¹⁾:

1. Inicio adecuado: Elevación abrupta y vertical de la curva flujo-volumen (curva de Hyatt).
2. Terminación adecuada: Sin cambios $\geq 25\text{mL}$ por al menos 1 segundo en curva volumen-tiempo (curva de Tiffeneau) y con una duración de la espiración de al menos 6 segundos (\geq de 10años).
3. Libre de artefactos:
 - ✓ Sin terminación temprana
 - ✓ Sin tos
 - ✓ Sin cierre glótico
 - ✓ Sin esfuerzo variable.
 - * Sin obstrucción de boquilla
 - * Sin exhalaciones repetidas
 - * Sin error en línea de base

Criterios de Repetibilidad⁽⁴¹⁾:

Es la mayor coincidencia entre resultados obtenidos de mediciones sucesivas que implican mismo método, mismo observador, mismo instrumento, mismo lugar, misma condición, repetidas sobre un período corto de tiempo.

Criterios de Reproducibilidad⁽⁴¹⁾:

Es la mayor coincidencia entre resultados de mediciones sucesivas que implican diferentes condiciones como método de medición, instrumento, lugar, condiciones de uso y tiempo.

Todas las espirometrías fueron realizadas por un Médico Residente de 4to año de la especialidad de Medicina el Trabajo y Ambiental del Hospital Central Sur de Alta Especialidad, previamente capacitado en un curso de control de la maniobra espirométrica con Certificación en Técnica, avalado por la National Institute for Occupational Safety and Health de los Estados Unidos de Norteamérica (NIOSH) y el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), número 118259 fechado en Marzo de 2012.

Se graduó la calidad espirometría, determinando si cada una de las pruebas cuenta con tres maniobras de FVC aceptables y si estas son repetibles. Esta evaluación se realizó bajo la clasificación de grados de calidad de la espirometría de Enrigh⁽⁴¹⁾ (tabla 1), tomando únicamente aquellas bajo criterios A y B.

Tabla 1. Criterios de Enrigh para determinación de criterios de calidad espirométricos ATS.

CRITERIO	Δ FVC y Δ FEV ₁	MANIOBRAS ACEPTABLES	CALIFICACIÓN
A	≤ 150 mL	3	Muy Aceptable y muy repetible
B	≤ 200 mL	3	Aceptable y repetible
C	≤ 200 mL	2	Menos aceptable y repetible
D	≥ 200 mL	2	Menos aceptable y variable
E	----	1	Inadecuada

Se eliminaron de la muestra a 148 sujetos (41.1%), aquellos sujetos que no cumplían criterios de selección, de inclusión ó salieron positivos para patología pulmonar en el cuestionario de exposiciones y síntomas respiratorios ó la exploración física, hipoxia ó valores de referencia espirométricos obtenidos considerados patológicos para cada variable espirométrica: FVC $\leq 80\%$, FEV₁ $\leq 80\%$, Relación FEV₁/FVC $\leq 70\%$ ó del Límite Inferior de la Normalidad para la edad (LIN)⁽⁴¹⁾, IMC ≥ 35 kg/m², así como los que cumplían con alguna contraindicación absoluta ó relativa⁽⁴¹⁾.

Para obtener los valores de referencia se tomaron a los sujetos presumiblemente sanos desde el punto de vista respiratorio. Utilizamos variables de asociación estadística, analizando la base de datos mediante el Modelo de Partición Binaria, utilizando el Paquete estadístico JMP 9 (package computational system)⁴². Este modelo cuenta con una buena predicción, encuentra la mejor variable numérica y el mejor punto de cohorte. Se dividió el análisis en 4 bloques, hombres (1), mujeres (0), categoría con requerimientos de intensidad laboral con gasto calórico bajo (1) y altos (2). Se realizó el análisis mediante una partición binaria entre variables independientes y dependientes, considerando a las dependientes: sexo (masculino y femenino), edad (años) y talla (cm) principalmente, las cuales son las más significativas para la función pulmonar y como variables independientes: FVC, FEV₁, Relación FEV₁/FVC y PEF. Solo en algunos casos el modelo analítico consideró significativa la relación en base a las variables de peso (Kg) y el índice de masa corporal (IMC=Kg/m²).

