



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería Electrónica**

**Análisis y Propuesta de una Guía de Mantenimiento de los  
Respiradores Artificiales**

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

**Autores:**

**José Aguilar Vélez**

**Ramiro Agila Astudillo**

**Director: Dr. Hugo Torres**

**Cuenca, Ecuador**

**2007**

**TRABAJO COMPLEMENTARIO AL CURSO DE GRADUACIÓN  
REALIZADO EN LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES – ARGENTINA.**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres y hermanos que supieron brindarme su apoyo incondicional durante mis estudios, confiando en mi capacidad y constancia, que con su sacrificio y trabajo me ayudaron a superar los obstáculos que se presentaron durante mi vida universitaria.

José

Dedico este trabajo que con sacrificio y esfuerzo se realizó contando con la confianza y ayuda de mis padres y de especial forma a mi hija y esposa, que todo el tiempo han estado junto a mí hasta ver finalizada mi meta propuesta de ser Ingeniero en Electrónica.

Ramiro

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestra universidad por darnos la oportunidad de realizar nuestros propósitos universitarios, a nuestros maestros quienes con sus enseñanzas supieron brindarnos sus conocimientos de una forma clara y completa, y agradecemos de manera especial a nuestro Director de Tesis Dr. Hugo Torres, que supo guiarnos en el desarrollo de esta investigación, porque hemos podido culminar y cumplir con los objetivos propuestos.

## Índice de Contenidos

<i>Dedicatoria</i> .....	<i>iii</i>
<i>Agradecimiento</i> .....	<i>iv</i>
<i>Índice de Contenidos</i> .....	<i>v</i>
<i>Resumen</i> .....	<i>xi</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>xiii</i>
<i>Introducción</i> .....	<i>1</i>

**CAPITULO I: FÍSICA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA**

<i>1.1 Volumen</i> .....	<i>3</i>
<i>1.2 Flujo</i> .....	<i>4</i>
<i>1.3 Presión</i> .....	<i>5</i>
<i>1.4 Trabajo</i> .....	<i>9</i>
<i>1.5 Resistencia</i> .....	<i>10</i>
<i>1.6 Complacencia</i> .....	<i>12</i>
<i>1.7 Elementos de medición</i> .....	<i>13</i>

**CAPITULO II: FISIOLÓGÍA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA**

<i>2.1 Función Principal del Aparato Respiratorio</i> .....	<i>19</i>
<i>2.1.1 Vías Aéreas</i> .....	<i>19</i>
<i>2.1.2 Vasos Sanguíneos</i> .....	<i>20</i>
<i>2.1.3. Estabilidad Alveolar</i> .....	<i>20</i>
<i>2.1.4. Ventilación</i> .....	<i>21</i>
<i>2.1.5 Volúmenes Pulmonar</i> .....	<i>21</i>
<i>2.1.6 Diferencias regionales de la Ventilación</i> .....	<i>23</i>
<i>2.1.7 Difusión</i> .....	<i>23</i>
<i>2.1.8 Capacitación de O<sub>2</sub> a lo largo del capilar pulmonar</i> .....	<i>23</i>
<i>2.1.9 Flujo Sanguíneo</i> .....	<i>24</i>
<i>2.1.10 Distribución del Flujo Sanguíneo</i> .....	<i>24</i>
<i>2.1.11 Relación Ventilación Perfusión</i> .....	<i>25</i>
<i>2.1.12 Intercambio Regional de gases en el pulmón</i> .....	<i>27</i>
<i>2.1.13 Transporte de Gas a la periferia</i> .....	<i>29</i>
<i>2.2 Mecánica de la respiración</i> .....	<i>31</i>
<i>2.2.1 Músculos Respiratorios</i> .....	<i>31</i>

**CAPITULO III GASES MEDICINALES**

3.1 Definición.....	33
3.2. Características.....	33
3.3 Tipos de gases medicinales .....	33
3.4 Tipos de provisión y suministros.....	34
3.4.1 Cilindro y Tubos.....	34
3.4.2 Tanques de gas líquido.....	35
3.4.3 Generadores de oxígeno.....	36
3.4.4. Generadores de aire comprimido.....	36
3.4.5 Central de Vacío.....	37
3.5 Instalaciones y distribución Hospitalaria.....	38
3.5.1 Red de distribución Principal.....	38
3.5.2 Paneles de cabecera y poliducto.....	39
3.6 Accesorios Utilizados .....	40
3.6.1 Reguladores de Presión .....	40
3.6.2 Reguladores de flujo .....	41
3.6.3 Reguladores de Vacío.....	42
3.7 Valores frecuentes de uso médico.....	43
3.8 Cálculo del consumo y duración de los gases.....	43
3.9 Seguridad, errores y riesgo.....	45
3.9.1 Medidas para disminuir el riesgo en el uso de gases.....	46
3.9.2 Medidas Particulares para el uso del Oxígeno.....	46

**CAPITULO IV MEZCLA DE GASES, HUMIDIFICACIÓN Y NEBULIZACIÓN**

4.1 Introducción .....	48
4.2. Sistemas de Mezcla de gases .....	48
4.2.1 Fracción Inspirada de oxígeno.....	48
4.2.2 Bajo Flujo.....	49
4.2.3 Alto Flujo.....	50
4.3 Humidificación.....	51
4.3.1 Humidificador pasivo.....	54
4.3.2 Humidificador Fluido Dinámico.....	55
4.3.3 Humidificador Ultrasónico.....	55
4.3.4 Humidificador Térmico.....	56
4.3.5 Humidificador Combinado.....	56

4.4 Nebulización.....	57
4.4.1 Nebulizador Fluido Dinámico.....	57
4.4.2 Nebulizador Ultrasónico.....	58

## **CAPITULO V MANEJO DE LA VIDA AÉREA**

5.1 Reseña anatómica de la vía aérea superior.....	59
5.1.1 Colocación de la vía aérea Orofaringea.....	60
5.1.2 Fundamentos para su uso.....	61
5.1.3 Procedimientos para la Colección.....	62
5.2 Aspiración Orofaringea y Nasofaringea.....	63
5.2.1 Consideraciones Técnicas.....	63
5.3 Intubación Endotraqueal.....	64
5.3.1 Objetivo de la Intubación.....	64
5.3.2 Contraindicaciones.....	65
5.3.3 Alternativas ante una intubación difícil.....	65
5.3.4 Guía aproximada del tamaño de los tubos endotraqueales.....	65
5.3.5 Cuidados del tubo endotraqueal.....	66
5.4 Ventajas y desventajas de la intubación oro y Nasotraqueal.....	66
5.4.1 Intubación Orotraqueal.....	66
5.4.2 Intubación Nasotraqueal.....	66
5.5 Aspiración por tubo endotraqueal o cánula de traqueotomía.....	67
5.5.1 Técnicas de aspiración.....	68
5.6 Cuidado del manguito del tubo endotraqueal.....	70
5.6.1 Medición de Presión del Manguito.....	71
5.7 Traqueotomía.....	72
5.7.1 Objetivo del procedimiento.....	73
5.7.2 Asistencia Durante el procedimiento.....	74

## **CAPITULO VI COMPONENTES DEL RESPIRADOR**

6.1 Sistema de alimentación neumática.....	75
6.1.1 Sistemas con Fuelle.....	75
6.1.2 Sistemas con Pistón.....	76
6.1.3 Sistemas Modernos.....	77
6.2 Selección de la mezcla de aire - oxígeno.....	77
6.2.1 Mezcla con Aire del ambiente y oxígeno a presión.....	77
6.2.2 Mezcla con Aire a presión y oxígeno a presión.....	78

6.2.3 Mezcladores Electrónicos.....	79
6.3 Alimentación neumática de los equipos.....	79
6.4 Alimentación eléctrica de los equipos.....	80
6.5 Válvulas Espiratorias.....	80
6.5.1 Válvulas controladas por alta presión.....	81
6.5.2 Válvulas controladas por baja presión.....	82
6.5.3 Válvulas controladas electrónicamente.....	82
6.6 Válvulas para PEE/CPAP.....	84
6.6.1 Sistemas de PEEP/CPAP incorporados a los respiradores.....	85
6.6.2 Dispositivos externos al respirador.....	87

## **CAPITULO VII CONEXIÓN DEL RESPIRADOR AL PACIENTE**

7.1 Circuitos de paciente en equipos de transporte.....	90
7.2 Circuitos de pacientes para neonatología.....	90
7.3 Circuito de pacientes para adultos y sus partes.....	91
7.4 Cuidados del Circuito Respiratorio.....	93
7.5 Dispositivos de Medición Asociados al circuito.....	94
7.6 Comprobación del circuito respiratorio.....	94

## **CAPITULO VIII MANDOS COMUNES DE LOS RESPIRADORES**

8.1 Controles básicos.....	96
8.2 Alarmas relacionadas con la programación.....	97
8.3 Alarmas relacionadas con la ventilación.....	98
8.4 Alarmas no operativas.....	99
8.5 Cancelación de alarmas.....	99

## **CAPITULO IX RESPIRADOR ARTIFICIAL EN NUESTRO MEDIO**

9.1 Equipo utilizando actualmente en el Hospital Isidro Ayora.....	101
9.2 Análisis comparativo de los diferentes equipos de respiración mecánica.....	102
9.2.1 Respiradores Microprocesados Neumovent Graph.....	102
9.2.2 Respiradores Neumovent Cirrus.....	104
9.2.3 Respirador Neumovent Bebé.....	106

## **CAPITULO X GUÍA DE MANTENIMIENTO DEL RESPIRADOR**

10.1 Limpieza y esterilización.....	110
10.1.1 Selección y uso de Desinfectantes y Antisépticos.....	110
10.1.2 Clasificación de la Desinfección.....	111

10.1.3 Resistencia Microbiana a los Desinfectantes en orden decreciente.....	111
10.1.4 Factibilidad.....	112
10.2 Desinfectantes.....	112
10.2.1 Generalidades.....	112
10.2.2 Condición para seleccionar un Desinfectante Institucional.....	116
10.3 Desinfectantes Institucionales.....	116
10.3.1 Alcohol.....	116
10.3.2 Aminas Cuaternarias.....	117
10.3.3 Cloro y su Componentes.....	117
10.3.4 Formaldehido.....	118
10.3.5 Glutaraldehido.....	118
10.4 Procesos de Esterilización.....	120
10.4.1 Métodos de esterilización.....	121
10.4.2 Se puede esterilizar por este método.....	123
10.5 Control de Parámetros.....	124
10.5.1 Aparatos de Test y Fuentes.....	124
10.5.2 Seguridad y Precauciones Especiales.....	124
10.5.3 Test de Inspección y Funcionalidad.....	125
10.5.3.1 Chasis.....	125
10.5.3.2 Montajes y Apoyos.....	125
10.5.3.3 Frenos.....	125
10.5.3.4 Enchufe de Red y Base de Enchufe.....	125
10.5.3.5 Cable de Red.....	125
10.5.3.6 Amarres contra tirones.....	126
10.5.3.7 Interruptores y Fusibles.....	126
10.5.3.8 Tubos y Mangueras.....	126
10.5.3.9 Tomas de Gas y Accesorios de Amarre.....	126
10.5.3.10 Controles de Teclas.....	126
10.5.3.11 Sensores y Transductores.....	127
10.5.3.12 Filtros.....	127
10.5.3.13 Calentador de Aire Expirado.....	127
10.5.3.14 Ventilador y Compresor.....	127
10.5.3.15 Baterías y su Cargador.....	128
10.5.3.16 Indicadores y Displays.....	128
10.5.3.17 Alarmas y Medidas de Seguridad.....	128

10.5.3.18 Etiquetado.....	130
10.5.3.19 Accesorios.....	130
10.5.4 Test Cuantitativo.....	130
10.5.4.1 Test de Seguridad Eléctrica.....	130
10.5.4.2 Modos de Funcionamiento y de Programación.....	130
10.5.4.3 Valores Monitorizados y Alarmas.....	131
10.5.4.4 Fuentes de Gas.....	131
10.5.4.5 Circuito de Paciente.....	132
10.5.4.6 Pruebas de Comportamiento (para respirador volumétrico).....	132
10.5.4.7 Pruebas de Comportamiento (para respirador pediátrico).....	137
10.5.5 Mantenimiento Preventivo.....	139
10.5.5.1 Limpieza y esterilización.....	139
10.5.5.2 Calibrar.....	139
10.5.5.3 Reemplazar componentes.....	139
10.5.6 Test de aplicación.....	140
10.5.6.1 Tomas o Conectores de Gas.....	140
10.5.6.2 Circuitos o Tubuladuras de Pacientes.....	140
10.5.6.3 Compresor.....	140
Conclusiones.....	141
Recomendaciones.....	143
Bibliografía.....	145

## **RESUMEN**

El correcto uso de las máquinas de respiración artificial provee de diagnósticos y tratamientos confiables. Y su mantenimiento alarga su vida útil. De tal modo que las ISO son cumplidas.

Diseñamos una guía con instrucciones acerca del manejo de las máquinas de respiración artificial. Doctores y enfermeras quienes trabajan en cuidados intensivos de los hospitales privados y públicos deben leer y aplicar cada una de estas instrucciones para dar una excelente atención a sus pacientes.

Recolectamos información relacionada con las máquinas de respiración artificial a través de la aplicación encuestas y entrevistas a los doctores y enfermeras de los hospitales de Buenos Aires, Argentina e Isidro Ayora de la ciudad de Loja -Ecuador.

## **ABSTRACT**

The right uses of the artificial breathing machine give us a reliable diagnostics and treatment. And their maintenance extends their useful life. Thus, ISO are accomplished.

We designed a guide with instruction about the operation of the artificial breathing equipment. Doctor and nurses who work at the intensive take care in the private and public hospitals have read and apply each instruction for giving an excellent attend to their patients.

We collect information relate to the artificial breathing machines inquire through surveys and interviews to the doctors and nurses from the Buenos Aires, Argentina and Isidro Ayora, Loja - Ecuador hospital.

José Luis Aguilar Vélez

Ramiro Miguel Agila Astudillo

Trabajo de graduación

Dr. Hugo Torres

Mayo – 2007

## **ANALISIS Y PROPUESTA DE UNA GUIA DE MANTENIMIENTO DE LOS RESPIRADORES ARTIFICIALES**

### **INTRODUCCIÓN**

En este trabajo monográfico se realizó una investigación acerca de los equipos de respiración artificial y se elaboro una guía que puede servir de consulta para aquellas personas involucradas en el ámbito de la medicina y la electromedicina, personas que operan directamente este tipo de equipamiento con pacientes. Este estudio empieza conociendo las variables físicas que debemos manejar y tablas de equivalencia para las mismas. Luego nos introducimos en el análisis de la fisiología pulmonar para comprender las funciones que debe cumplir el equipo de respiración artificial.

Los respiradores artificiales o equipos de ventilación mecánica son instrumentos usados en el área de cuidados intensivos, lo cual nos indica que son de vital importancia en el tratamiento de los pacientes y que, un defecto en el manejo de los mismos o negligencia en el mantenimiento puede costar la vida de un paciente. Por esto también analizamos los gases que van a suministrarse al paciente, su concentración y porcentajes. Esto los analizamos en el capítulo de Gases Medicinales y el capítulo de Mezcla de gases, Humidificación y Nebulización. También vemos el suministro y distribución de estos gases dentro del área hospitalaria.

Hay muchos factores de seguridad que se deben tomar en cuenta al momento de utilizar un equipo de ventilación mecánica para garantizar que no corre ningún riesgo el paciente, antes que nada el operador debe estar familiarizado con el funcionamiento del equipo, saber como asegurar la protección del paciente y evitar fallas que pueden causar incluso la muerte del paciente, esto lo observamos en el capítulo de Conexión del

respirador al paciente y el capítulo de mandos y controles básicos de los Respiradores artificiales.

Analizamos también los equipos de respiración artificial utilizados en nuestro medio, conociendo las características de algunos de ellos, y las funciones que cada uno de ellos tienen que cumplir. El trabajo monográfico finaliza con una guía de mantenimiento de los equipos de respiración artificial y las seguridades que se debe tomar en cuenta, se detalla los pasos que se pueden seguir para la correcta mantención de estos equipos, siempre recordando que llevamos un equipo de vital importancia para un paciente en tratamiento.

# CAPITULO I

## FÍSICA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

### Magnitudes Físicas involucradas en la Respiración

El Sistema Respiratorio se encarga del transporte de gases desde el ambiente, haciendo el aporte de oxígeno (O<sub>2</sub>) para ser metabolizado por el sujeto (inspiración), y eliminando el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) producido en dicho proceso, devolviéndolo a la atmósfera (expiración).

Para poder hacer el análisis del sistema de transporte es necesario hacer uso de diversas magnitudes mecánicas asociadas, como Volumen, Flujo, Presión, etc. las cuales deben ser medidas para su conocimiento. Las unidades de medida están vinculadas básicamente a las normas vigentes, o en muchos casos al uso y costumbre.

#### 1.1 Volumen

El volumen se define como el espacio ocupado por un cuerpo.

La dimensión del flujo es [L<sup>3</sup>] donde [L] es longitud.

Concepto asociado capacidad.

Unidades de volumen:

1. Sistema Internacional (MKS)

El m<sup>3</sup> (metro cúbico).

2. Sistema CGS

El cm<sup>3</sup> (centímetro cúbico).

3. Sistema Técnico

El m<sup>3</sup> (metro cúbico).

4. Sistema Inglés

La pulgada<sup>3</sup> (pulgada cúbica).

5. Otras unidades en uso

El l (litro) 1 litro es equivalente a un cubo de 1 decímetro de lado (dm<sup>3</sup>).

El ml (mililitro). 1 mililitro es equivalente a la milésima parte de 1 litro.

**Tabla de Equivalencia entre Unidades de Volumen**

	m <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	pulgada <sup>3</sup>	l	ml
m <sup>3</sup>	1	10 <sup>6</sup>	6,1x10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>
cm <sup>3</sup>	10 <sup>-6</sup>	1	6,1x10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	1
pulgada <sup>3</sup>	1,639x10 <sup>-5</sup>	16,39	1	1,639x10 <sup>-2</sup>	16,39
l	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>3</sup>	61	1	10 <sup>3</sup>
ml	10 <sup>-60</sup>	1	6,1x10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	1

**1.2 Flujo**

El flujo se define como la relación entre el volumen de fluido (V) que pasa por una sección transversal (S) y el tiempo que tarda en atravesarla.

$$\text{Flujo} = \varphi = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Si v es la velocidad del fluido

$$\varphi = S \cdot v$$

La dimensión del flujo es [L<sup>3</sup>/T] donde [L] es la longitud y [ T ] tiempo Conceptos asociados: caudal, gasto.