11.-Resultados

Se incluyeron un total de 212 sujetos (58.8% de la población total N=360) de ambos sexos 168 hombres y 44 mujeres, edad en hombres entre 24 y 55 años con una media de 38.25 años, en mujeres entre 17 y 75 años con una media de 38.9 años , la talla en hombres osciló entre 152 cm a 201cm con una media de 169.9cm, talla en mujeres entre 147cm a 177cm con una media de 158.2cm; el peso en hombres fue entre 46 kg a 114 kg con una media de 81Kg, en mujeres entre 51 kg a 91 kg media de 65.7Kg; se calculó matemáticamente el Índice de masa corporal (IMC) obteniendo en hombres de 19.5 kg/m² a 35.6 kg/m² con una media de 28 kg/m² y mujeres entre 18.5 kg/m² a 34.6 kg/m² con la media de 26.3 kg/m². De la muestra de trabajadores sanos 92% cumplió con los criterios de calidad indicados por la American Thoracic Society (ATS - Aceptabilidad en 3 pruebas y Reproducibilidad en las 2 mejores FVC y FEV₁ dentro de 150ml), ver tabla 2.

Se consideraron como los principales valores espirométricos obtenidos, los siguientes: FVC (capacidad vital forzada), FEV₁ (volumen espiratorio forzado en el primer segundo), FEV₁/FVC (relación en porcentaje obtenido entre FEV₁ y la FVC) , Índice de Tiffeneau (resta algebraica del valor de FEV₁/FVC obtenido menos el predicho) y el PEF (pico espiratorio forzado), de los cuales los primeros tres (FVC, FEV₁ y la relación FEV₁/FVC) son considerados como los valores más confiables por sus altos índices de Reproducibilidad en base a el último consenso de las Sociedades Americanas y Europeas de Neumología (2005). La mayoría de los trabajadores realizó 5 ± 2 maniobras espirométricas. Estas variables espirométricas fueron las consideradas para la generación de los valores de referencia para los predichos con relación directa por la edad, talla, peso e Índice de masa Corporal (IMC), ver tabla 2.

Tabla 2. Trabajadores sanos estudiados (n=212), datos generales (media ± desviación estándar) obtenidos a través de somatometría y espirometría simple, de la Región marina de Cd. del Carmen – Campeche, 2012.

Variable	Mujeres Promedio - DE (n=44)	Hombres Promedio - DE (n=168)
Edad (años)	38.25 ± 8,8	38.99 ± 11,3
Talla (cm)	158.20 ± 6	169.9 ± 7,8
Peso (kg)	65.79 ± 9	81.08 ± 11.5
IMC (kg/m ²)	26.37 ± 3.9	28.05 ± 3.42
FVC (l)	3.40 ± 0,40	4.72 ± 0,75
FEV ₁ (l)	2.68 ± 0.36	3.71 ± 0.59
FEV ₁ /FVC (%)	79.38 ± 4,98	78.09 ± 4.52
Tiffeneau	-3 ± 4,5	-2 ± 4,2
PEF (%)	6.59 ± 1.33	9.22 ± 1.60
Pruebas con criterios ATS 209* (92%)	19%	73%

DS: Desviación Estándar; IMC: índice de masa corporal; FVC: Capacidad vital forzada; FEV₁: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FEV₁/FVC: relación del volumen forzado en el primer segundo sobre capacidad vital forzada; PEF: Flujo espiratorio pico; *Tres maniobras aceptables y FEV₁ y FVC repetibles dentro de 200ml.

Por la riqueza natural en yacimientos petroleros, la Isla de Ciudad del Carmen forma parte del principal punto estratégico para el intercambio de personal que trabaja a bordo de las plataformas marinas, por lo que cuenta con una gran población de trabajadores que provienen de múltiples estados de la República Mexicana. Encontramos una variedad de características particulares de cada región del país. Se realizó una división en 3 por regiones de la República para perfilar la cantidad de trabajadores y las zonas con mayor número de personal sano, considerando las diferencias étnicas de la región. A continuación nombraremos los estados donde se encontró población trabajadora perteneciente a los Activos Integrales de Exploración y Producción de la Región Marina de PEMEX, de la siguiente forma: Norte - Sinaloa, Coahuila y Tamaulipas; Centro - Zacatecas, San Luis Potosí, Guadalajara, Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Guerrero, Puebla y Veracruz; Sur - Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán, únicamente se mencionan los estados donde se encontró población trabajadora (ver tabla 3). Las ciudades con mayor altitud sobre el nivel del mar fueron Zacatecas con 2,300 msnm seguida de la Ciudad de México con 2,240 msnm. El resto de los estados osciló entre 1800 y 500 msnm, aquellos que tienen costa presenta altitudes no mayores a 500 msnm.

Se observa que la mayoría de la población estudiada proviene de la región Centro, con 73 hombres y 19 mujeres, seguida de la región Sur con 56 hombres y 19 mujeres y la de menor cantidad fue la región Norte con 37 hombres y 6 mujeres, ver tabla 3.

Tabla 3. Trabajadores sanos de la Región Marina de Ciudad del Carmen. Distribución por sexo, edad y lugar de origen de la República Mexicana, 2012 (n=212)

EDAD (años)	MUJERES			HOMBRES		
	NOR	CEN	SUR	NOR	CEN	SUR
17-20				3	3	1
≥ 21 - 30		5	5	7	13	16
≥ 31 - 40	4	11	4	9	25	13
≥ 41 - 50	2	2	5	12	24	18
≥ 51 - 60		1	5	4	8	6
≥ 61 - 70				1		2
≥ 71				1		
Total	6	19	19	37	73	56



* Norte (NOR) – Sinaloa, Coahuila y Tamaulipas; Centro (CEN) – Zacatecas, San Luis Potosí, Guadalajara, Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Guerrero y Veracruz; Sur – Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán.

Se dividió a los trabajadores sanos en 2 clases de categorías, otorgándole una clave numérica en "1" para las de intensidad laboral baja consideradas con un gasto energético bajo (Sub-Contador "A", Auxiliar Administrativo "A-B-C", Especialista Técnico "A-B-C-D", Oficinista, Secretario particular de Gerente Corporativo de Organismo Subsidiario, Técnico en Informática, Secretario "A" en Dependencias Centrales, Asistente "A-B-C", Secretaria,

Asistente General, Recepcionista Hospital Central, Clasificación Pendiente, Almacenista "A", Oficinista de "1ra-2da-3ra", etc.) y en "2" para las de intensidad laboral alta con gasto energético alto (Obrero General, Encargado de Producción, Ayudante Contra Incendio, Gruero, Operario Especialista Plantas Eléctricas, Tac. Automatización, Ing. Mecánico, Jefe "B" De Plantas, Ayudante De Trabajo De Pisos, Ayudante de Producto Terminado y Reparación de Pozos, Operario Especialista Instrumentista, Ayudante de Gruero, Operario 1ra Plantas Servicios Especiales, Ayudante Plantas, Ayudante de Ingeniero, Ing. de Línea Eléctrica, Ayudante Operario Plantas de Servicios Auxiliares, Ayudante Prof. Tratamiento, Operario Bodegero, Chango, Profesional Especialista "A-B-C-D", Encargado de Operación Contra incendio, Ayudante Piso Rotario, Ayudante Instrumentista, Doméstico, Probador Analítico, Operario pintor, Operario Especialista equipo de Bombeo, Operario Especialista de tratamiento de plantas, Ayudante motorista, Ayudante perforador, Ayudante de profusión, etc.)

Los valores predichos espirométricos para las variables FVC, FEV₁, relación FEV₁/FVC y PEF se desarrollaron mediante el Modelo de partición binaria, por lo que se determinaron con la relación directa del sexo, talla y edad que resultaron estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) similares a las que reporta la literatura para estas variables. Para facilitar la interpretación los resultados se presentan en forma de tablas (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Trabajadores sanos de la Región Marina de Ciudad del Carmen. Valores de referencia en mujeres entre 24 y 55 años (n=44), 2012.

Variable	FVC (l)	FEV ₁ (l)	FEV ₁ /FVC (%)	PEF (l/s)
Talla < 158 cm	3.19	2.59	75.76	6.12
Talla > 158 cm < 160cm	3.62	2.79	78.71	7.10
Talla > 160 cm	3.64	3.04	81.11	7.98
Edad < 39 años	3.58	2.37	82.70	6.32
Edad > 39 años	3.39	2.62	80.32	5.82
*Peso < 67 Kg	2.98	3.15	77.04	6.44
* Peso > 67 Kg < 69 Kg	3.07	2.89	81.01	6.93
* Peso > 69 Kg	3.40	2.73	79.57	7.34
* IMC < 26 Kg/m ²	3.61	3.20	79.52	6.37
* IMC > 26 Kg/m ²	3.27	2.96	76.85	7.64
Categoría "1"	3.52	2.98	76.82	6.57
Categoría "2"	3.71	3.24	81.07	7.52
Media	3.41	2.88	79.20	6.84

* $p > 0.05$ no significativa para la muestra como lo reporta la literatura.