Unidades de flujo:

1. Sistema Internacional (MKS)

El m<sup>3</sup>/s (metro cúbico/segundo).

2. Sistema CGS

El cm<sup>3</sup>/s (centímetro cúbico/segundo).

3. Sistema Técnico

El m<sup>3</sup>/s (metro cúbico/segundo).

4. Sistema Inglés

La inch<sup>3</sup>/s (pulgada cúbica/segundo).

5. Otras unidades

El l/s (litro/segundo).

El ml/s (mililitro/segundo).

El l/min (litro/minuto)

**Tabla de Equivalencia entre Unidades de Flujo**

	m <sup>3</sup> /s	cm <sup>3</sup> /s	pulgada <sup>3</sup> /s	l/s	ml/s	l/min
m <sup>3</sup> /s	1	10 <sup>6</sup>	61x10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	6x10 <sup>4</sup>
cm <sup>3</sup> /s	10 <sup>-6</sup>	1	61x10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	6x10 <sup>-2</sup>
pulgadas <sup>3</sup> /s	16,39x10 <sup>-6</sup>	16,39	1	16,39x10 <sup>-3</sup>	16,39	0,9832
l <sup>3</sup> /s	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>3</sup>	61	1	10 <sup>3</sup>	60
ml <sup>3</sup> /s	10 <sup>-6</sup>	1	61x10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	6x10 <sup>-2</sup>
l/min.	16,67x10 <sup>-6</sup>	16,67	1,017	16,67x10 <sup>-3</sup>	16,67	1

### 1.3 Presión

La presión se define como la fuerza por unidad de área, donde la fuerza F se considera que actúa en forma perpendicular a la superficie de área A.

$$\text{Presión} = p = \frac{F}{A}$$

La dimensión de la presión es [M.L.<sup>-1</sup>.T<sup>-2</sup>] donde [M] es la masa [L] es la longitud y [T] el tiempo. En un fluido (gas o líquido), el movimiento térmico de las partículas interactúa con las paredes del recipiente que lo contiene. Las moléculas del fluido al chocar contra las paredes, le transmiten cierto impulso, y la variación del impulso por unidad de tiempo determina la fuerza que actúa sobre las mismas. Si referimos esta fuerza con que el fluido actúa sobre la pared, a la unidad de superficie de ésta, obtendremos la magnitud de la presión ejercida sobre la pared del recipiente.

Unidades de presión:

1. Sistema Internacional (MKS) (Pascal) es la presión ejercida por una fuerza de 1

Newton en una superficie de 1 m<sup>2</sup>.  $1\text{Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$

## 2. Sistema CGS

El  $\text{dyn}/\text{cm}^2$  es la presión ejercida por una fuerza de 1 dyn en una superficie de  $1 \text{ cm}^2$ .

$$1 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}^2}$$

## 3. Sistema Técnico

El  $\text{kgf}/\text{m}^2$  (kilogramo fuerza/ $\text{m}^2$ ) es la presión ejercida por una fuerza de 1 kilogramo en una superficie de  $1 \text{ m}^2$ .

## 4. Sistema Inglés

El psi (pound/ $\text{inch}^2$  o libra/pulgada<sup>2</sup>) es la presión ejercida por una fuerza de 1 libra en una superficie de 1 pulgada

$$1 \text{ psi} = 1 \frac{\text{libra}}{\text{pulgada}^2}$$

Como ejemplo veamos la conversión de psi a  $\text{kgf}/\text{m}^2$ , para ello tenemos que tener en cuenta que  $1 \text{ libra} = 0,4536 \text{ kgf}$  y  $1 \text{ pulgada} = 2,54 \text{ cm} = 0,0254 \text{ m}$  reemplazando en la ecuación anterior nos queda:

$$1 \text{ psi} = 1 \frac{\text{libra}}{\text{pulgada}^2} = 1 \frac{0,4536 \text{ kgf}}{0,0254^2 \text{ m}^2} = 703 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

## 5. Unidades no sistematizadas

Hay unidades que están vinculadas a la presión que ejerce una columna de un fluido en condiciones estáticas. En esas condiciones se cumple que:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{P}{A} = \frac{\rho \cdot V}{A} \rho \cdot h$$

Donde  $\rho$  es el peso específico del fluido, V el volumen y h la altura del mismo. Así tenemos las siguientes unidades:

El  $\text{cmH}_2\text{O}$  (centímetro de agua) es la presión ejercida por una columna de agua de 1 cm de altura.

El torr (Torricelli) es la presión ejercida por una columna de mercurio de 1 mm de altura.

$$\text{torr } 1 = \text{mmHg } 1$$

La atm (atmósfera) está vinculada al peso del aire atmosférico, que equilibra una columna de mercurio de 760 mm de altura.

## 6. Otras Unidades útiles

Este grupo de unidades son derivadas de las ya vistas, siendo múltiplos o submúltiplos de las mismas.

El  $\text{kgf/cm}^2$  (kilogramo fuerza/cm<sup>2</sup>) es la presión ejercida por una fuerza de 1 kilogramo en una superficie de 1  $\text{cm}^2$ . Esta unidad es más utilizada que el  $\text{kgf/m}^2$  ya que posee un valor muy aproximado a la atm (ver tabla de equivalencias).

$$1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{10^4 \text{cm}^2}{\text{m}^2} = 10^4 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

El bar o baria equivalente a  $10^6$  dyn, también utilizado por poseer un valor muy aproximado a la atm (ver tabla de equivalencias).

$$1 \text{bar} = 10^6 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2}$$

El mbar o milibaria equivalente a la milésima parte de bar, también utilizado por poseer un valor muy aproximado al cmH<sub>2</sub>O (ver tabla de equivalencias).

$$1 \text{mbar} = 10^{-3} \text{bar} = 10^3 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2}$$

## Presión Parcial

Al considerar al fluido gaseoso como un todo sin considerar que pueda estar compuesto por diferentes tipos de moléculas conformando una mezcla. Todas las moléculas están ocupando el mismo volumen, podemos hacer abstracción de analizar solamente cada tipo de molécula, aparece un nuevo concepto, el de presión parcial, que sería la presión que tendría esa cantidad de gas en ese volumen, cumpliéndose:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_{r-1} + p_r$$

Donde  $p$  es la presión total, y  $p_1; p_2; p_r$  son las presiones parciales, y estas estarán vinculadas a la cantidad relativa de moléculas de cada componente a la cantidad total de moléculas. La expresión (13) es conocida como “Ley de Dalton”.

$$\frac{p_1}{p} = \frac{N_1}{N}, \frac{p_2}{p} = \frac{N_2}{N}, \frac{p_r}{p} = \frac{N_r}{N}$$

Muchas veces vemos a la presión parcial como una medida relativa porcentual (sin unidades), que como vemos en (14) nos da la cantidad de moléculas relativa porcentual de cada componente del gas.

**Tabla de Equivalencia entre Unidades de presión.**

	Pa (N/m <sup>2</sup> )	dyn/cm <sup>2</sup>	kgf/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	Bar	mbar	psi (lb/pulg <sup>2</sup> )	cmH <sub>2</sub> O	mmHg (torr)	atm
Pa (N/m <sup>2</sup> )	1	10	0,102	1,02x10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-2</sup>	1,45x10 <sup>-4</sup>	1,02x10 <sup>-2</sup>	7,5x10 <sup>-3</sup>	9,87x10 <sup>-6</sup>
Dyn/cm <sup>2</sup>	10	1	1,02x10 <sup>-2</sup>	1,02x10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	1,45x10 <sup>-5</sup>	1,02x10 <sup>-3</sup>	7,5x10 <sup>-4</sup>	9,87x10 <sup>-7</sup>
kgf/m <sup>2</sup>	9,81	98,1	1	10 <sup>-4</sup>	9,81x10 <sup>-5</sup>	9,81x10 <sup>-2</sup>	1,422x10 <sup>-3</sup>	0,1	7,356x10 <sup>-2</sup>	9,68x10 <sup>-5</sup>
kgf/cm <sup>2</sup>	9,81x10 <sup>-4</sup>	9,81x10 <sup>-5</sup>	10 <sup>4</sup>	1	0,981	981	14,22	10 <sup>3</sup>	7,356x10 <sup>2</sup>	0,968
Bar	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	1,02x10 <sup>4</sup>	1,02	1	10 <sup>-3</sup>	14,5	1,02x10 <sup>3</sup>	750	0,987
Mbar	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10,2	1,02x10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	1,45x10 <sup>-2</sup>	1,02	75	9,87x10 <sup>-4</sup>
psi (lb/pulg <sup>2</sup> )	6,895x10 <sup>3</sup>	6,895x10 <sup>4</sup>	703	7,03x10 <sup>-2</sup>	6,895x10 <sup>-2</sup>	68,95	1	70,3	51,7	0,068
cmH <sub>2</sub> O	98,1	981	10	10 <sup>-3</sup>	9,81x10 <sup>-4</sup>	0,981	1,422x10 <sup>-4</sup>	1	0,7356	9,68x10 <sup>-4</sup>
mmHg (torr)	133	1,33x10 <sup>3</sup>	13,6	1,36x10 <sup>-3</sup>	1,36x10 <sup>-3</sup>	1,33	1,93x10 <sup>-2</sup>	1,36	1	1,31x10 <sup>-3</sup>
Atm	1,013x10 <sup>5</sup>	1,013x10 <sup>6</sup>	1,033x10 <sup>4</sup>	1,033	1,013	1,013x10 <sup>3</sup>	14,7	1,033x10 <sup>3</sup>	760	1

## 1.4 Trabajo

Si un sistema experimenta un desplazamiento ( $\Delta r$ ) bajo la acción de una fuerza, se dice que se ha realizado trabajo ( $W$ ), siendo la cantidad de trabajo igual al producto de la componente de la fuerza ( $F$ ) en la dirección del desplazamiento por el desplazamiento realizado.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos(\angle F; \Delta r)$$

También podemos expresar el trabajo en sistemas de fluidos a través de la presión y el volumen de fluido que evoluciona, como:

$$W = \sum p \cdot \Delta v$$

Muchas veces es importante tener una medida del trabajo en una trayectoria cerrada o en un ciclo. La respiración es un proceso cíclico, y el trabajo en un ciclo nos proporciona datos importantes que, por ejemplo, nos permite evaluar la respuesta a bronco dilatadores, el destete de un respirador, etc.

La dimensión del trabajo es  $[M.L^2.T^{-2}]$  donde  $[M]$  es la masa  $[L]$  es la longitud y  $[T]$  el tiempo.

Unidades de trabajo:

### 1. Sistema Internacional (MKS)

El J (Julio o Joule) es el trabajo que realiza una fuerza de 1 N en un desplazamiento de 1 m.

$$1J = 1N \cdot m = 1 \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$$

### 2. Sistema CGS

El erg (ergio) es el trabajo que realiza una fuerza de 1 dyn en un desplazamiento de 1 cm.

$$1erg = 1dyn \cdot cm = 1 \frac{g \cdot cm^2}{s^2}$$

### 3. Sistema Técnico

El kgf.m (kilogramo fuerza metro) es el trabajo que realiza una fuerza de 1 kgf en un desplazamiento de 1 m.

#### 4. Equivalente mecánico del calor

La cal (caloría) se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C un gramo de agua. Para el paso de caloría a julio tenemos que 1 cal = 4,187 J.

Tabla de Equivalencia entre Unidades de Trabajo

	J	Org	Kgf.m	osl
J	1	10 <sup>-1</sup>	0,102	0,2388
Org	10 <sup>-1</sup>	1	102x10 <sup>4</sup>	2,385x10 <sup>4</sup>
Kgf.m	9,61	9,81x10 <sup>3</sup>	1	2,341
Osl	4,187	4,18x10 <sup>3</sup>	0,4268	1

#### 1.5 Resistencia

Cuando aplicamos en un tubo una diferencia de presión ( $\Delta p$ ), aparece en consecuencia una circulación de fluido o flujo ( $\phi$ ). La resistencia se define como la relación entre la diferencia de presión y el flujo. Este parámetro nos está dando idea de la oposición a la circulación de un fluido.

$$\text{Resistencia} = R = \frac{\Delta p}{\phi}$$

La dimensión de la resistencia es  $[M.L^{-4}.T^{-1}]$  donde  $[M]$  es la masa  $[L]$  es la longitud y  $[T]$  el tiempo.

#### Unidades de resistencia:

##### 1. Sistema Internacional (MKS)

El Pa/m<sup>3</sup>/s (Pascal/metro<sup>3</sup>/segundo) es la resistencia que tiene un elemento sometido a una diferencia de presión de 1 Pascal, circulando un flujo de 1 m<sup>3</sup>/s.

$$1\text{pa/m}^3/\text{s} = \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^5} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^4 \cdot \text{s}}$$

## 2. Sistema CGS

El dyn/cm<sup>5</sup>/s (dina/centímetro<sup>5</sup>/segundo) es la resistencia que tiene un elemento sometido a una diferencia de presión de 1 dyn/cm<sup>2</sup>, circulando un flujo de 1 cm<sup>3</sup>/s.

$$1 \text{ dyn/cm}^5/\text{s} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^4 \cdot \text{s}}$$

## 3. Sistema Técnico

El kgf/m<sup>5</sup>/s (kilogramo fuerza/metro<sup>5</sup>/s) es la resistencia que tiene un elemento sometido a una diferencia de presión de 1 kgf/m<sup>2</sup>, circulando un flujo de 1 m<sup>3</sup>/s.

## 4. Otras Unidades, o unidades no sistematizadas

El cmH<sub>2</sub>O/l/s (Centímetro de agua/litro/s) es la resistencia que tiene un elemento sometido a una diferencia de presión de 1 cmH<sub>2</sub>O, circulando un flujo de 1 l/s.

Tabla de Equivalencia entre Unidades de Resistencia al flujo

	Pa/m <sup>3</sup> /s	dyn_/cm <sup>5</sup> /s	Kgf/m <sup>5</sup> /s	cmH <sub>2</sub> O/l/s
Pa/m <sup>3</sup> /s	1	10 <sup>-5</sup>	0,102	1,02x10 <sup>-5</sup>
dyn_/cm <sup>5</sup> /s	10 <sup>5</sup>	1	1,02x10 <sup>4</sup>	1,02
Kgf/m <sup>5</sup> /s	9,81	9,81x10 <sup>-5</sup>	1	10 <sup>-4</sup>
cmH <sub>2</sub> O/l/s	9,81x10 <sup>4</sup>	0,981	10 <sup>4</sup>	1

## Resistencia de un tubo

En un tubo de radio r y longitud l se puede determinar el flujo laminar por la fórmula de Poiseuille, y a partir de allí podemos calcular el valor de R aplicando la (19):

$$\varphi = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot l} \Delta p \rightarrow R = \frac{8 \cdot \eta \cdot l}{\pi \cdot r^4}$$

Donde  $\eta$  es el coeficiente de viscosidad del fluido.

## 1.6 Complacencia

Cuando variamos en un sistema elástico (por ejemplo un globo) la presión ( $\Delta p$ ), aparecerá en consecuencia una variación de volumen ( $\Delta V$ ) La complacencia se la define como la relación entre la variación de el volumen y la variación de presión correspondiente. Este parámetro nos está dando idea de la facilidad a los cambios de volumen con la variación de la presión. También podemos encontrar en la literatura técnica como equivalente a complacencia, el término compliancia, que deriva de la palabra inglesa compliance.

$$\text{Complacencia} = C = \frac{\Delta V}{\Delta p}$$

La dimensión de la resistencia es  $[M^{-1} \cdot L^4 \cdot T^2]$  donde  $[M]$  es la masa  $[L]$  es la longitud y  $[T]$  el tiempo.

Unidades de complacencia:

### 1. Sistema Internacional (MKS)

El  $m^3/\text{Pa}$  (metro<sup>3</sup>/Pascal) es la complacencia que tiene un elemento en variar 1 m<sup>3</sup> su volumen, sometido a una diferencia de presión de 1 Pascal.

$$1\text{m}^3/\text{Pa} = 1 \frac{\text{m}^5}{\text{N}} = 1 \frac{\text{m}^4 \cdot \text{s}^2}{\text{kg}}$$

### 2. Sistema CGS

El  $\text{cm}^5/\text{dyn}$  (centímetro<sup>5</sup>/dina) es la complacencia que tiene un elemento en variar 1 cm<sup>3</sup> su volumen, sometido a una diferencia de presión de 1 dyn/cm<sup>2</sup>.

$$1\text{cm}^5 / \text{dyn} = 1 \frac{\text{cm}^4 \cdot \text{s}^2}{\text{g}}$$

### 3. Sistema Técnico

El  $\text{m}^5/\text{kgf}$  (metro<sup>5</sup>/kilogramo fuerza) es la complacencia que tiene un elemento en variar 1 m<sup>3</sup> su volumen, sometido a una diferencia de presión de 1 kgf/cm<sup>2</sup>.

4. Otras Unidades, o unidades no sistematizadas

El l/cmH<sub>2</sub>O (litro/Centímetro de agua) es la complacencia que tiene un elemento en variar 1 l su volumen, sometido a una diferencia de presión de 1 cmH<sub>2</sub>O.

**Tabla de Equivalencia entre Unidades de Complacencia**

	m <sup>3</sup> /pa	cm <sup>5</sup> /dyn	m <sup>5</sup> /kgf	l/cmH <sub>2</sub> O
m <sup>3</sup> /pa	1	10 <sup>5</sup>	9,81	9,81x10 <sup>4</sup>
cm <sup>5</sup> /dyn	10 <sup>-5</sup>	1	9,81x10 <sup>-5</sup>	0,981
m <sup>5</sup> /kgf	0,102	1,02x10 <sup>4</sup>	1	10 <sup>4</sup>
l/cmH <sub>2</sub> O	1,02x10 <sup>-5</sup>	1,02	10 <sup>-4</sup>	1

## 1.7 Elementos de medición

En el entorno, y en los respiradores mismos, encontramos diferentes elementos de medición, que nos dan parámetros importantes para realizar una tarea controlada.

Haremos una enumeración de las técnicas de medición y sus tecnologías.