Tabla 5. Trabajadores sanos de la Región Marina de Ciudad del Carmen. Valores de referencia en hombres entre 17 y 75 años (n=168), 2012.

Variable	FVC (l)	FEV ₁ (l)	FEV1/FVC (%)	PEF (l/s)
Talla < 169 cm	4.12	3.55	78.64	9.61
Talla > 169 cm < 175 cm	4.49	4.00	80.49	10.68
Talla > 175 cm	5.43	4.58	82.37	11.15
Edad < 33 años	5.25	4.36	79.95	11.85
Edad > 33 años < 41 años	4.87	4.08	78.43	10.68
Edad > 41 años < 49 años	4.49	3.99	77.65	9.57
Edad > 49 años	4.13	3.08	76.38	9.14
* Peso < 67 Kg	5.11	4.30	80.05	9.79
* Peso > 67 Kg < 69 Kg	4.88	4.06	78.54	10.63
* Peso > 69 Kg	4.16	3.63	81.01	8.72
* IMC < 26 Kg/m ²	5.41	4.04	80.64	8.59
* IMC > 26 Kg/m ²	5.26	3.86	78.40	7.42
Categoría "1"	4.56	3.21	78.86	7.86
Categoría "2"	5.18	3.75	80.22	8.57
Media	4.81	3.89	79.40	9.59

*p > 0.05 no significativa para la muestra como lo reporta la literatura.

En algunos valores se involucró el peso, el Índice de masa corporal e inclusive las categorías "1" y "2", pero no llegaron a ser estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$).

Los valores obtenidos se leen relacionando la escala de ordenadas y abscisas del parámetro del que se busque la referencia espirométrica. Se deja el valor de referencia inicial por edad, talla, peso e índice de masa corporal sin considerar la categoría para la aplicación en el personal que acuda de nuevo ingreso ó reingreso.

Un ejemplo de la aplicación de las tablas sería: cuál es el FVC de un trabajador masculino mayor de 175cm: 5.43 litros promedio, con una edad en rango menor de 33 años: 5.25 litros, la media de 5.43 y 5.25 es = 5.34 litros. El resultado es lo más acercado al volumen que debe tener un trabajador de las mismas características que pertenezca a los centros de trabajo de la Región Marina de Ciudad del Carmen de Petróleos Mexicanos.

12.- Conclusión.

Los valores de referencia obtenidos para éste grupo de trabajadores sanos pulmonarmente, son similares a los reportados por otros autores recomendados por la Sociedad Americana del Tórax (ATS), encontrando algunas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para la FVC, FEV₁ y la relación FEV₁/FVC en hombres pertenecientes a la categoría "2", que presentan intensidad laboral alta con una mejor condición física por el gasto energético considerable continuo para su jornada laboral de 8 a 12 horas continuas. En el sexo femenino interesa poco o nulamente la relación directa con la categoría para los valores.

Se observaron algunas variaciones entre la función pulmonar de las ciudades del Norte del país con las del Sur, pero hubo pocas circunstancias en que los valores promedios generales de una ciudad variaron más del 4%. Los trabajadores tanto hombres como mujeres pertenecientes a la categoría "2" (intensidad laboral alta con gasto energético considerable) del Norte del país tuvieron una FVC y un PEF mayor del 5% comparado con población del Centro y Sur del país, mientras que trabajadores provenientes del Centro presentaron un FEV₁ menor a la población de las otras regiones, considerando la antropología particular de la zona. Cabe mencionar la posibilidad de alguna relación (no comprobada, es solo un factor) con la función de la mecánica pulmonar por la exposición ambiental en el hogar y recreativas en ciudades con altos índices de contaminación ambiental para hidrocarburos aromáticos policíclicos y gases con efecto invernadero, como lo son la Ciudad de México y Guadalajara. Se probaron además variables indicadoras de ciudad, altitud sobre el nivel del mar y la raza o color de la piel autorreferido en el cuestionario (blanca, morena, negra e indígena), encontrando una variación explicada en menos de un 2% por las condiciones étnicas particulares de esos trabajadores. La adición de la altitud no mostró una asociación estadísticamente significativa con la función pulmonar en la muestra final.