## Medición de la presión

### 1. Elementos mecánicos

Existen de medida directa los cuales miden la presión comparándola con un líquido de peso específico y altura conocida y son:

- Barómetro de cubeta
- Manómetro de tubo en U

De tipo elástico son los que se deforman por la presión interna del fluido que contienen:

- Tubo de Bourdon
- Elemento en espiral
- Helicoidal
- Diafragma
- Fuelle
- Medidores de presión absoluta



Fuente: [www.medix.com.ar](http://www.medix.com.ar)

Figura 1-1 Manómetro tipo “Tubo de Bourdon”

	Rango de medición	Precisión relativa en % de máxima escala	Temperatura máxima de servicio (°C)	Presión estática máxima (Kgf/cm <sup>2</sup> )
Barómetro de cubeta	10-300cmH <sub>2</sub> O	0,5-1	Ambiente	6
Manómetro de tubo en U	20-120cm H <sub>2</sub> O	0,5-1	Ambiente	10
Tubo de Bourdon	0,5-6000kgf/cm <sup>2</sup>	0,5-1	90	6000
Elemento en espiral	0,5-2500kgf/cm <sup>2</sup>	0,5-1	90	2500
Helicoidal	0,5-5000kgf/cm <sup>2</sup>	0,5-1	90	5000
Diafragma	0,005-2kgf/cm <sup>2</sup>	0,5-1	90	2
Fuelle	0,01-2kgf/cm <sup>2</sup>	0,5-1	90	2

## 2. Transductores electromecánicos de presión

Estos elementos utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor que genera la señal eléctrica correspondiente.

- Transmisores eléctricos de equilibrio de fuerzas
- Extensométricos (por deformación de un elemento resistivo semiconductor)
- Resistivos
- Magnéticos
- Capacitivos
- Piezoeléctricos



Fuente: [www.medix.com.ar](http://www.medix.com.ar)

Figura 1-2: Transductor extensométrico de Estado Sólido

	Rango de medición (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Precisión relativa en % de máxima escala	Estabilidad en el tiempo	Temperatura máxima de servicios (C°)	Sobrecarga
Transmisores eléctricos de equilibrios de fuerzas	3-6000	0,5	Mala-Media	65	150%
Extensométricos (Silicio)	0-2 0-600	0,3	Muy buena	107	200%
Resistivos	0-0,1 0-300	1	Mala	80	150%
Magnéticos	0-0,1 0-300	0,5-1	Media	8	150%
Capacitivos	0,05-5 0,05-600	1	Media Buena	150	150%
Piezoeléctricos	0,1-600	1	Mala	90	200%

Refiriéndonos ahora específicamente al entorno del respirador, encontraremos con frecuencia, que para medir la presión de alimentación de gases de alta presión, ya sea de tubos y/o ductos, se utilizan manómetros tipo “Tubo de Bourdon” (ver figura 1-1) calibrados en psi y/o kgf/cm<sup>2</sup>. Y para medir la presión en la vía aérea del paciente se utilizan transductores extensométricos los cuales no están accesibles para su manipulación, la salida de presión de dicha medición esta dada en cmH<sub>2</sub>O.

## Medición del flujo

Existen muchos sistemas para la medición de flujo, daremos solamente los más utilizados en los aspiradores artificiales:

### 1. Neumotacógrafos

El neumotacógrafo es una resistencia neumática que provoca una diferencia de presión proporcional al flujo de gas.

- Fleish
- Lilly

Fleish: Consiste en una cantidad muy grande de capilares de, 1 a 2 mm de diámetro y de 3 a 4 cm de longitud, logrando una distribución de flujo laminar y una buena linealidad entre el flujo y la caída de presión.

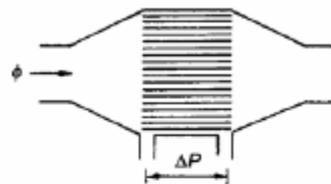


Figura 1-3: Neumotacógrafo de Fleish

Lilly: Consiste en una malla fina metálica.

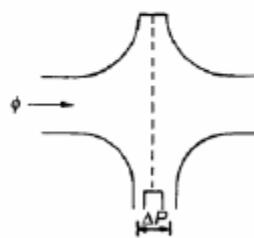


Figura 1-4: Neumotacógrafo de Lilly

Fuente: Fundamentos Enfermería Quirúrgica e Instrumentación

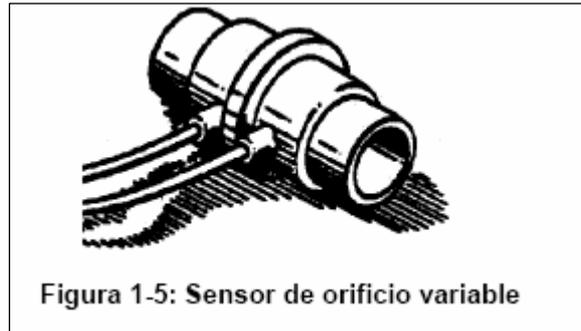
### 2. Placa orificio o diafragma

Este es un sistema muy económico, que consiste en una placa perforada instalada en el interior de la tubería, disminuyendo la sección interior del tubo, provocando así una

diferencia de presión que depende del cuadrado del flujo ( $\Phi^2$ ). Para la medición de pequeños flujos, se utiliza una membrana flexible que obstaculiza al fluido, presentando así un área variable con el flujo.

Colateralmente se logra linealizar la relación entre la diferencia de presión y el flujo.

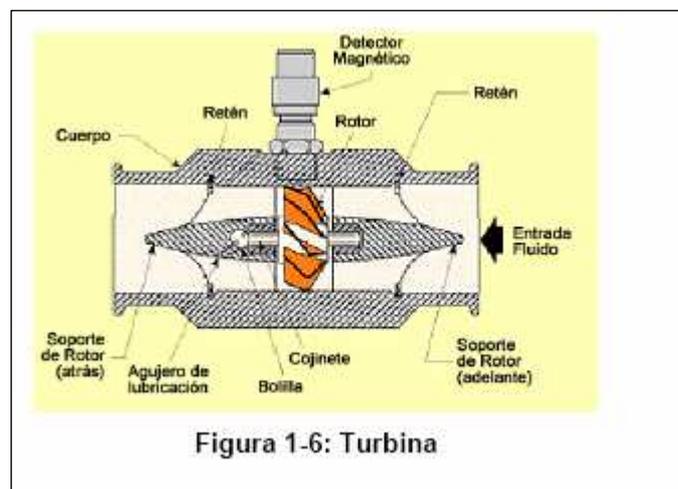
- Placa orificio
- Placa orificio variable



Fuente: Terapéutica Respiratoria

### 3. Turbina

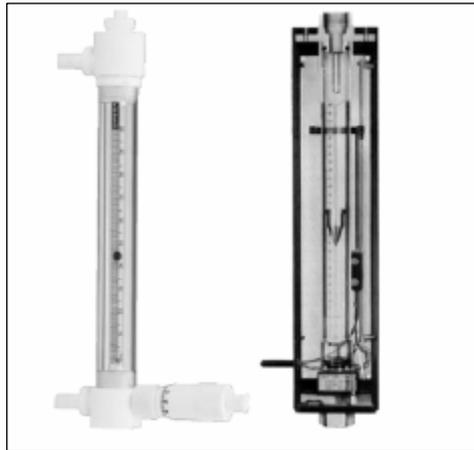
Consiste en un rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal del mismo.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

### 4. Rotámetros

Son medidores de caudal de área variable en los cuales un flotador (esférico, o cónico) cambia su posición dentro de un tubo, proporcionalmente al flujo del fluido.



Fuente: Terapéutica Respiratoria

Figura 1-7: Rotámetros de bolilla (a la izquierda) y cónico (a la derecha)

## 5. Térmicos o de hilo caliente

Estos se basan en medir la temperatura en dos puntos del fluido, habiendo un calefactor entre ambos sensores térmicos. La medida de la diferencia de temperatura, nos da la magnitud del flujo a medir.



Figura1-8: Sensor de hilo caliente

Fuente: Terapéutica Respiratoria

Cada una de estas tecnologías aparece en diferentes lugares dentro del entorno de la ventilación mecánica, y alguna de ellas compite en su uso con las otras.

## CAPITULO II

### FISIOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

#### 2.1 Función principal de aparato respiratorio

El primer concepto que debemos comprender es que el oxígeno es el combustible básico de la vida. La principal función del aparato respiratorio es la de realizar un intercambio gaseoso adecuado a las demandas metabólicas, esto es, retirar oxígeno (O<sub>2</sub>) del aire inspirado, llevarlo a la sangre venosa mixta y eliminar anhídrido carbónico (C O<sub>2</sub>) al exterior, procesos que se realizan por difusión simple, a través de la barrera hematogaseosa o alvéolo capilar, que presenta una extensa superficie (50 a 100m<sup>2</sup>) y está compuesta por múltiples capilares que envuelven aproximadamente 300 millones de alvéolos de 0,33 mm de diámetro.

##### 2.1.1 Vías aéreas

El gas llega a esta interfase hematogaseosa a través de las vías aéreas.

1. Vías aéreas de conducción: compuestas por la traquea, bronquios derecho e izquierdo, bronquios lobulares, bronquiolos segmentarios, bronquiolos terminales.

- No participan en el intercambio gaseoso
- Representan el espacio muerto anatómico (EMA).

2. Vía aérea de transición y respiratoria: bronquiolo respiratorio, conductos alveolares y sacos alveolares.

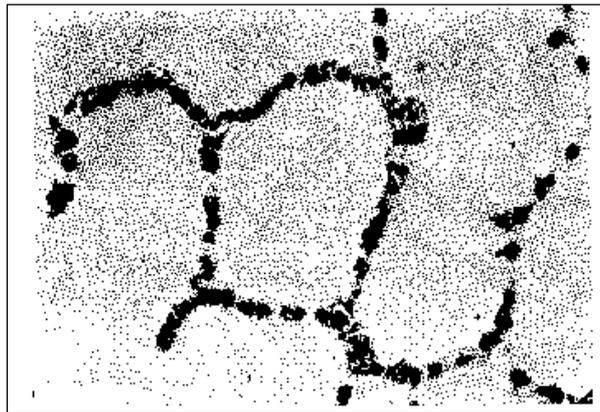
- Participan en el intercambio gaseoso

### 2.1.2 Vasos sanguíneos

Los vasos sanguíneos del pulmón también forman una serie de tubos ramificados desde la arteria pulmonar, a capilares a venas pulmonares.

Los capilares pulmonares miden aproximadamente 10 micras de diámetro, lo que es semejante al diámetro de un glóbulo rojo (GR), lo que forma una lámina continua de sangre en la pared alveolar, y de este modo el intercambio gaseoso se realiza con eficiencia.

Cada GR permanece en la red capilar pulmonar  $\frac{3}{4}$  de segundo y en este tiempo alcanza el equilibrio completo del  $O_2$  y el  $CO_2$  del gas alveolar y la sangre capilar.



Fuente: Terapéutica Respiratoria

Figura 2-1

Corte microscópico que muestra los capilares en las paredes alveolares, la barrera hematogaseosa es tan fina que no puede identificarse

### 2.1.3 Estabilidad alveolar

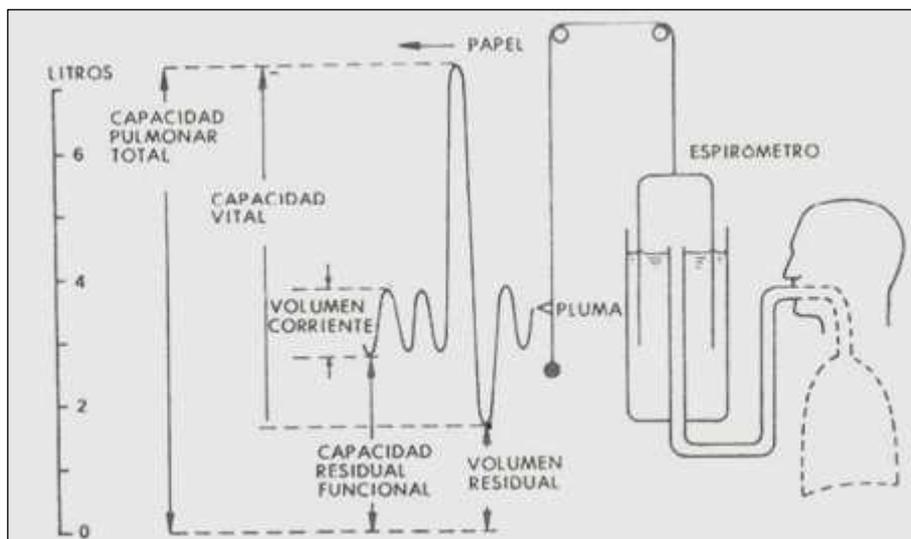
Es fácil entender que 300 millones de alvéolos son inestables y que tienden a colapsarse. Aquí actúa el surfactante, factor tensioactivo secretada por los neumocitos tipo II del epitelio alveolar, que mantiene la estabilidad alveolar permaneciendo estos abiertos durante todo el ciclo respiratorio

### 2.1.4 Ventilación

Es el movimiento de aire a través de las vías aéreas de conducción hasta llegar a las vías de intercambio gaseoso, seguido de un flujo en sentido inverso de los gases exhalados, inspiración y expiración respectivamente.

### 2.1.5 Volúmenes pulmonares

1. Volumen corriente es el volumen de aire que se moviliza con cada respiración.
2. Capacidad vital es el volumen de aire que se obtiene de una inspiración máxima seguida de una expiración máxima.
3. Volumen residual es el volumen que permanece en el pulmón post expiración máxima.
4. Capacidad de reserva expiratoria es el volumen pulmonar post expiración normal
5. Capacidad pulmonar total es el volumen de aire atrapado en el pulmón post inspiración máxima

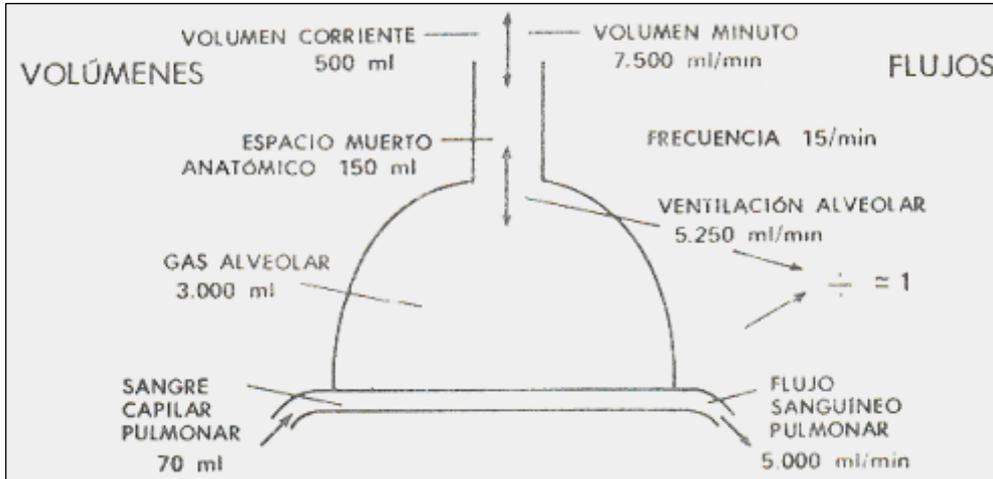


Fuente: Fundamentos de Terapia Respiratoria

Figura 2-2

Nótese que la capacidad funcional residual y el volumen residual no se pueden medir con el espirómetro.

En el siguiente diagrama simplificado del pulmón, se observan las vías aéreas de conducción (espacio muerto anatómico), y las vías aéreas que participan del intercambio gaseoso, éstas limitadas por la interfase HG (hematogaseosa) y por la sangre capilar pulmonar.



Fuente: Fundamentos de Terapia Respiratoria

Figura 2-3

Diagrama de un pulmón con sus volúmenes y flujos típicos.

Si el paciente respira con un VC (volumen de corriente) de 500ml y una frecuencia respiratoria de 15 por minuto, presentara:

$$VM : VC \times FR$$

$$VM: 500 \times 15: 7.500 \text{ ml / min.}$$

$$VA: (VC - EMA) \times FR$$

$$VA: (500 - 150) \times 15: 5.250 \text{ ml / min.}$$

VM: volumen minuto

VA: ventilación alveolar, que es el aire disponible para el intercambio gaseoso

EMA: espacio muerto anatómico, que es el aire de vías aéreas de conducción, que no participa del intercambio gaseoso. Normalmente es de unos 150 ml aproximadamente, variando con el sexo edad, talla etc. Podemos calcularlo realizando el peso del paciente x 2.

EMF: espacio muerto fisiológico, que en un paciente normal es semejante al anatómico, pero en estados patológicos puede aumentar significativamente.

### 2.1.6 Diferencias regionales de la ventilación

Es sabido que las regiones inferiores del pulmón se encuentran mejor ventiladas que las superiores, lo que se mantiene con los cambios de decúbito, o sea que el pulmón más bajo se ventila más que el superior.

### 2.1.7 Difusión

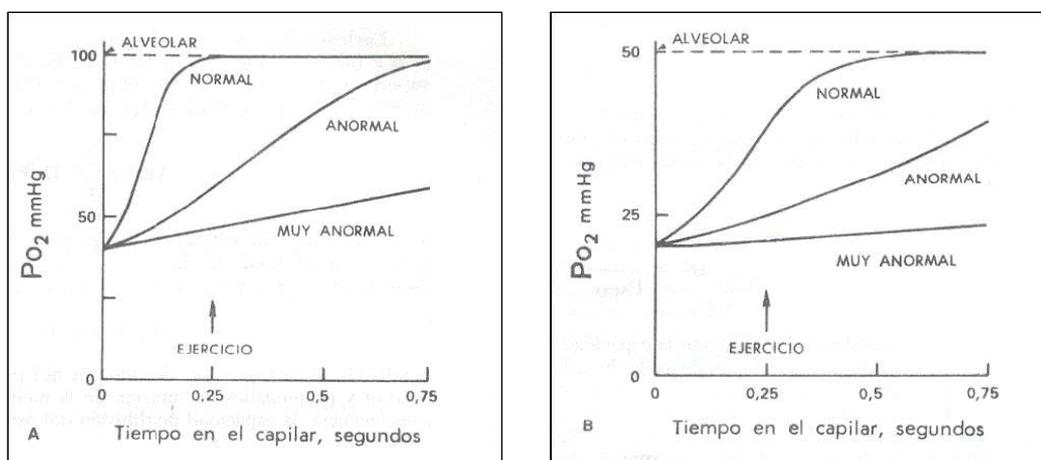
Ley de Fick: la velocidad del traslado de un gas a través de una membrana de tejido es directamente proporcional a la superficie del tejido e inversamente proporcional al espesor de dicha membrana.