Del total (N=360), se detectó alteración en los resultados espirométricos de la mecánica pulmonar, obteniendo: 23 con patrón obstructivo, 27 con patrón restrictivo siendo la mayoría portadores de obesidad Grado II-III (OMS) y los 98 restantes presentaron alteración incipiente de las vías aéreas pequeñas periféricas (FEF 75-85%) y medianas (FEF 25-75%) con obstrucción variable de leve a muy grave, con predominio en obstrucción moderada y moderadamente grave. El resto de la población (n=212) se consideró sana desde el punto de vista pulmonar y sirvió como referencia para la determinación de los valores espirométricos. A todos los trabajadores se les brindaron recomendaciones higiénico-dietéticas como cuidados generales de la alimentación, control adecuado y estricto de enfermedades crónico-degenerativas, explicación del impacto de la obesidad en la función cardio-pulmonar, los beneficios e impacto en la salud del ejercicio aeróbico diario y constante, la invitación a realizar ejercicios respiratorios para mejorar la función ventilatoria (natación, ejercicios con globos, soplar con popotes dentro de un litro de agua, inspiración forzada con pausa espiratorias durante segundos según su capacidad pulmonar) y continuar sin hábitos con tabáquicos. Fueron enviados a Medicina General de su centro de adscripción para completar el protocolo de estudio y determinar diagnósticos de certeza, complementado con valoración médica integral, estudios de laboratorio, radiografía postero-anterior de tórax (Tele de tórax) y espirometría post-broncodilatador (determinar hiperreacción bronquial, asma, etc.), con la finalidad de iniciar tratamiento adecuado. Se dio la recomendación al Médico General de interconsultar, solo en caso necesario, a los servicios de Neumología o Medicina Interna según el padecimiento y la gravedad del mismo.

El seguimiento se deberá realizar en los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo de su centro de trabajo, los cuales contarán con un antecedente del estado de salud del trabajador en las notas médicas para la aplicación en el Programa Operativo Anual de conservación de la función pulmonar de los trabajadores, así como otros fines administrativos y médico-legales.

13.- Discusión.

Los valores obtenidos son únicamente una *referencia* de los valores predichos que se establecen al realizar espirometrías en una población mexicana para los parámetros de la Capacidad Vital Forzada (FVC), Volumen espiratorio forzado durante el primer segundo (FEV₁), la relación FEV₁/FVC y el Pico espiratorio forzado (PEF).

La principal ventaja es contar con referencias específicas para trabajadores con características antropométricas y laborales del organismo de Exploración y Producción de Petróleos Mexicanos en la Región Marina de Ciudad del Carmen, con lo que se puede precisar de manera más confiable la interpretación de la espirometría para:

- La determinación de patrones espirométricos (aplicación del índice de Tiffeneau).
- La determinación de alteraciones de las vías aéreas centrales y medianas.
- La determinación de capacidades pulmonares para la categoría específica (aptitud laboral) y compatibilidad puesto-persona.
- La evaluación más precisa en casos específicos para el servicio de Medicina Pericial.

Cabe considerar que la diferencia promedio de los valores obtenidos de nuestra población es pequeña pero variable positivamente comparada con otros estudios, aunado a el tamaño de la muestra que es también pequeño (n=212 trabajadores sanos) contra otros estudios como el PLATINO con poblaciones de 5,315 y el Dr. Cruz-Mérida y colaboradores con una población de 436.

Es de gran importancia mencionar que no se logró la adaptación de la base de datos para la aplicación de ecuaciones de regresión lineal debido a que existe heterogeneidad de la muestra por la gran variabilidad en la población estudiada, con una $R^2 = 0.59$ considerada no aceptable para la predicción, la cual se encontró para las principales variables antropométricas como la edad, sexo y la talla; la variación del lugar de origen del interior de la República Mexicana siendo una población *no específica nativa* de Ciudad del Carmen, ya que cada 14 días se regresan a sus estados de origen y viceversa a trabajar; el tiempo que se desempeñaron en la categoría también fue variable puesto que se consideró a trabajadores desde nuevo ingreso hasta más de 20 años trabajando para la empresa; la variabilidad de la intensidad laboral para las categorías de ambos sexos y por último la muestra tan pequeña de la población femenina (n=44). Por todo lo anterior, a través de la guía y recomendaciones del Doctor Ignacio Méndez Ramírez galardonado con el Título "*Honoris causa*" por la UNAM, titular del Instituto de Investigaciones en Matemáticas aplicadas y Sistemas del Departamento de Probabilidad y Estadística, se aplicó el Modelo de Partición Binaria el cual cuenta con buena predicción, toma como base en las ordenadas a la variable dependiente y realiza matemáticamente una partición con el resto de las variables independientes en las abscisas, encontrando para las variables numéricas la mejor relacionado con el mejor punto de cohorte de las mismas.

En un inicio se tenía planeado la toma de radiografías postero-anteriores y lateral izquierda (criterios de la ATS) a toda la población de trabajadores que obtuvieran resultados dentro de la normalidad al finalizar el protocolo de alteraciones pulmonares presentes, pero la máquina de rayos-X de los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo – ACAT se encontraba en mantenimiento, ocasionando dificultades de tipo administrativas para la realización de las mismas. Se logró el envío de los trabajadores al Hospital Regional de Ciudad del Carmen obteniendo únicamente 70 radiografías, esto por la cantidad extra de radiografías para el Hospital, considerando el recurso de material no contemplado dentro de los insumos, así como la premura en los tiempos de atención para la toma de las radiografías por las múltiples actividades ya programadas por el Servicio de Imagenología dentro del hospital para brindar servicio a las áreas de Urgencias, Hospitalización, Traumatología y sus propios pacientes citados para estudios radiográficos de rutina y con medios de contraste.

Así mismo se planeó complementar el estudio de la mecánica pulmonar con espirometrías post-broncodilatador (aplicación de 400µg de salbutamol en aerosol) para la detección de pacientes portadores de hiperreacción bronquial ó portadores de otras patologías que se detectan por presentar respuesta positiva o significativa al medicamento (>12% ó más de 200ml en cualquiera de los parámetros espirométricos en FVC y FEV₁), pero no fue posible debido al aumento en los tiempos de atención para todos los procesos que se evalúan dentro del sistema de exámenes médicos en el ACAT, incrementando los tiempos de duración del proceso hasta en 2 a 3 horas más de lo programado por los requerimientos del estudio, que se describen a continuación: realizar espirometría basal, aplicación del fármaco broncodilatador (salbutamol), espera entre 20 a 30 minutos de los efectos del mismo en la trama bronquial y la espirometría post-broncodilatador, todo lo anterior involucra un tiempo total de 45 a 50 minutos mínimo de duración del estudio de la mecánica pulmonar. Si se realiza el cálculo con un promedio de mínimo de 16 estudios completos al día, involucra una jornada mínima de 12 horas para un estudio de 45 minutos y de 14 horas aumentando 10 minutos más para cada estudio (55 minutos), lo anterior considerando que la participación del trabajador en las maniobras es comprendida, tiene buena cooperación, disponibilidad de tiempo, realiza de manera rápida las maniobras y estas se encuentran dentro de los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad. El horario del ACAT es de 07:00 hrs a 15:00 hrs. Dentro de su plan de trabajo, dividen a los trabajadores en 2 grandes grupos para la rotación a los diferentes servicios (somatometría, laboratorio, plática de nutrición, examen psicológico, gradiente de salud, audiometría y examen médico integral) por lo que la adaptación de 3 a 4 horas extras para la realización del estudio completo espirométrico fue muy complicada por las demandas de los trabajadores para salir a un tiempo razonable de los exámenes y la alta posibilidad sobre la poca participación de los mismos para la realización el estudio por ésta razón. Por lo anteriormente mencionado se descartó considerar el estudio radiográfico y la realización de espirometrías post-broncodilatador como parte del protocolo.

Sugerimos realizar estudios de la mecánica pulmonar a poblaciones más grandes, con estudios “completos” y aplicarlos a las poblaciones nativas de cada Centro de Trabajo de PEMEX de todos los Organismos Subsidiarios con la finalidad de implementar nuestros propios valores predichos espirométricos con ecuaciones de regresión lineal en todas las instalaciones del territorio nacional de PEMEX.

Es de gran trascendencia considerar el factor de contaminación atmosférica en las ciudades con instalaciones que generen grandes cantidades de gases con efecto invernadero (CO, CO₂, NO₂, N₂O, SO₂, SO_x, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos persistentes entre otros; midiendo las emisiones atmosféricas en toneladas/año con los

valores límites permisibles) principalmente en aquellas que tienen Refinerías o complejos petroquímicos ya que son un factor determinante para alteración del Sistema Respiratorio sin presentar exposición laboral o de otra índole.

Considero que el estudio servirá como guía de referencia para la aplicación de otros posteriores con objetivos similares o idénticos en otros centros de trabajo dentro de los Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo.