Si la membrana alveolo capilar mide 0,5 micras y tiene una superficie de 50 a 100 m<sup>2</sup>, vemos que presenta las dimensiones ideales para la difusión.

### 2.1.8 Captación de O<sub>2</sub> a lo largo del capilar pulmonar

El GR (glóbulo rojo) que atraviesa un capilar capta O<sub>2</sub> a medida que avanza. El O<sub>2</sub> se desplaza siguiendo un gradiente de presión existente entre la presión de oxígeno venosa (PVO<sub>2</sub>: 40 mmHg) y la presión de oxígeno alveolar (PAO<sub>2</sub>: 100mmHg), separadas a solo 0,5 micras de distancia por la barrera hematogaseosa.

El tiempo de contacto es de solo <sup>3</sup>/<sub>4</sub> de segundo, pero las presiones se igualan en solo 1/3 de su trayecto (0,25 segundos), lo que explica la enorme reserva de difusión, que se pone en marcha, por ejemplo, ante el ejercicio y la altura.



Fuente: Fundamentos de Terapia Respiratoria

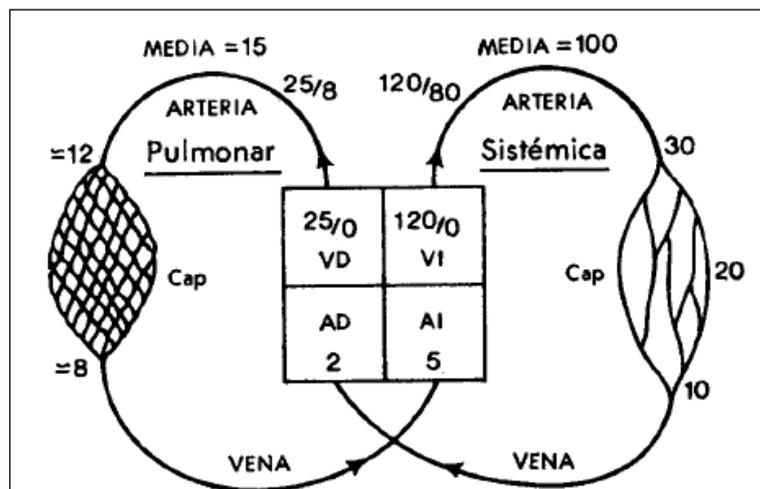
Figura 2-4

### 2.1.9 Flujo sanguíneo

La circulación pulmonar comienza en la arteria pulmonar que recibe sangre venosa del ventrículo derecho. Se divide igual que el árbol bronquial hasta los bronquiolos terminales, a partir de donde forman el lecho capilar que rodea las paredes alveolares. A continuación las venulas pulmonares recogen la sangre oxigenada formando 4 grandes venas, las venas pulmonares que desaguan en la aurícula izquierda.

Existen importantes diferencias entre la circulación pulmonar y la sistémica. La circulación pulmonar es un sistema de baja presión, 6 veces menor que el sistémico.

( 25/8/15 vs 120/80/100)



Fuente: Terapéutica Respiratoria

Figura 2-5

### 2.1.10 Distribución del flujo sanguíneo

El flujo sanguíneo pulmonar es desigual. En posición erecta el flujo disminuye de abajo hacia arriba con valores muy bajos en el vértice. En decúbito es mayor en las regiones declives.

Esta diferencia se explica por la diferencia de presiones hidrostática dentro de los vasos sanguíneos.

Ejemplo: si consideramos el sistema pulmonar como un una columna de agua, la diferencia de presión entre el extremo superior e inferior del pulmón, de 30cm, será de 30cm de H<sub>2</sub>O, o sea 23mmhg. Esta diferencia de presión es elevada para un sistema de baja presión como el pulmonar lo que afecta el flujo sanguíneo regional.

Vasoconstricción hipóxica: La caída en la presión de O<sub>2</sub> del gas alveolar origina vasoconstricción arteriolar en la región con desvío de la sangre a otros territorios bien ventilados.

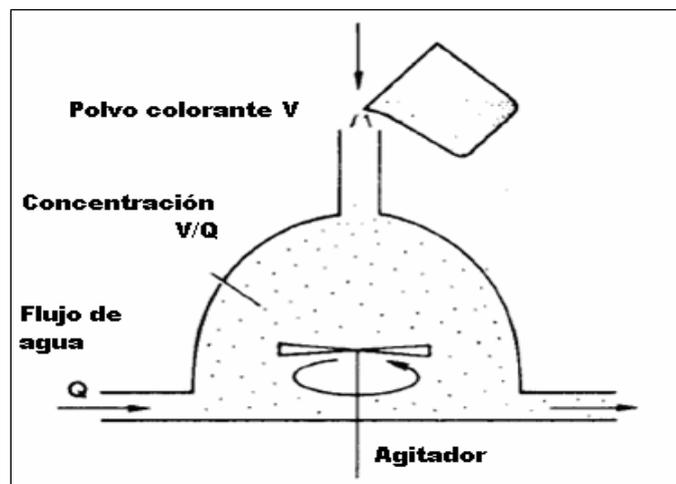
### 2.1.11 Relación ventilación perfusión

Si todos los procesos descriptos fueran adecuados, se aseguraría un intercambio gaseoso normal dentro del pulmón. Esto habitualmente no es así, ya que la ventilación y la perfusión no concuerdan dentro de las diversas regiones del pulmón.

Esta diferencia entre la ventilación y perfusión origina los defectos del intercambio gaseoso (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) en las enfermedades pulmonares.

Ejemplo:

Si consideramos una unidad alveolar y agregamos un colorante (ventilación) a una velocidad determinada, y que un flujo de agua (perfusión sanguínea) a una velocidad determinada lo retira, la relación entre ambas velocidades determinará el color final (PO<sub>2</sub>) que sale de la unidad.



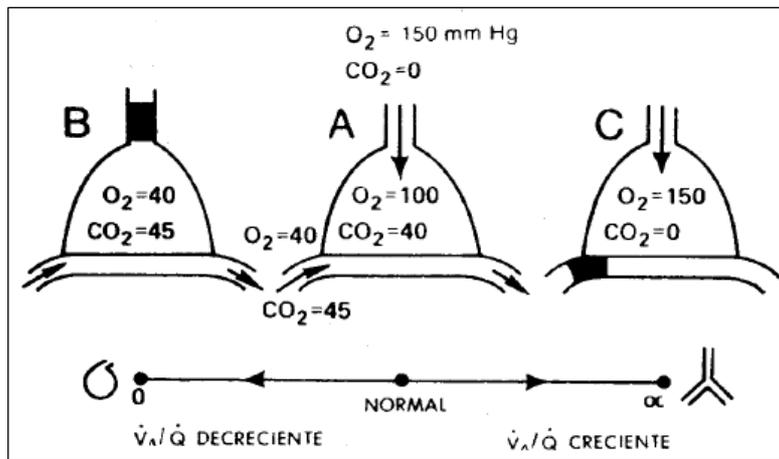
Fuente: Terapéutica Respiratoria

Figura 2-6

Esto significa que la PO<sub>2</sub> esta determinada, entre otras cosas, por la relación V/Q.

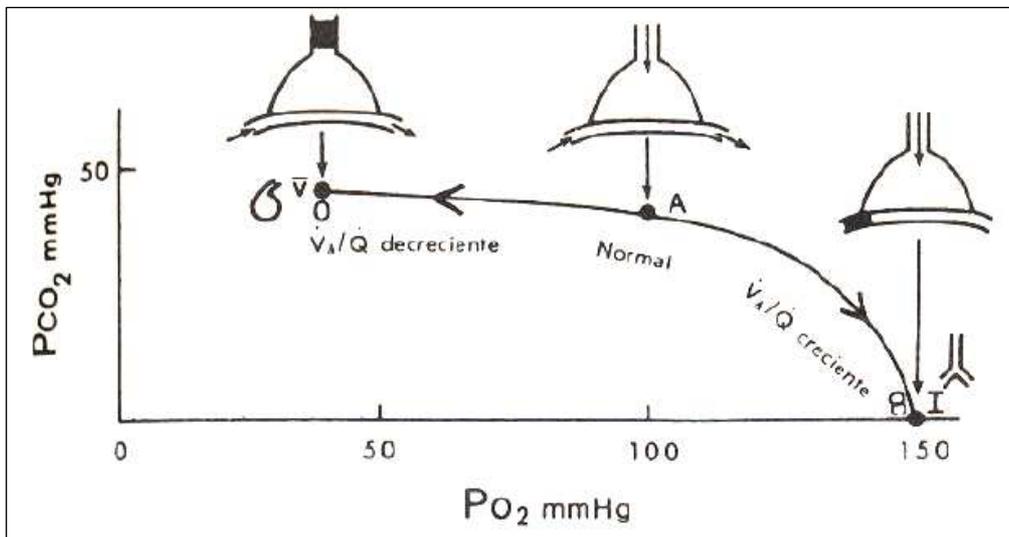
Como influyen las alteraciones V/Q en el intercambio gaseoso

En la siguiente figura, la A representa una relación V/Q ideal:1 A medida que la relación V/Q se altera, la composición del gas alveolar (que suponemos se equilibra con la sangre venosa, dando lugar a la sangre capilar terminal), se aproxima a la de la sangre venosa (B: sin ventilación, con flujo conservado, SHUNT) o a la del gas inspirado (C: ventilación conservada, sin flujo, EM).



Fuente: Terapéutica Respiratoria  
 Figura 2-7

Otra manera de representar estos cambios consiste en usar el diagrama de O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>. El punto A representa la composición ideal del gas alveolar, la línea que une V con I, pasando por A, refleja los cambios posibles en la composición del gas alveolar y por lo tanto en la sangre capilar, cuando la relación V/Q disminuye o aumenta de lo normal.



Fuente: Terapéutica Respiratoria  
 Figura 2-8

### 2.1.12 Intercambio regional de gases en el pulmón

La ventilación aumenta progresivamente desde la parte superior a la inferior del pulmón al igual que el flujo sanguíneo que aumenta con mayor rapidez aún.

La relación V/Q es anormalmente alta en el vértice del pulmón y mucho mas baja en la base.

Existe mayor variación en la  $PO_2$  que en la  $PCO_2$  entre el vértice y la base. Las diferencias regionales de la relación V/Q son importantes, ya que condicionan en un todo, la aptitud general del pulmón para captar  $O_2$  y eliminar  $CO_2$ .

Un pulmón homogéneamente ventilado y perfundido mantendrá una  $PO_2$  y  $PCO_2$  óptimas a las demandas metabólicas.

#### Causas de hipoxemia

Existen cuatro causas fisiopatológicas de hipoxemia

1. Hipoventilacion
2. Alteración en la difusión
3. Shunt
4. Alteraciones del V/Q

#### 1. Hipoventilación

La presión alveolar de  $O_2$  esta determinada por el equilibrio entre la extracción de  $O_2$  por parte de la sangre y el volumen de ventilación alveolar que repone el  $O_2$ . Si la ventilación es baja, la  $PO_2$  alveolar desciende, con el consiguiente descenso de la  $PO_2$  arterial y ascenso de la  $PCO_2$ . Esto se conoce como hipoventilación y se caracteriza por:

- Rápida respuesta a la administración de  $O_2$
- Siempre elevación de  $PCO_2$  (hipercapnia)

Causada por patologías extrapulmonares (drogas depresoras, músculos respiratorios, pared torácica, vías aéreas, etc.)

Diferencia alvéolo – arterial de  $O_2$  (A-a) normal

## 2. Difusión

No suele ser un problema en la práctica habitual de la medicina crítica. Sí ante situaciones especiales como el ejercicio y la altura

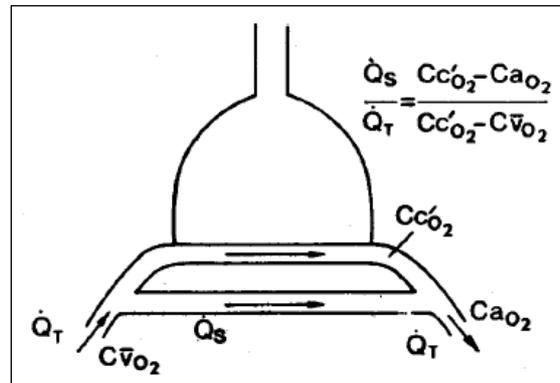
## 3. Shunt

Es por definición un cortocircuito por el cual la sangre retorna al sistema arterial sin haber pasado por áreas del pulmón ventiladas.

Normalmente existe un shunt fisiológico a través de las arterias bronquiales y de Tebesio.

Su rasgo más importante es que no corrige la hipoxemia con fracciones elevadas de  $O_2$  inspirado.

A – a anormal



Fuente: Terapéutica Respiratoria

Figura 2-9

## 4. Alteración V/Q

Corrige la hipoxemia con aporte de  $O_2$

A – a anormal

## Valoración

- Diferencia alvéolo arterial de O<sub>2</sub>

$$PAO_2 - PaO_2$$

$$PAO_2: PI O_2 - PCO_2 / 0,8$$

PIO<sub>2</sub>: fracción inspirada de O<sub>2</sub> x (P. Barométrica – P. De vapor de agua)

$$Ej: 0,21 \times (760 - 47) - 40 / 0,8: 100$$

PaO<sub>2</sub> se obtiene de los gases sanguíneos

- Shunt

$$QS : CAO_2 - CaO_2 : \text{menor del } 10\%$$

$$QT \quad CAO_2 - CvO_2$$

$$CaO_2: (Hb \times 1,34 \times Sat) + (PO_2 \times 0,003)$$

- Espacio muerto

$$VD: PaCO_2 - PECO_2: 20 \%$$

$$VT PaCO_2$$

### 2.1.13 Transporte de gas a la periferia

El O<sub>2</sub> es transportado en la sangre de 2 maneras, disuelto y unido a la hemoglobina.

- O<sub>2</sub> disuelto:

Por cada mmHg de PO<sub>2</sub>, se disuelven en sangre 0,003 ml de O<sub>2</sub> % : 0,003 vol%

Con PO<sub>2</sub> de 100 mmHg se disuelven 0,3 vol de O<sub>2</sub>, lo que ejemplifica lo inadecuado de este mecanismo.

- O<sub>2</sub> unido a la hemoglobina:

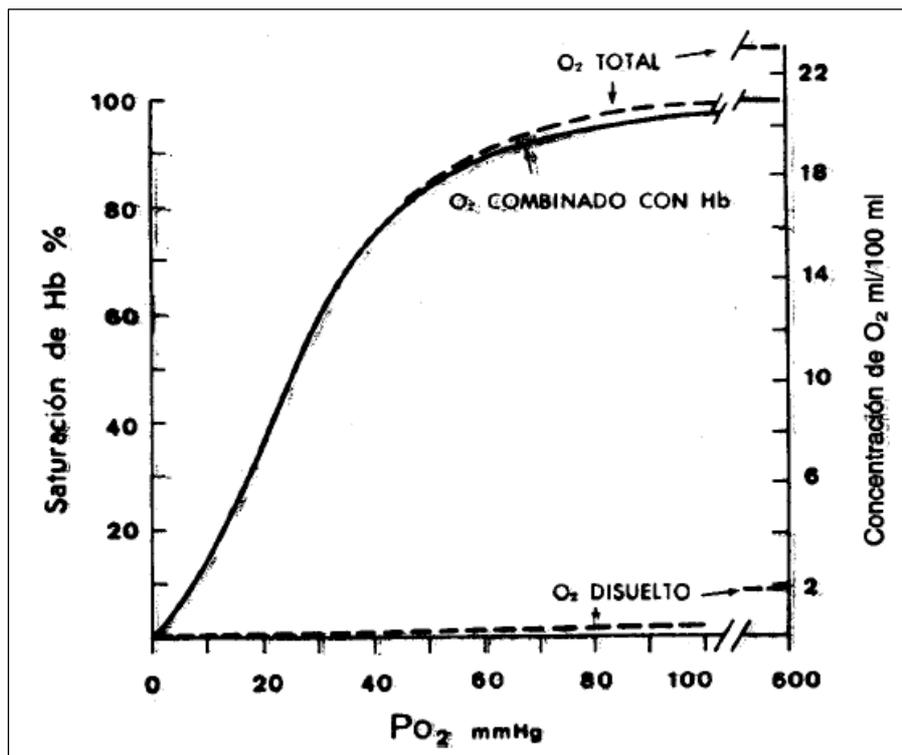
El  $O_2$  se combina de manera reversible con la hemoglobina formando oxihemoglobina. Cada gramo de Hb se combina con 1,34 ml de  $O_2$ . Si normalmente la concentración de Hb es de 15 gr. %, ésta transportara 20,8 vol. de  $O_2$ .

#### Curva de disociación de la Hb

La porción plana superior de la curva, significa que, aunque la presión alveolar de  $O_2$  disminuya en un cierto rango, la concentración de  $O_2$  se modificara poco. La porción inferior muy inclinada de la curva, asegura que los tejidos retiren grandes cantidades de  $O_2$  con pequeñas caídas en la presión capilar tisular.

Un desplazamiento de la curva a la derecha significa que en el capilar se descargará más  $O_2$  para una  $PO_2$  determinada.

Este desplazamiento se produce por acidosis, hipertermia e hipercapnia.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

Figura 2-10

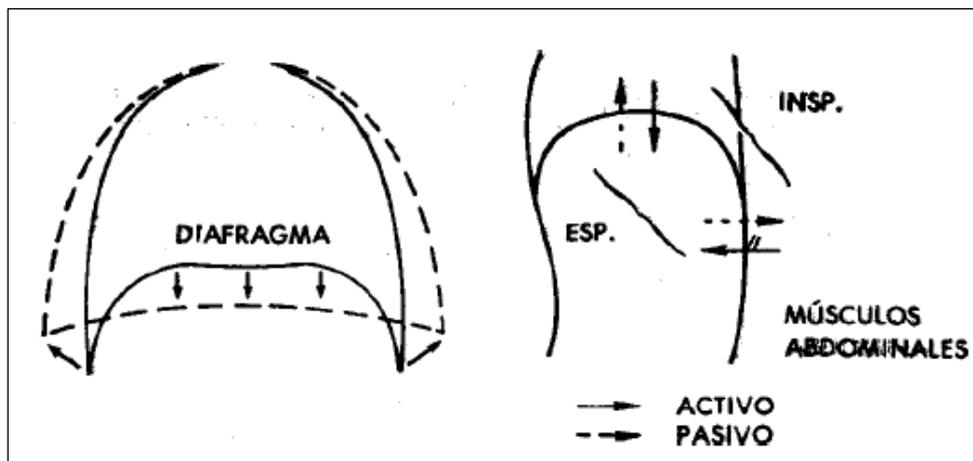
## 2.2 Mecánica de la respiración

### 2.2.1 Músculos respiratorios

La inspiración es un proceso activo donde participan músculos como el diafragma, intercostales externos, y músculos accesorios. Su contracción coordinada origina una caída en la presión intratorácica generando un flujo de aire desde el exterior hacia los alvéolos.

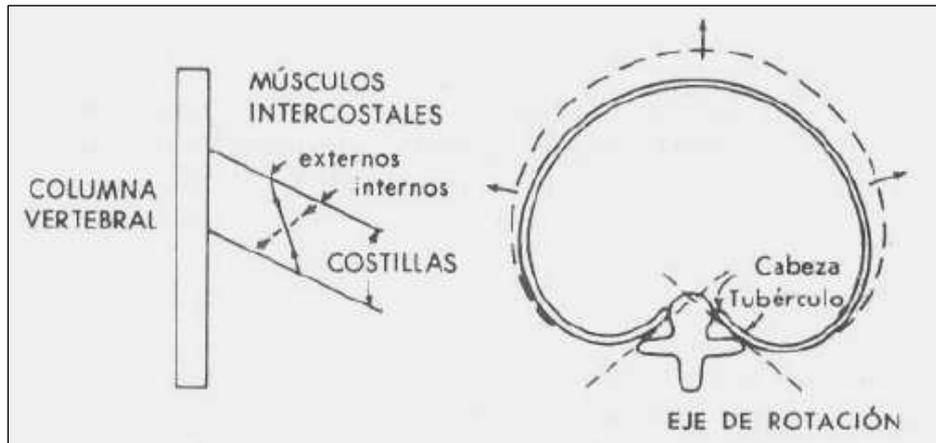
El diafragma es el principal músculo inspiratorio, que con forma de cúpula se inserta en las costillas inferiores, siendo innervado por el nervio frénico.

Su contracción desplaza hacia abajo y adelante el contenido abdominal con aumento del diámetro vertical de la caja torácica. Su desplazamiento no es mayor a 1cm en la respiración tranquila, llegando a un desplazamiento de 10cm en inspiración profunda.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Figura 2-11

Los intercostales externos al contraerse, traccionan las costillas hacia abajo y adelante (movimiento en mango de balde) con aumento del diámetro antero posterior del tórax.



Fuente: Terapéutica Respiratoria

Figura 2-12

Músculos accesorios de la inspiración: escaleno, esternocleidomastoideo, del ala de la nariz.

La espiración es normalmente un proceso pasivo, dado por la elasticidad del pulmón y pared torácica, que tienden a recuperar su posición de equilibrio.

La espiración activa, se pone en marcha ante la tos, el ejercicio, y diferentes situaciones patológicas como el bronco espasmo. Aquí actúan músculos como los intercostales internos que mueven las costillas hacia abajo y adentro, y principalmente los músculos de la pared abdominal, como los rectos, oblicuos mayor y menor, y transversos del abdomen que con su contracción aumentan la presión intra abdominal, desplazando el diafragma hacia arriba.

## CAPITULO IV

### GASES MEDICINALES

#### 3.1 Definición:

Entendemos por gas medicinal, el gas o mezcla de gases, destinados a entrar en contacto directo con el organismo humano o animal.

Son utilizados en terapia de inhalación, anestesia, diagnóstico como radiofármacos y diagnóstico "in vivo".

Los destinados a conservar o transportar órganos, tejidos y células destinadas al trasplante, siempre que estén en contacto con ellos.

#### 3.2. Características:

- Químicas: composición y su pureza.
- Físicas; presión, volumen, etc.
- Libre de agentes tóxicos y patogénicos.
- Libres de humedad y/o partículas.

#### 3.3 Tipos de Gases Medicinales

Tipo	Oxígeno	Aire	Hemioxido de Nitrógeno Protóxido de Nitrógeno Oxido Nitroso
<b>Símbolo</b>	O <sub>2</sub>	Mezcla de gases	N <sub>2</sub> O
<b>Composición</b>	99,0% - 99,8% de O <sub>2</sub>	21,4% de O <sub>2</sub> y 78,6% de N	
<b>Aplicaciones</b>	Oxigenoterapia Aerosolterapia Insuficiencia respiratoria (ARN) Anestesia	Aerosolterapia Insuficiencia respiratoria (ARN) Dispositivos neumáticos	Anestesia

Fuente: Instrumentación Quirúrgica Fuller Panamericana

### 3.4 Tipos de provisión y suministro

#### 3.4.1. Cilindros o Tubos

Recipientes especiales que permiten contener un volumen de gas medicinal a alta presión, es decir que el gas se encuentra comprimido dentro del contenedor.

Pueden ser de acero o aluminio, estos últimos son utilizados para el transporte de pacientes ambulatorios o en ambulancias.

En su parte superior tiene una etiqueta que indica sus características. Los gases medicinales más frecuentes son: oxígeno, aire y hemióxido de nitrógeno, además de la etiqueta mencionada, son fácilmente identificables por su color.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 3-1

Se observa en el extremo superior un protector de la válvula de cierre y del conector roscado de salida. Esta válvula permite la apertura o el cierre del gas, pero el control del flujo (cantidad) o de la presión (fuerza).

Dado que el tubo contiene gas a alta presión (100 a 200 kgf/cm<sup>2</sup>) se deberá insertar un instrumento que permita regular y controlar la presión o el flujo requerido a la salida. Este instrumento también contará con un manómetro que indicara la presión dentro del cilindro, permitiéndonos estimar la duración y el contenido, estos temas lo trataremos posteriormente.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 3-2

### 3.4.2. Tanques de gas líquido

Estos depósitos contienen gas medicinal en estado líquido a temperatura criogénica, a diferencia de los tubos que el gas está comprimido sin perder el estado gaseoso.

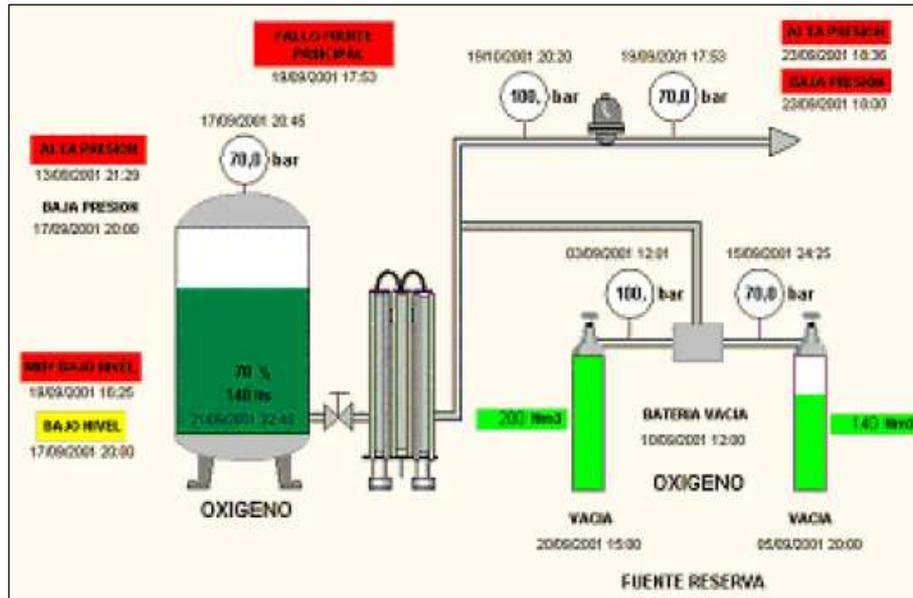
El oxígeno líquido es el más frecuente y utilizado en el área hospitalaria, dado que para grandes consumos se disminuyen notablemente los costos comparado con los tubos convencionales.

En hospitales con alto número de cirugías, también se observa la utilización de Hidróxido de nitrógeno líquido ( $N_2O$ ), en instalaciones centrales, para abastecer a los quirófanos.

Por otra parte en países avanzados, el aire medicinal se obtiene de la mezcla de oxígeno y nitrógeno, ambos en estado líquido.

Para la utilización de estos gases líquidos, se los deberá cambiar al estado gaseoso, para ello pasa por un evaporador y posteriormente se regula su presión para que sea compatible con la red de suministro.

Este tipo de instalación también tiene una batería de cilindros convencionales para casos de emergencias, eventuales fallas técnicas o de suministro.



Fuente: Instrumentación Quirúrgica

Figura 3-3

### 3.4.3. Generadores de oxígeno

Estos sistemas son plantas productoras de oxígeno dentro del mismo lugar y encontramos dos tipos:

Las de uso hospitalario que son capaces de producir altos caudales de oxígeno como para abastecer los requerimientos de todo el establecimiento. Son voluminosas, pero tienen la ventaja de no depender del suministro de oxígeno líquido o comprimido proveniente de una empresa de distribución, teniendo importancia en aquellos hospitales que se encuentren alejados y con problemas de abastecimiento.

El otro tipo son las de uso domiciliario, que son compactas pero no generan gran caudal de oxígeno (hasta 5 L/min).

### 3.4.4. Generadores de Aire comprimido

El principio de funcionamiento es un compresor, que accionado por un motor eléctrico, comprime el aire ambiente para llevarlo a los valores de presión requeridos.

El compresor tiene la particularidad que es libre de aceites que lubriquen el pistón, con el objeto de no contaminar el aire que fue comprimido.

Luego de comprimir el aire, se lo deberá secar para retirar toda humedad remanente y posteriormente pasará por filtros bacterianos, generalmente de carbón activado, para eliminar cualquier otro residuo (0,1 a 0,01 $\mu$ m).



Fuente: Fundamentos Enfermería Quirúrgica e Instrumentación

Figura 3-4

En instalaciones centrales este sistema de compresión se encuentra duplicado para facilitar su mantenimiento y asegurar el funcionamiento continuo. También es almacenado en un pulmón o reservorio y mediante un sistema controla la presión de la red asegurando el flujo y presión requerida.

### 3.4.5. Central de Vacío

Esta central consta de una bomba de vacío, accionada por un motor eléctrico, que le extrae el aire a un reservorio o pulmón que esta directamente conectado a la red de vacío. Al igual que en el caso anterior, este sistema se duplica para mejorar su confiabilidad.

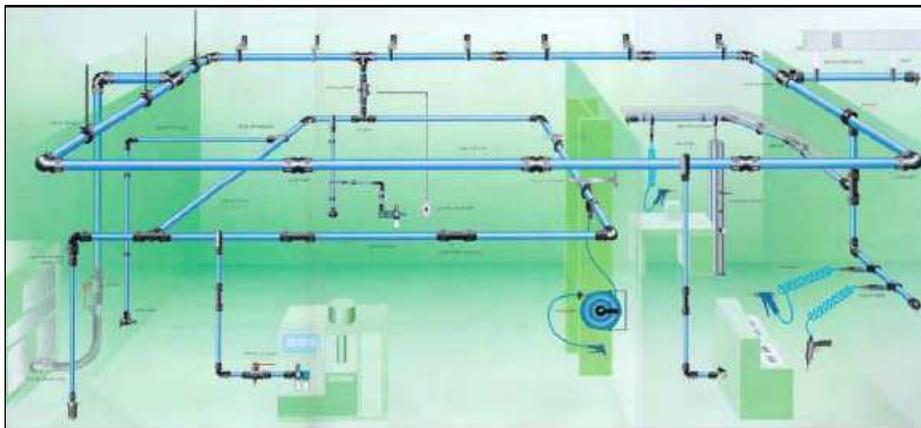
### 3.5. Instalaciones y Distribución Hospitalaria

#### 3.5.1. Red de distribución principal

Generalmente se piensa que es una simple red de tuberías que van desde en sistema de suministro de gases medicinales hasta las salas que requieran este servicio dentro del hospital, pero en realidad requiere de un diseño especial, dado que la caída de presión dependerá de la sección de las tuberías, del flujo y de la distancia.

Se deberá contemplar estas características para la selección de los reguladores de presión, que en buenas instalaciones encontramos varias etapas, uno principal cercano a la fuente de suministro y otros en cada sector.

Con referencia a la red de canalización en general son troncales, es decir que de una cañería principal se distribuye a las distintas salas. En la actualidad la tendencia es pensar en un circuito anular, que tiene la ventaja de poder alimentarse de cualquiera de sus lados y permitirá poder reparar un sector sin perder suministro en otros sectores.



Fuente: Manual de Procedimientos del Centro Quirúrgico, Tamasco

Figura 3-5

También deberá contar con una batería de tubos de gases, como sistema de seguridad por fallas en el suministro.

### 3.5.2. Paneles de cabecera y poliducto

El componente final en una instalación de gases medicinales, son los paneles de cabecera que se encuentran sobre las camas de áreas de cuidados intensivos o columnas en la sala de operaciones. Estos tienen la característica de permitir efectuar una interconexión de gases y eléctrica, entre la instalación y los equipos médicos, de manera sencilla y rápida. Para ello deberá contar con elementos confiables y simples de utilizar, y en particular los conectores de gases, deberán tener una válvula automática, que cierre el paso de gas cuando se retira la conexión.

También tendrá un diseño que permita accionar esta válvula y que la interconexión sea rápida, libre de pérdidas y que no requiera de ninguna herramienta para su fijación.

Por otra parte, al igual que en los cilindros de gases, los conectores tendrán una codificación con colores que identifique su contenido, esto se repetirá en los conectores de cabecera como en las mangueras de los equipos o cualquier instrumento que deba interconectar, pero así mismo para evitar errores, no se podrán intercambiar dado que diferencias mecánicas impiden una conexión errónea.

Algunas formas de identificación a los conectores, tubos y mangueras:

	<b>USA</b>	<b>ISO</b>
<b>Oxígeno</b>	Verde	Blanco
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Azul luminoso	Azul luminoso
<b>Aire</b>	Amarillo	Blanco y Negro
<b>Succión</b>	Blanco	Amarillo
<b>Nitrógeno</b>	Negro	Negro
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gris	Gris
<b>Helio</b>	Marrón	Marrón

Fuente: Instrumentación Quirúrgica Fuller Panamericana

Conectores rápidos más frecuentes de distintas normas o fabricantes:

	Schrader		DISS
	Oxequip		DISS hand nut
	Puritan-Bennett		Ohio
	AFNOR		Chemetron

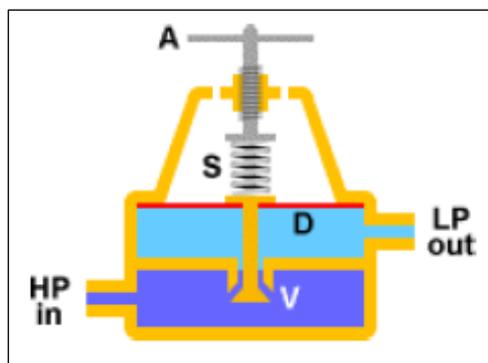
Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

### 3.6. Accesorios Utilizados

#### 3.6.1. Reguladores de presión

Este dispositivo cumple la función de regular la presión de salida, es decir que esta será independiente de las variaciones de presión de entrada, estabilizando así el suministro de gas.

En su cuerpo central, observamos una manija o perilla de comando (A) que permite ajustar al valor deseado de presión, generalmente entre 2 a 5 kgf/cm<sup>2</sup> y que al girarla en sentido horario, al contrario de lo que se piensa, la válvula se abre aumentando así la presión. Esto es debido a que en realidad se está comprimiendo el resorte (S) que indirectamente acciona el diafragma (D) y la válvula (V).



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 3-6

De esta forma una disminución de la presión de salida hace que el diafragma aumentara la apertura de la válvula estabilizando la presión.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

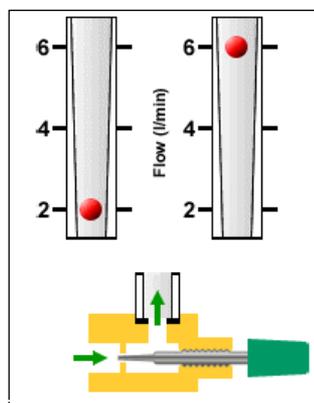
Figura 3-7

En la figura observamos dos modelos diferentes, el primero se utiliza en tubos y tiene la particularidad de tener dos manómetros. El manómetro mas próximo al cilindro me indicara la presión en el interior del mismo, estando esta relacionada con su contenido, el otro manómetro me indicara la presión de trabajo regulada con la perilla de comando, es decir la presión de salida suministrada al paciente o al dispositivo terapéutico.

La otra válvula reguladora es utilizada en instalaciones centrales para salas de cuidados críticos y quirófanos. Esta tiene la particularidad que solo tiene un manómetro para indicar la presión de salida, dado que la presión de entrada es la correspondiente a la red y es controlada desde la central. En general esta válvula reguladora se utiliza para adecuar los parámetros de la red a los requeridos por el respirador.

### 3.6.2. Reguladores de Flujo

Permiten regular el flujo, es decir el caudal de gas, para ello tienen perilla que acciona una válvula de paso que controlan el flujo de salida.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)  
Figura 3-8

Al abrir esta, se observa en el rotámetro o flujímetro, que el elemento indicador (esfera o cono) asciende hasta indicar en su escala graduada el valor ajustado.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

Figura 3-9

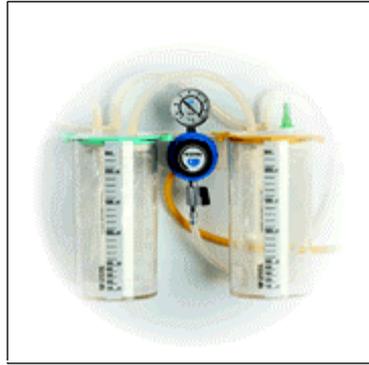
En la figura observamos dos tipos de dispositivos, el primero es apto para su uso con tubos de gas comprimido y tiene la particularidad de tener previamente una válvula reguladora de presión para estabilizar la presión del cilindro y evitar variaciones propias del consumo. El segundo es utilizado frecuentemente en instalaciones centrales de gases médicos. Se debe advertir, que en la actualidad, también se producen flujímetros de aguja y que tienen un aspecto similar a las reguladoras de presión que tratamos anteriormente. Es por esto que se recomienda observar la escala y las unidades del instrumento para poder identificar su función.