Reitero los beneficios que brinda la espirometría para área de Medicina del Trabajo y otras especialidades, e invitó ampliamente a todos los colegas que practiquen ó lo soliciten, ya que es un estudio no invasivo y es considerado como una herramienta de gran utilidad en la aplicación de exámenes de ingreso, periódicos y de egreso, establecer causa-efecto trabajo-daño en la investigación de enfermedades de trabajo, implementación de programas de vigilancia epidemiológica, valorar grados de Incapacidad Permanente Parcial ó Total de la mecánica pulmonar secundaria a riesgo de trabajo o enfermedad ordinaria para sugerir reubicación del trabajador, en estados de invalidez o indemnización según la Ley Federal del Trabajo, Reglamento de Confianza y Contrato Colectivo Vigente de Trabajadores de Petróleos Mexicanos.

Este estudio se queda como referencia para futuras investigaciones. Gracias...

14. Estrategia de análisis estadístico

Estadística descriptiva: Modelo de partición binaria guiado por el Dr. Ignacio Méndez Ramírez. Para generar ecuaciones de regresión se tomó en cuenta el muestreo total de los casos "sanos", a través de los comandos "survey" del paquete estadístico JMP-9.

Cada una de las variables espirométricas analizadas --- FVC, FEV₁, FEV₁/FVC, PEF, se incorporaron a un modelo previamente mencionado utilizando como predictores la edad en años, la talla en centímetros y el género (sexo).



15. Referencias bibliográficas

- 1.- Hueto J, et. al. La espirometría en atención primaria en Navarra. Arch Bronconeumol 2006; 42 (7): 326 – 31.
- 2.- Harik-Khan RI, Muller DC, Wise RA. Racial difference in lung function in African-American and white children: effect of anthropometric socioeconomic, nutritional, and environmental factors. Am J Epidemiol. 2004; 160: 893-900.
- 3.- Quintero C, Bodin L, Andersson K. Reference spirometric values in healthy Nicaraguan male workers. Am J Ind Med. 1996; 29: 41-8.
- 4.- S. Ostrowski, A. Grzywa-Celinska, et. al. Pulmonary Function Between 40 and 80 Years of Age. J Physiology and Pharmacology 2005; 56, Supp 4: 127-133.
- 5.- Cruz-Mérida et. al. Prediction Equations for Spirometric Parameters in Mexicans. Arch of Med Research 35 (2004) 446-449.
- 6.- López de Sanata María, et. al. Calidad de la espirometría en las consultas neumológicas de un área jerarquizada. Arch Bronconeumol 2002; 38 (5): 204 – 8.
- 7.- Torre-Bouscoulet, Pérez-Padilla. Ajuste de varias ecuaciones de referencia espirométrica a una muestra poblacional en México. Sal Púb Méx 2006; 48: 466-473
- 8.- Yonghui Wu et.al. Predictive Equations for Lung Function Base on a Large Occupational Population in North China. J Occup Healt 2009; 51: 471-477.
- 9.- M.R. MILLER, et.al. Consideraciones generales sobre las pruebas de función pulmonar. Eur Respir J 2005; 6: 286 – 294.
- 10.- American Thoracic Society. Standardization of spirometry. Am Rev Respir Dis 1979; 119: 831 – 838.
- 11.- Townsend MC, et.al. Spirometric forced expiratory volumes measured in the standing versus the sitting posture. Am J Respir Dis 1984; 130: 123 – 124.
- 12.- Eckert, M., Breve historia de las pruebas de función pulmonar y espirometría. 2004. Disponible en: <http://medizin.li/spirometer/spirometer-history.html>. Consultado en 2011.
- 13.- Occidente, JB. Stephen Hales: Alteración fisiológicas respiratorias. Diario de Fisiología Aplicada. 1984; 57 (3):635-9.
- 14.- Melleck, Abernethy SA. La edad de oro de la enseñanza quirúrgica. Aust Surg NZJ. 1997 Aug; 67 (8) :528-33.
- 15.- Sprigge, JS Sir Humphry Davy, sus investigaciones en fisiología respiratoria y su deuda con Antoine Lavoisier. Anestesia. 2002; 57 (4): 357-359.
- 16.- Cleeland, J., Burt, S. Charles Turner Thackrah: un pionero en el campo de la salud en el trabajo. Occup Med (Lond). 12 1995; 45 (6) :285-97.
- 17.- Petty, “Misteriosa máquina”. TL John Hutchinson revisado. CHEST. 2002; 121: 219-224.
- 18.- Hollmann, W., Valentín, H. Cincuenta años de ergoespirometría. Munch Med Wochenschr MMW. 1980; 122 (5) :169-174.
- 19.- McArdle, WD, Katch, FI y Katch, VL Fisiología del Ejercicio. Philadelphia: Lippincott Williams y Wilkins, 2001.