### 3.6.3. Reguladores de Vacío

La función principal es regular la presión de vacío y su principio de funcionamiento es similar a las válvulas reguladoras de presión vistas anteriormente.

Es importante el buen uso de estas, dado que limitando el vacío evito perder el poder de succión de la red y no quedarme sin el en puestos cercanos o camas adyacentes.

Este dispositivo estará acompañado de uno o dos frascos, que cumpliendo la función de trampas, impiden que los líquidos succionados ingresen a la red central.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 3-10

### 3.7 Valores frecuentes de uso médico

Rangos de Presión Utilizadas	
Vía aérea	-20 a 80 cmH <sub>2</sub> O
Presión en tubo lleno	100 200 Kgf/cm <sup>2</sup>
Presión en red central	4 a 8 kgf/cm <sup>2</sup>
Presión de vacío	-200 a 0 mmHg
Presión sanguínea	0 a 200 mmHg

Rangos de Presión U t

Rangos de Flujo Utilizadas		
<b>Adultos</b>	Máscara, aerosolterapia	2 a 15 L/min
	ARM Vol. Minuto	4 a 50 L/min
	ARM Flujo pico	hasta 180 L/min
<b>Neonatos</b>	Bigotera	0,5 a 4 L/min
	ARM	0 a 15 L/min

Fuente: Fundamentos Enfermería Quirúrgica e Instrumentación, M.Gandsas

### 3.8 Cálculo del consumo y duración de los gases

Este problema es de suma importancia cuando se esta dependiendo del suministro de gases por cilindros, dado que debemos prever que no falte el abastecimiento.

En cambio la estimación de consumos en instalaciones centrales de gases, es un tema que escapa de este curso, pues tiene por objeto el diseño de la instalación y no el buen uso.

Trataremos de estimar en forma aproximada este cálculo con el propósito de simplificarlo para su aplicación práctica. Todo surge los datos indicados en la etiqueta del cilindro, de las leyes de los gases y el consumo administrado al paciente.

Supongamos tener un cilindro grande de uso hospitalario, que en sus características observamos que contiene  $6\text{m}^3$  de gas (6000 litros) y que al conectarle la reguladora indica una presión de  $180\text{ kgf/cm}^2$  y por otra parte un cilindro para transporte de pacientes con el mismo valor de presión pero su volumen es de  $1\text{m}^3$  (1000 litros).

Notaremos que los volúmenes indicados no coinciden con el volumen del cilindro sino el volumen en condiciones normales de presión y temperatura (presión atmosférica y  $0^\circ\text{C}$  de temperatura). También es importante registrar el valor de presión del tubo antes de ser utilizado, esto nos indicara el contenido remanente en el cilindro luego de un tiempo de consumo.

Tipo	Volumen del gas		Volumen del cilindro aproximado en litros
	$\text{m}^3$	litros	
Hospitalario	6	6000	30
Transporte	1	1000	5

Fuente: Instrumentación Quirúrgica Fuller Panamericana

Por otra parte, con el dato del consumo en litros minuto, podremos calcular el tiempo de duración dividiendo los litros de volumen de gas por el flujo.

Tipo	Flujo L/min			
	3 L/min	6 L/min	9 L/min	12 L/min
Hospitalario	2000 min	1000 min	660 min	500 min
Transporte	330 min	160 min	110 min	83 min

Fuente: Instrumentación Quirúrgica Fuller Panamericana

Suponemos que estamos trabajando con un cilindro de uso hospitalario de 6000 litros y que tenía una presión de 180 kgf/cm<sup>2</sup> (completamente lleno), pero cuando requerimos usarlo nuevamente observamos que su presión es de 100 kgf/cm<sup>2</sup>.

Estimaremos el volumen de gas remanente de la siguiente forma:

$$V_{\text{remanente}} = \frac{V_{\text{inicial}} \times P_{\text{actual}}}{P_{\text{inicial}}} = \frac{6000 \times 100}{180} = 3330 \text{ litros}$$

Con este nuevo valor de volumen, estimaremos la duración según el flujo consumido, como en el ejemplo anterior.

Otro caso que se puede presentar es que el dispositivo que conectamos al cilindro, por ejemplo un respirador, no nos indique el flujo consumido sino los parámetros de ventilación. Este caso en particular se tratará oportunamente, pero como primera aproximación podremos estimar la duración del cilindro con una lectura sistemática del manómetro.

Como ejemplo, tendremos inicialmente que una presión de 180 kgf/cm<sup>2</sup>, correspondiente al cilindro completamente lleno, se comienza a utilizar el dispositivo teniendo la precaución de registrar los tiempos y las presiones.

Una posibilidad sería realizar una gráfica a escala, para así estimar la duración. Otra forma sería registrar por ejemplo el tiempo de demora para que la presión baje el 20%, es decir de 180 kgf/cm<sup>2</sup> a 144 kgf/cm<sup>2</sup>, suponemos que arroja un resultado de 35 minutos. Como el 20% entran 5 veces en el total, podremos multiplicar el tiempo medido por 5 para estimar la duración del cilindro, es decir que será de 175 minutos.

### **3.9. Seguridad, errores y riesgo**

Los gases medicinales son medicamentos y como tales debemos tener en cuenta la dosis, contraindicaciones, acción terapéutica y advertencias.

### **3.9.1. Medidas para disminuir el riesgo en el uso de gases:**

- En caso de incendios, cierre las fuentes de alimentación de gases y extinga el fuego de acuerdo a lo recomendado para los materiales involucrados.
- Los cilindros contienen gas comprimido a alta presión y por lo tanto deben ser manejados con cuidado.
- Evite arrastrar, deslizar o rolar los cilindros aún en cortas distancias. Utilice un carrito adecuado.
- Utilice un regulador para reducir la presión cuando se conecte a un sistema de baja presión y compruebe su buena instalación. Abra lentamente las válvulas.
- Asegure e inmovilice los cilindros cuando estén en el servicio.
- Nunca utilice llama para calentar los cilindros, ni los coloque cerca de fuentes de calor.
- Almacene los tubos en áreas con buena ventilación.
- No almacenar los cilindros en áreas de tráfico para prevenir la caída accidental el daño al caerse objetos en movimiento.
- Nunca lubrique las válvulas o capuchones.
- Separe los cilindros llenos de los vacíos.
- Las áreas de almacenamiento deben estar libres de materiales combustibles.
- Evitar la exposición en áreas donde están presentes sales y otros químicos corrosivos.
- Los cilindros de gases comprimidos sólo pueden ser llenados por proveedores calificados en gases comprimidos.

### **3.9.2. Medidas particulares para el uso de oxígeno:**

- El oxígeno no es inflamable, pero favorece y acelera violentamente la combustión de materiales inflamables.
- El fósforo y magnesio se incendiarían con el oxígeno a temperatura ambiente.
- Todos los materiales que son inflamables en aire, se quemarán con mayor violencia en presencia de oxígeno.

- Algunos materiales combustibles tales como grasas, aceites se quemarán con violenta explosión con el oxígeno.
- No almacene cilindros de oxígeno a menos de 6m. de distancia de materiales combustibles o inflamables, especialmente aceite o grasa.
- Ventilar el área para evaporar y dispersar el oxígeno. No entrar en áreas con alta concentración de oxígeno, puede saturar la ropa e incrementar su potencial inflamable.
- Evite fumar y el contacto con fuentes de ignición después de la exposición de oxígeno en concentraciones mayores a las presentes en el aire.
- La limpieza y la compatibilidad de materiales en contacto con oxígeno es esencial especialmente en las partes internas de sistemas de tuberías. Algunos elastómeros (O'rings, asientos de válvulas, etc.) no son compatibles con el oxígeno.
- El oxígeno no puede utilizarse como sustituto del aire comprimido.
- Si las concentraciones de oxígeno es superior que la del aire, utilice equipo para monitorear atmósferas ricas en oxígeno.

## CAPITULO IV

### MEZCLA DE GASES, HUMIDIFICACIÓN Y NEBULIZACIÓN

#### 4.1 Introducción

Es fundamental en la terapéutica respiratoria, que el suministro de gas entregado al paciente tenga la concentración adecuada de oxígeno, agua en fase gaseosa (vapor), y algún medicamento o droga que pueda ser dosificado y administrado por la vía aérea. Para ello tenemos que:

1. Mezclar los gases en forma y proporción adecuada.
2. Entregar la mezcla de gases con la humedad y temperatura requeridas fisiológicamente.
3. Agregar un medicamento al gas inspirado, para poderlo ingresar por vía aérea deberá ser en forma de pequeñísimas partículas (aerosol).

Estos tres procesos son los que se analizarán en este capítulo.

#### 4.2 Sistemas de mezcla de gases

##### 4.2.1. Fracción inspirada de oxígeno

En numerosas oportunidades se requiere aumentar la dosis de oxígeno administrada al paciente, ya sea por tratamientos de oxigenoterapia o de ventilación mecánica.

El aire ambiente tiene una concentración de oxígeno del 21% aproximadamente, si la presión atmosférica es de 760 mmHg podremos decir que la presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>) es de 159,6 mmHg, pero la PO<sub>2</sub> alveolar es menor. Un aumento de la PO<sub>2</sub> alveolar contribuye a la difusión de oxígeno por la membrana alveolar y aumenta la

presión parcial arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>). Es por esto que frecuentemente debemos enriquecer con oxígeno el gas inspirado y conocer la concentración administrada.

Para lograr este objetivo mezclaremos aire con oxígeno y el gas medicinal así obtenido tendrá una nueva concentración de oxígeno, la cual podrá variar en el rango del 21% al 100%, pero generalmente redefinimos este concepto como la fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>) y no lo expresamos porcentualmente.

El cálculo de la FiO<sub>2</sub> se realiza haciendo la relación entre el flujo de oxígeno total, es decir el de O<sub>2</sub> propiamente dicho mas el 21% del aire, y el flujo total, donde podemos expresarlo de la siguiente forma:

$$FiO_2 = \frac{\text{Flujo de O}_2 + 0.21 \times \text{Flujo de Aire}}{\text{Flujo de O}_2 + \text{Flujo de Aire}}$$

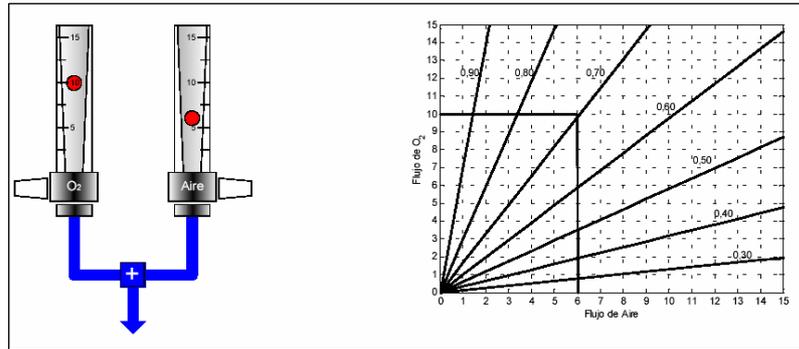
#### 4.2.2. Bajo Flujo

Una forma de mezclar aire con oxígeno es por medio de dos flujímetros, uno para cada gas, donde el flujo suministrado al paciente será la sumatoria de los flujos y la FiO<sub>2</sub> se deberá calcular como fue indicado en la formula anterior.

También se podrá efectuar esta estimación en forma grafica, en el ejemplo de la figura 4-1a tenemos un flujo de oxígeno de 10 L/min y uno de aire de 6 L/min, si trazamos una línea horizontal y una vertical respectivamente de los valores indicados, en el punto de intersección observamos que pasa la recta correspondiente a una FiO<sub>2</sub> de 0,7 y podemos comprobar con la fórmula anterior este resultado.

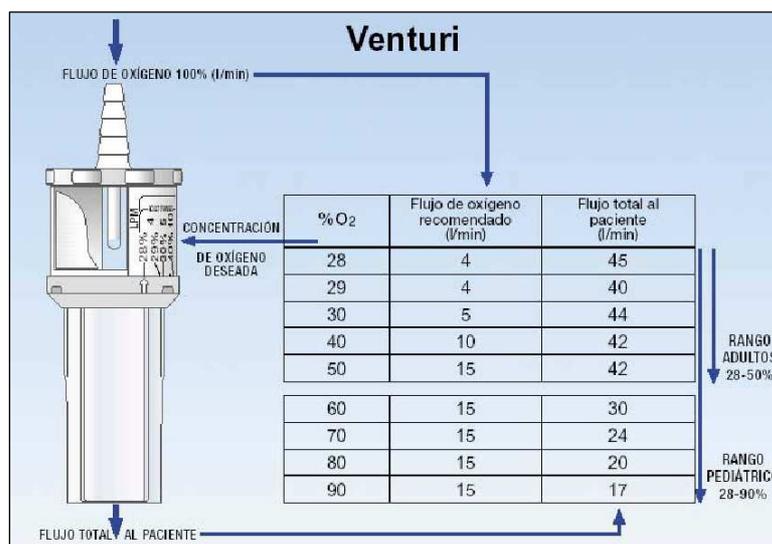
Otra forma de realizar esta mezcla, observada en algunos dispositivos, es utilizar el oxígeno como único gas y al pasar este por un Venturi toma aire ambiental formado la mezcla deseada. En estos casos en particular será importante respetar las indicaciones del fabricante para el flujo y presión requerida, dado que estos parámetros cambiarían la concentración y el flujo resultante Figura 4-1b.

También observamos que algunos de estos dispositivos tienen distintos orificios para el ingreso de aire ambiente y de acuerdo al seleccionado se podrá cambiar la concentración.



Fuente: Manual de Procedimientos del Centro

Figura 4-1a: Mezcla de gases con bajo flujo



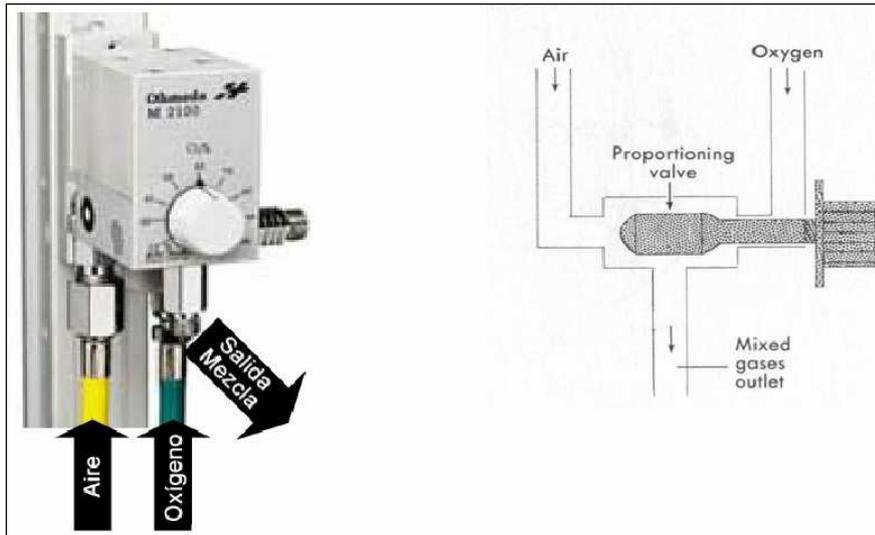
Fuente: Manual de Procedimientos del Centro Quirúrgico

Figura 4-1b: Mezcla de gases con bajo flujo (venturi)

### 4.2.3. Alto Flujo

Este dispositivo, comúnmente llamado ‘blender’ (término inglés cuyo significado es mezclador), permite realizar la mezcla de gases a alta presión (de 2,5 a 4,5 kgf/cm<sup>2</sup>) y suministrar el flujo que el respirador demande, asegurando una FiO<sub>2</sub> estable e independiente de las variaciones de flujo (Ver figura)

Para que el mezclador funcione correctamente debemos suministrarle presiones similares de aire y O<sub>2</sub>, si alguna de ellas está fuera del rango admisible sonará un silbato de alarma.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 4-2: Mezclador (Blender)

### Características

Exactitud	$\pm 3\%$
Presión de Entrada	30 - 75 PSI o 2,1 - 5,3 kg/cm <sup>2</sup>
Activación de la alarma audible	Con diferencia Superior a 20 $\pm 2$ PSI
Rango de Flujo	2 – 140 L/min

### 4.3 Humidificación

Este proceso es el de aumentar la concentración de vapor de agua a un gas, para eso primero definamos algunos conceptos básicos.

#### Humedad:

La humedad es la cantidad de agua en fase gaseosa (vapor) que existe en un gas determinado (por ejemplo aire).

#### Humedad absoluta:

Es la masa de vapor de agua por litro de gas, y se expresa en mg/l o g/m<sup>3</sup>.

$$1 \text{ mg l} = 1 \text{ g m}^3 \text{ (2)}$$

**Capacidad máxima:**

Es la máxima cantidad de vapor que puede contener un volumen dado de gas a una temperatura y presión correspondiente; cuando más temperatura tenga el gas, a presión constante, más vapor puede contener.

Los gases a capacidad máxima se los suele llamar saturados. Si baja la temperatura de un gas completamente saturado, al que le corresponderá un nuevo punto de saturación, una parte de masa del agua se condensará en forma líquida.

Por ejemplo a 37 °C, la capacidad máxima del aire es de 44 mg/l

**Humedad relativa (HR):**

Es la relación de la humedad absoluta con respecto a la capacidad máxima. Típicamente la HR se expresa como porcentaje.

$$HR(\%) = \frac{\text{humedad absoluta}}{\text{capacidad máxima}} \times 100$$

Observamos en el cuadro los valores típicos de humedad y temperatura

	<b>Gases médicos</b>	<b>Aire ambiente Típico</b>	<b>Pulmones</b>
<b>Temperatura</b>	15 °C (59 °F)	20 °C (68 °F)	37 °C (99 °F)
<b>Humedad Relativa</b>	2%	50%	100%
<b>Humedad Absoluta</b>	0,5 mg/l	12 mg/l	44mg/l

Las vías aéreas superiores le agregan calor y humedad al aire inspirado y esto no es otra cosa que energía. La idea es que este gasto energético no lo realice el paciente, dado que se encuentra en condiciones críticas y si se tratase de un neonato esto se reflejaría en una pérdida de calor y dificultad en la regulación de la temperatura.

Por otra parte debemos tener en cuenta que el sistema de transporte mucociliar despeja la vía aérea de contaminantes y secreciones, actuando como mecanismo de defensa.

Una mala humidificación impide este mecanismo porque hace más lento el aclaramiento mucociliar.

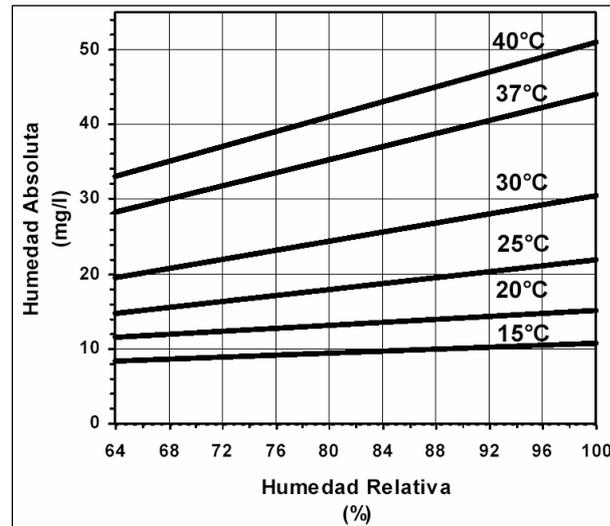
También es importante comparar las dimensiones de virus y bacterias con una partícula de agua líquida y vapor. Esto será relevante en la prevención de infecciones.

### **Tipos de Humidificadores**

Los humidificadores son los aparatos o elementos que se encargan de incrementar la humedad al gas a suministrar al paciente. También, en general, estos se encargan de aumentar la temperatura a valores fisiológicos.

En el mercado podemos encontrar humidificadores de diversas tecnologías, y cada una de ellas tiene cosas en contra y a favor, y su elección depende en cada caso de las condiciones del paciente y de la relación costo/prestación del elemento. Algunas de las tecnologías en humidificadores más difundidas actualmente son:

- Pasivos
- Fluido dinámicos (Jet)
- Ultrasónicos
- Térmicos
- Combinados (Pasivo + Térmico)



www.bioingenieros.com

### 4.3.1 Humidificador Pasivo

El humidificador pasivo está compuesto por una membrana higroscópica tratada con cloruro de calcio, que atrapa la humedad y mantiene la temperatura del gas espirado por el paciente, y la devuelve en cada inspiración. Es importante recalcar que este tipo de humidificador es descartable, ya que envejece con el uso, aumentando considerablemente la resistencia en la vía aérea. La duración deberá ser especificada por el fabricante, y el tiempo de uso típico es menor a las 24 horas.

También podemos encontrar este tipo de humidificadores combinado con un filtro antibacteriano.



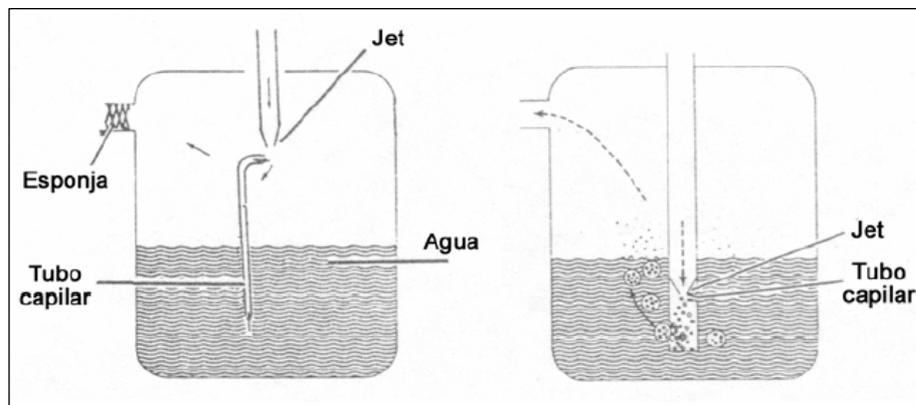
Fuente: www.bioingenieros.com

Figura 4-3 Humidificador pasivo

### 4.3.2 Humidificador Fluido dinámico

Este tipo de humidificadores utiliza el principio de Bernoulli. Al aplicar un flujo rápido de aire (jet) aparece una subpresión en la boca del capilar, de esta forma el agua se ve arrastrada por el jet, y se genera un aerosol. Las pequeñísimas partículas generadas (de algunos micrones) se evaporarán, y las más grandes vuelven al seno del líquido por gravitación, aumentando así la concentración de vapor en el gas.

También se puede lograr el mismo fenómeno, burbujeando el gas en el interior del seno del líquido.

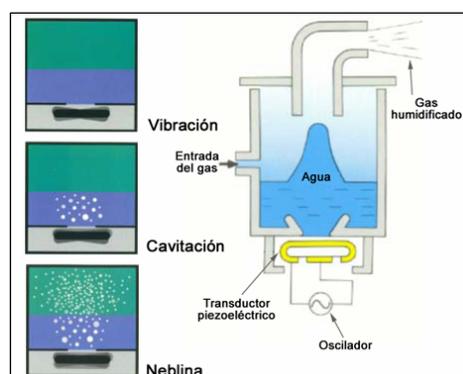


Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 4-4 Humidificación fluido dinámica

### 4.3.3. Humidificador Ultrasónico

El humidificador Ultrasónico se basa en un transductor piezoeléctrico excitado por un oscilador electrónico a unos 1,35 MHz. Esta oscilación hace que vibre el cristal piezoeléctrico, lo que produce el efecto de cavitación en el seno del líquido, generando así la neblina deseada.



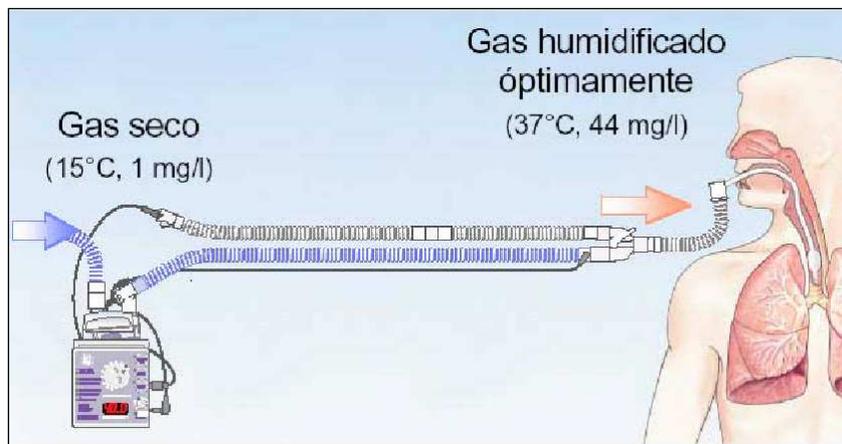
Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 4- Humidificador ultrasónico

#### 4.3.4 Humidificador térmico

Este humidificador funciona calentando el agua en un receptáculo cerrado y haciendo circular el gas sobre una gran superficie mojada para maximizar el arrastre de vapor. Es importante mencionar que se deberá utilizar agua destilada de uso médico para el llenado de la cámara, mantener condiciones de higiene en su armado y manipulación y evitar cualquier contaminación.

Encontramos varios tipos de humidificador térmico, pero el más apropiado para su utilización con respirador son aquellos que tienen la temperatura controlada mediante un sistema regulador. Esto permite asegurar una temperatura constante independiente de los cambios en los parámetros del respirador, principalmente flujo y también cuentan con un sistema de calefacción de la rama inspiratoria para evitar la condensación de agua en la misma.

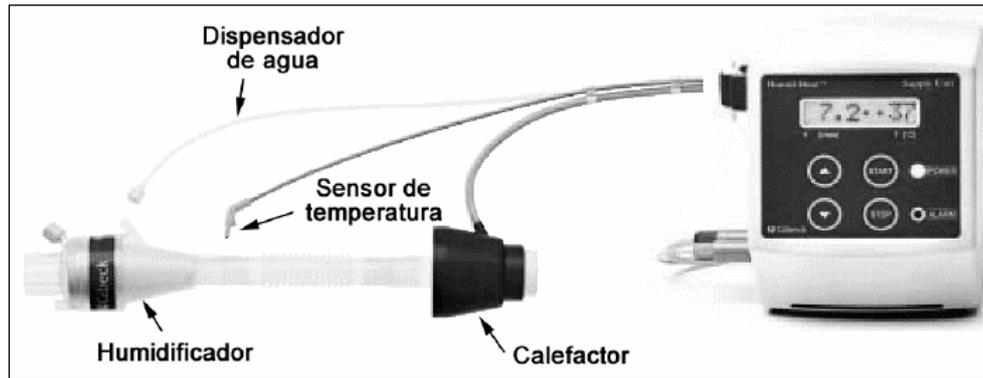


Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 4-6 Humidificador térmico

#### 4.3.5. Humidificador combinado

Este tipo de humidificador mantiene la constancia térmica y la humedad de saturación óptima, aprovechando la retención de humedad y temperatura del sistema pasivo, solo proveyendo la cantidad de agua y calor necesarios para las condiciones alveolares, eliminando trampas de agua y el alambre caliente en las tubuladuras.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Figura 4-7 Humidificador combinado

#### 4.4 Nebulización

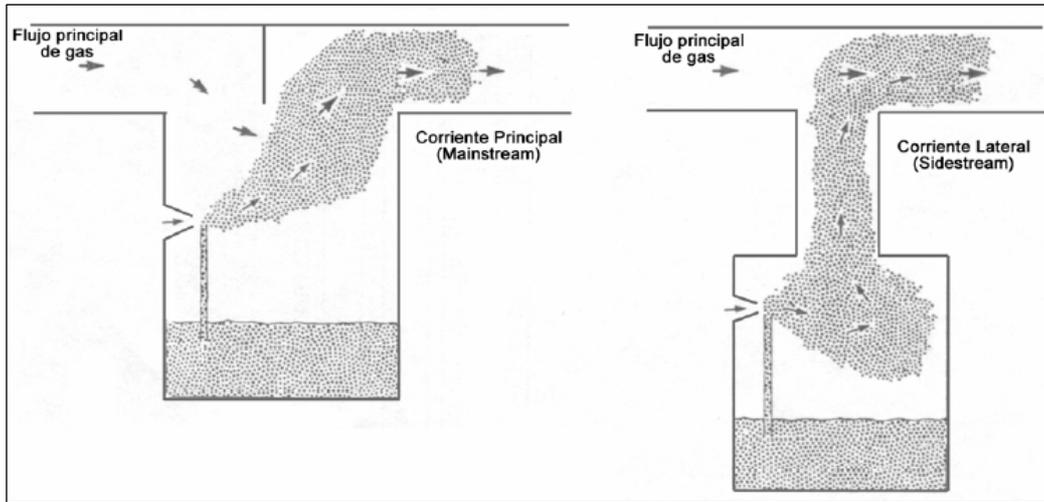
Este proceso es el de agregar una dosis de un medicamento líquido o sólido, en forma de pequeñas partículas, al flujo del gas suministrado a un paciente. Es muy importante el tamaño de las partículas del medicamento, para que estas se depositen en el lugar deseado para su administración.

En el mercado podemos encontrar nebulizadores de diversas tecnologías, las más difundidas actualmente son:

- Fluido dinámicos
- Ultrasónicos

##### 4.4.1 Nebulizador Fluido dinámico

En principio es equivalente al humidificador. En este caso se genera la atomización del líquido por una inyección de gas de alta velocidad (jet), y este se arrastra con el flujo principal de gas. Existen dos variantes de arrastre, por corriente principal (mainstream) y por corriente lateral (sidestream).

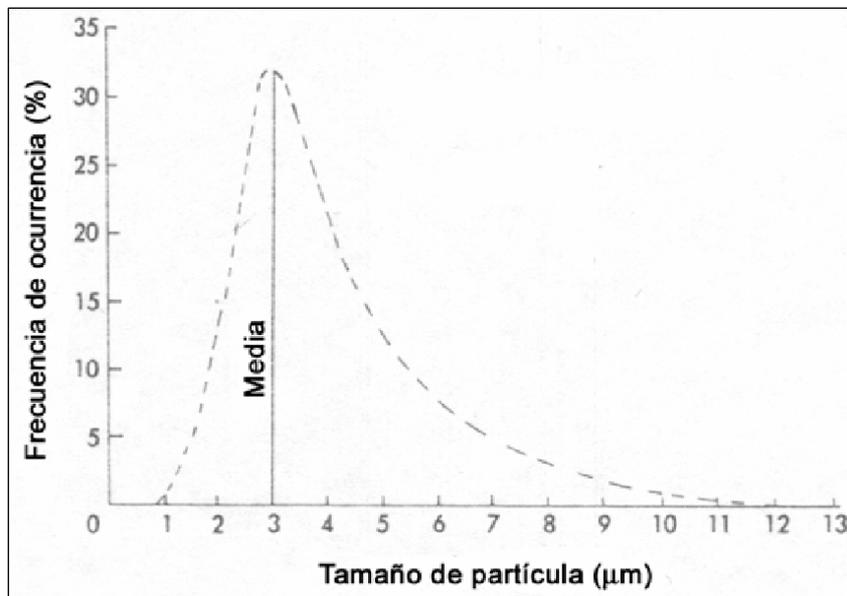


Fuente: www.lungusa.org

Figura 4-8

#### 4.4.2. Nebulizador Ultrasónico

Nuevamente nos encontramos con un principio equivalente al del humidificador, pero aquí haremos hincapié en el tamaño de las partículas de aerosol; podemos ver en el gráfico la distribución estadística de partículas de aerosol, obteniéndose una elevada proporción en 3 a.m., logrando un buen rendimiento de generación para su medicación.



Fuente: www.lungusa.org

Fig. 4-9 Distribución estadística del tamaño de partícula de aerosol

## CAPITULO V

### MANEJO DE LA VÍA AÉREA

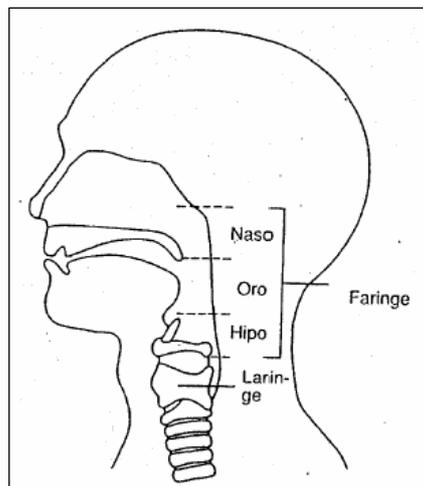
La propiedad más importante en el manejo de la vía aérea es proporcionar una ventilación adecuada, mejorando el intercambio gaseoso.

Cuando los pacientes se presentan con problemas en la vía aérea, la clave para un manejo exitoso es la identificación del problema y la intervención inmediata.

El método de elección para el mantenimiento de la vía aérea permeable depende de:

- 1) Naturaleza de la obstrucción.
- 2) Estado hemodinámica del paciente.
- 3) Disponibilidad de accesorios y equipamiento.
- 4) Presencia de lesiones faciales.
- 5) Presencia de lesiones de la columna cervical.

#### 5.1 Reseña anatómica de la vía aérea superior



Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-1

### 5.1.1 Colocación de la vía aérea orofaríngea (tubo de Mayo)

La vía aérea oral (tubo de Mayo) habitualmente esta compuesta de una sólida pieza curva de plástico.

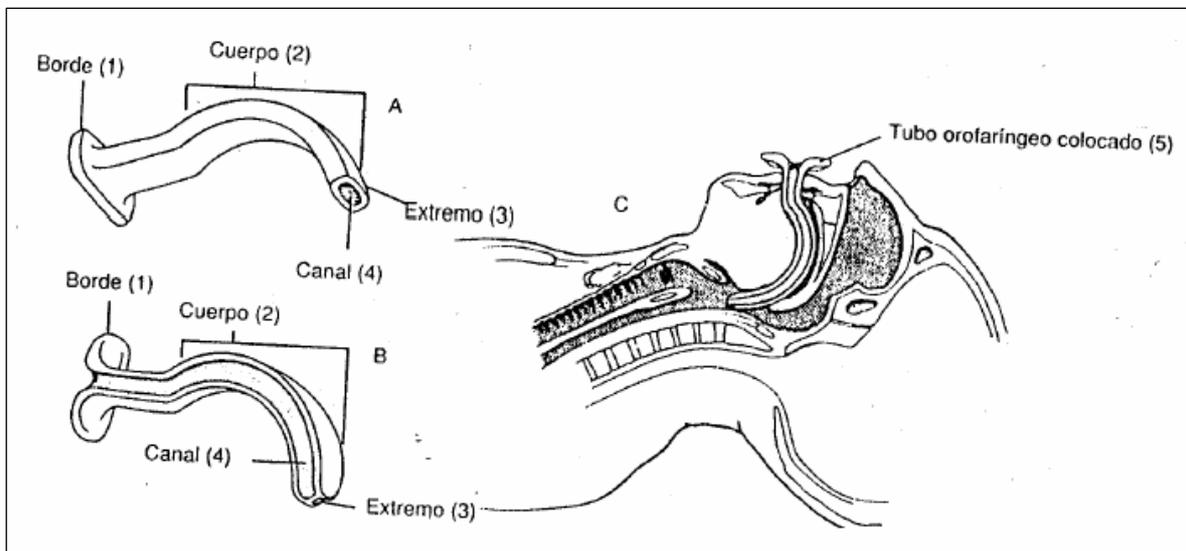
El tubo de Mayo se coloca a través de la boca abierta, con el extremo posterior apoyado en la faringe del paciente. El tubo de Mayo se ubica sobre la lengua.

Su curvatura o cuerpo desplaza la lengua hacia adelante desde la pared posterior faríngea, que es un sitio común de obstrucción de la vía aérea.

El tubo de Mayo facilita la aspiración de la faringe y evita que el paciente se muerda la lengua, rechine los dientes u obstruya su tubo endotraqueal u orogastrico.

El canal permite el pasaje de una sonda de aspiración a través del núcleo central.