- 20.- González-Arévalo, A., Gómez-Arnau, J., Delacruz, J., Lacoma, F., Galdós, P., García-del-Valle, S. consumo de oxígeno de la medida: Acuerdo entre el Circuito cerrado de PhysioFlex Anestesia Máquina y el Deltatrac
Calorímetro indirectos II. Anestesia y Analgesia. 12 2003; 97 (6) :1680-1685.
- 21.- Bigoni F, D Borleri, P Seghizzi, G. Mosconi evaluación cardiovascular en las actividades de fomento mediante un ergoespirómetro. G Ergon Ital Med Lav. 2003; 25 (3): 239-240.
- 22.- Bassett, D., Howley, E. Thompson, D., Rey, G., Strath, S., McLaughlin, J. Parr, B. Validez de los métodos de inspiración y espiración de medir el intercambio de gases con un sistema informatizado. Diario de Fisiología Aplicada. 2001; 91:218 - 224.
- 23.- Emerman, CL, Cydulka RK. Uso de la tasa de flujo espiratorio máximo en la evaluación en el departamento de emergencias de exacerbación aguda de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Anales de Medicina de Emergencia. 1996 Feb; 27 (2):159-63.
- 24.- Potencias, SK, Howley, ET. Fisiología del Ejercicio. Boston: McGraw-Hill, 2004.
- 25.- John Hopkins School of Medicine. La espirometría. 1995. Disponible:
http://oac.med.jhmi.edu/res_phys/Encyclopedia/. Consultado el 2 de Julio de 2011
- 26.- Segarra Obiol, F. Enfermedades broncopulmonares de origen ocupacional. Barcelona, Ed. Labor, 1985
- 27.- Roca Torrent, J. Valores de referencia de l'espirometria forçada d'una població mediterrania. Tesis Doctoral, Universidad de Medicina Barcelona, 1982.
- 28.- Cotes, J.E. Lung Function. Assessment and application in Medicine, 2nd ed. Oxford, Blackwell Scientific Public., 1968.
- 29.- Versión latinoamericana del Cuestionario PLATINO Principal, Arch Bronconeumol. 2006;42(7):317-25
- 30.- * División 1- Industrias Extractivas, Grupo12- Exploración y extracción de petróleo crudo y gas natural, Fracción 121 Exploración y extracción de petróleo crudo y gas natural, Clase IV.
REGLAMENTO DE LA LEY DEL SEGURO SOCIAL EN MATERIA DE AFILIACIÓN,
CLASIFICACIÓN DE EMPRESAS, RECAUDACIÓN Y FISCALIZACIÓN. DOF 15-07-2005
- 31.- ** Industrias Basadas en Recursos Naturales. Petróleo: Prospección y Perforación. Cap. 75
Enciclopedia OIT. Industrias Químicas. Petróleo y Gas Natural. Cap. 78 Proceso del Refino del Petróleo.
- 32.- Perez-Padilla R et.al. Valores de referencia espirométrica en 5 grandes ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 0 más años de edad. Arch Bronconeumol. 2006; 42(7):317-25.
- 33.- Ferris BG. Epidemiology Standarization Project (American Thoracic Society). Am Rev Respir Dis. 1978; 118:1-120.
- 34.- The European Community Respiratory Health Survery II. Eur Resp J. 2002; 20:1071-9.
- 35.- Lung Health Study Questionnaire. Vancouver: BC Cancer Research Center; 2004.
- 36.- Ware J, Kosinki M, Keller S. How to score the SF12 Physical and Mental Health Summary Scales. 2nd ed. Boston: The Health Institute. New England Medical Center; 1995.
- 37.- Cruz-Mérida et.al. Archives of Medical ResearchH. 2004;35:446-449.
- 38.- American Thoracic Society. Lung function testing: selección of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1991;144:1202-1218.
- 39.- Nelson SB, Garndner RM, Jensen RL, Crapo RO. Performance evaluation of contemporary spirometres. Chest 1990;97:288-297.
- 40.- American Thoracic Society. Standaritation of spirometry 1944 update. Am J Respir Crit Care Med 1995;152:1107-1136.
- 41.- Manual para el uso y la interpretación de la Espirometría por el Médico. Cap. 11 Reporte Espirométrico pág.:33. Asociación Latinoamericana del Tórax. 2007. Primera impresión por laboratorio: Boheringer Inhgelheim Promeco.