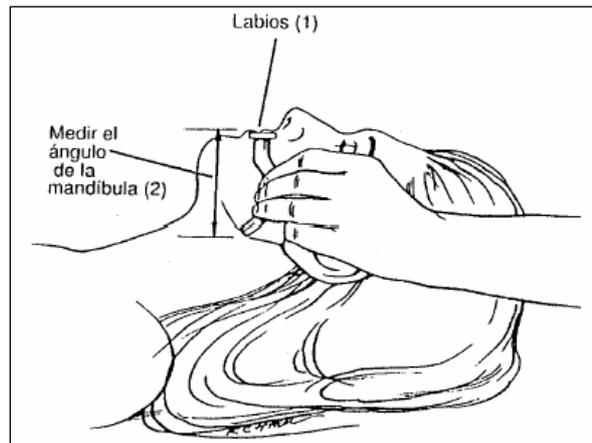
El tubo de Mayo se fabrica en una variedad de largos y anchos para adultos, niños y lactantes.



Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-2

El método usado para seleccionar el tamaño del tubo de Mayo es medir la vía colocando el reborde al costado de los labios del paciente y el extremo al costado del ángulo de la mandíbula.



Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-3

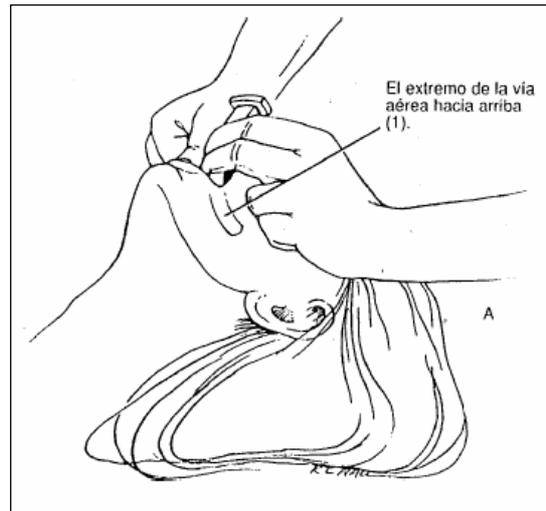
La elección de un tubo de Mayo de tamaño inadecuado puede causar obstrucción si es demasiado pequeño y desplazamiento de la lengua contra la orofaringe si es demasiado grande.

### 5.1.2 Fundamento para su uso

- La relajación de la lengua, origina su caída hacia atrás provocando un bloqueo parcial o total de la vía aérea superior.
- La acumulación de moco, sangre, liquido gástrico, u objetos sólidos disminuyen el flujo gaseoso hacia la vía aérea inferior
- El espesamiento de las secreciones se produce por la inhalación de gases no humidificados o con una ingesta de líquidos insuficientes.
- Todo esto lleva a un incremento del trabajo respiratorio.
- Las vías aéreas despejadas permiten un mejor intercambio gaseoso.
- Signos y síntomas de obstrucción de vía aérea: estridor, respiración jadeante y ronquidos; taquicardia, bradicardia o pulso irregular, diaforesis; cianosis perioral, ruidos respiratorios disminuidos o ausentes, exceso de moco, gorgoteo en el ciclo respiratorio, disnea, evidencias físicas de vómitos en la boca, hipoxemia ( $PaO_2$  menor de 60 mmHg.), respiraciones poco profundas, retracciones intercostales y supraesternal, etc.

### 5.1.3 Procedimiento para la colocación

- 1) Lavarse las manos; colocarse guantes estériles, Reduce la transmisión de microorganismos.
- 2) Colocar el tubo de mayo con el extremo curvado hacia arriba. Previene el desplazamiento de la lengua

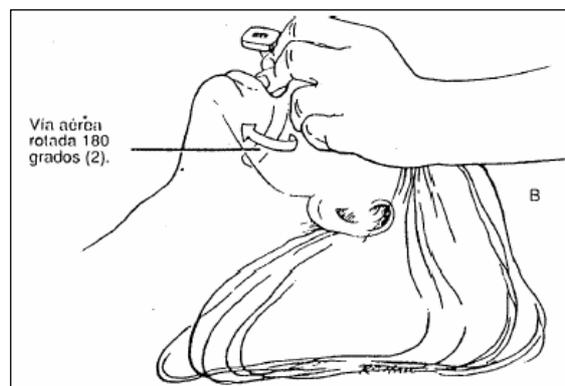


Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-4

- 3) Rotar el extremo orientándolo hacia abajo.

Vía aérea abierta desde la boca hasta la faringe. Si el tubo es adecuado, el reborde debe estar apoyado sobre los labios del paciente, las arcadas pueden indicar que el tubo es largo.



Fuente: Fisiología Respiratoria Figura 5-5

**4) Asegurar el tubo.**

Asegurar con cinta adhesiva o tela hipoalergénica

Aplicar vaselina o Bálsamo sobre los labios.

**5) Aspirar secreciones si es necesario****6) Reevaluar el estado respiratorio del paciente.****7) Descartar los guantes y lavarse las manos.****8) Cambiar la posición cada 1 o 2 horas.**

La presión del reborde sobre los labios produce úlceras o necrosis.

**9) Higiene Bucal cada 4 u 8 horas según necesidad.**

Previene infecciones y oclusiones de las vías aéreas.

**10) Retirar el tubo cada 24 horas, limpiarlo y reinsertarlo.**

Permite la inspección de la cavidad bucal y posibilita la higiene oral completa.

**5.2 Aspiración Orofaringea y Nasofaringea**

La aspiración orofaringea y nasofaringea esta indicada en pacientes que no pueden movilizar las secreciones en las vías aéreas superiores.(cavidad nasal, faringe y laringe), con el objetivo de eliminar su exceso, prevenir la aspiración pulmonar y estimular el reflejo de la tos.

Siempre: aspirar la faringe antes de la desinsuflación del manguito del tubo endotraqueal y de la cánula de traqueotomía.

**5.2.1 Consideraciones técnicas. Observación durante la aspiración**

Técnica	Fundamentos
1) Aspirar si es necesario 2) La duración de la aspiración debe ser menor a 15” 3) Oxigenar antes de cada aspiración 4) Aspirar en forma intermitente al retirar la sonda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las inspiraciones innecesarias pueden causar traumatismo de la vía aérea y un incremento del riesgo.</li> <li>• Disminuye la incidencia de hipoxemia severa.</li> <li>• Entrar aspirando aumenta el riesgo de pánico, traumatismo e hipoxemia.</li> </ul>

### 5.3 Intubación endotraqueal

Procedimiento habitual en las Unidades de Cuidados Intensivos

Es tolerado sin secuelas por el término de hasta 3 semanas.

Si la ruta de intubación es a través de la boca, se la llama intubación orotraqueal.

Si la ruta de intubación es a través de la nariz, se llama intubación nasotraqueal.

El tipo de tubo endotraqueal más ampliamente usado es el PVC o de goma siliconada, que es descartable.

El extremo proximal del tubo tiene un adaptador estándar de 15mm, que conecta el tubo endotraqueal a la bolsa de reanimación, tubo en T, al respirador o a otro dispositivo de respiración.

Las marcas de profundidad, por lo general en centímetros, ayudan a calibrar y mantener la posición del tubo, este tiene una línea radio opaca que sirve para procedimientos radiográficos.

El bisel es la abertura existente en el extremo distal del tubo.

El manguito es un globo insuflable en el extremo distal del tubo. Al ser insuflable con el aire, este hace presión contra las paredes traqueales para evitar la pérdida de aire de los pulmones y la aspiración desde el estómago y la vía aérea superior.

El globo piloto señala la presencia de aire en el manguito. Es útil para determinar si el sistema de insuflado está intacto o no.

A través de una válvula se inyecta el aire con una jeringa.

Una regla rápida y práctica para seleccionar el tamaño del tubo es con el diámetro exterior que coincida con el diámetro del dedo meñique del paciente.

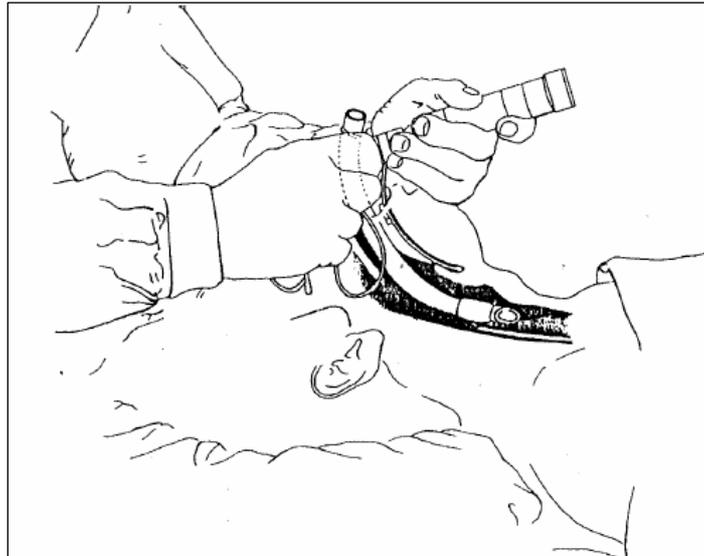
#### 5.3.1 Objetivos de la intubación

**Establecer** y mantener una vía aérea permeable.

**Facilitar** la eliminación de secreciones

**Evitar** la aspiración del contenido de vía aérea superior y gástrica

**Proporcionar** una vía para el sostén respiratorio mecánico



Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-7 Maniobra de intubación orotraqueal

### **5.3.2 Contraindicaciones**

Lesiones faciales

Lesiones traqueales graves

### **5.3.3 Alternativas ante una intubación difícil**

Ventilación con máscara - ambú

Cambio de rama (recta o curva)

Máscara laríngea

Cricotiroidotomía

Intubación bajo fibroscopía

### **5.3.4 Guía aproximada del tamaño de los tubos endotraqueales**

Edad Tamaño

16 años (adultos pequeños) 7,0mm

Adultos de contextura mediana 8-8,5mm

Adultos de contextura grande 8,5-9mm

Adultos de contextura muy grande 9-11,5mm

### **5.3.5 Cuidados del tubo endotraqueal**

Debe prestarse especial atención a secreciones excesivas, tubo pinzado, áreas de presión en la nariz o ángulos de la boca, lazos sueltos o sucios y el desplazamiento del tubo

## **5.4 Ventajas y desventajas de la intubación oro y nasotraqueal**

### **5.4.1 Intubación orotraqueal**

#### **Ventajas:**

- En general es más fácil y rápida de realizar.
- Evita las complicaciones nasales y paranasales asociadas con la intubación nasal.
- Permite el pasaje de tubo de mayor diámetro, facilitando el manejo de las secreciones y el pasaje de un fibrobroncoscopio.

#### **Desventajas:**

- Es menos estable y cómodo para el paciente. Puede ser necesaria una mayor supervisión de enfermería para prevenir los accidentes de extubación.
- Limita al acceso a la boca para la higiene orofaríngea.
- Puede estimular un incremento de la salivación, lo que contribuye a la acumulación de secreciones en el manguito.

### **5.4.2 Intubación nasotraqueal**

#### **Ventajas:**

- El tubo nasal causa menos incomodidad y ansiedad que el tubo orotraqueal.
- Deja la boca más accesible para la higiene orofaríngea.

- Por lo general el paciente muestra menos complicaciones orales y menos molestias
- La posición estable del tubo permite una mayor actividad de parte del paciente con un riesgo menor de extubación accidental.
- Permite tragado mínimo de secreciones y la comunicación por medio de los labios.

**Desventajas:**

- Es más dificultosa de realizar que la intubación orofaríngea.
- Puede provocar hemorragia nasal durante la inserción y secreción nasal purulenta sinusitis después de varios días.
- Uso de tubos de diámetro menor, con incremento de la resistencia de la vía aérea y acumulación de secreciones.

**5.5 Aspiración por tubo endotraqueal o cánula de traqueotomía**

La aspiración del tubo o cánula se realiza pasando una sonda estéril hacia la tráquea o parte proximal de los bronquios, con el objeto de remover secreciones acumuladas. Estas vías aéreas artificiales aumentan la formación de moco en el árbol traqueobronquial.

Las secreciones acumuladas aumentan las posibilidades de hipoxemia, obstrucción e infección.

Es importante seguir estrictamente los principios de aspiración para reducir los efectos adversos que esta maniobra implica.

Debe considerarse además que la hidratación sistémica, la humidificación del aire inspirado y el lavado del tubo con solución fisiológica, facilita la aspiración al disminuir la viscosidad de las secreciones. El drenaje postural moviliza las secreciones hacia zonas accesibles para la aspiración. La hiperoxigenación, sea con bolsa o respirador

mecánico, permite que la aspiración se realice de manera segura, evitando bajos niveles de oxígeno arterial.

### **5.5.1 Técnica de aspiración**

#### **1- Lavarse las manos**

Acción fundamental en la reducción de transmisión de microorganismos

#### **2- Preparación del sistema de aspiración a una presión negativa apropiada**

Un exceso de presión negativa puede provocar hipoxia y lesión de la mucosa traqueal

#### **3- Preparación de una sonda de aspiración estéril y su solución de lavado**

Se utiliza habitualmente solución fisiológica como solución de lavado

#### **4- Colocarse guantes estériles**

#### **5- Verificar el correcto funcionamiento del equipo y conexiones**

Se verifica aspirando una pequeña cantidad de solución de lavado

#### **6- Mantener en todo momento la esterilidad de la sonda de aspiración**

#### **7- Dividir la tarea en mano dominante y no dominante**

La mano no dominante no debe entrar nunca en contacto con la sonda de aspiración

#### **8- Hiperoxigenar con 3 a 6 hiperventilaciones**

Esta maniobra contrarresta la pérdida de volumen y O<sub>2</sub> por la sonda de aspiración y por el cese de la ventilación mecánica. Utilizar O<sub>2</sub> al 100% y un volumen igual a 1,5 veces el volumen corriente, en número de 3 a 6 respiraciones.

#### **9- Desconexión de la ARM**

Prevenir el desplazamiento y la extubación accidental

#### **10- Introducir la sonda de aspiración con la mano dominante**

Introducción rápida hasta llegar a un tope, luego retirar 1 cm.

En caso de ARM con PEEP debe utilizarse un adaptador (método de aspiración de sistema cerrado)

De ser necesario instile 3 ml de solución fisiológica estéril dentro de la vía aérea

**11- Aspiración propiamente dicha**

Aplicar aspiraciones intermitentes (no más de 5 segundos en forma continua) y rotar la sonda entre los dedos pulgar e índice (lo que previene lesiones de la mucosa traqueal) a medida que se retira la sonda.

Tiempo total de aspiración no mayor de 15 segundos

**12- Reconexión a la ARM, repitiendo hiperoxigenación con hiperventilación**

**13- Lavado de la sonda con la solución de lavado para despejar secreciones**

**14- Monitoreo del estado cardiopulmonar del paciente**

Búsqueda de signos de hipoxemia: arritmias cianosis, ansiedad, broncoespasmo, saturación, etc.

**15- Repetición de las maniobras en búsqueda de limpiar las secreciones de la vía aérea inferior**

**16- Aspiración de secreciones de naso y orofaringe**

No debe reintroducirse la sonda de aspiración dentro del tubo endotraqueal o de la cánula de traqueostomía, luego de la aspiración de la vía aérea superior

**17- Desechar guantes, solución de lavado y sonda de aspiración**

**18- Lavarse las manos**

**19- Cambio de tubuladuras de conexión de aspiración cada 24 hs.**

Los conceptos básicos a tener en cuenta en toda aspiración son los riesgos, entre otros, de hipoxemia, infección, reflejos vágales y lesión de la mucosa traqueobronquial.

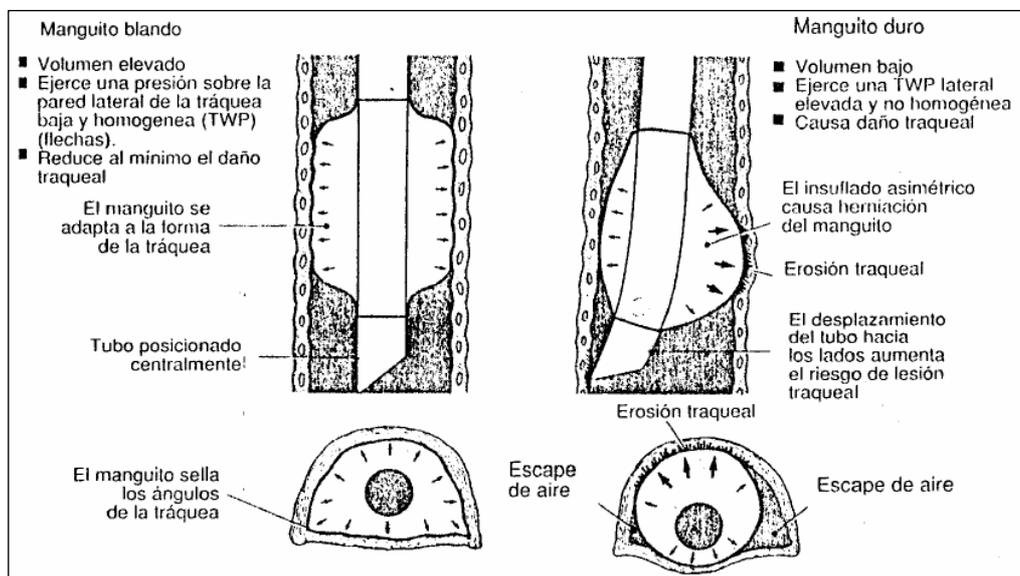
## 5.6 Cuidado del manguito del tubo endotraqueal

El manguito es el balón insuflable que rodea el extremo distal del tubocendotraqueal. Al insuflarlo, éste genera presión sobre la pared traqueal, que impide la salida de aire desde el pulmón y evita la aspiración de secreciones a la vía aérea inferior.

En la actualidad se utilizan manguitos de volumen elevado y presión baja. Estos requieren menos presión de llenado para sellar la vía aérea, con gran superficie de contacto con la pared traqueal, distribuyendo así la presión sobre un área mayor. En general, estos sellan con una presión entre 14 y 20 mmHg., lo que previene la isquemia de la mucosa y la aspiración.

Las presiones del manguito mayores a 25 mmHg. sobrepasan la presión de perfusión capilar traqueal con disminución del flujo sanguíneo de la mucosa.

Los efectos adversos de la insuflación incluyen: estenosis traqueal, necrosis, fístula traqueoesofágica y traqueomalacia.



Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-8

El sellado inadecuado del manguito origina un escape de aire audible a distancia, si es de gran volumen, o con la auscultación de la laringe si es menor, siendo ésta una causa de desadaptación a la ARM por pérdida de volumen inspiratorio.

Estados de hipotensión, hipoxemia, desnutrición, mala perfusión, facilitan la isquemia de la mucosa.

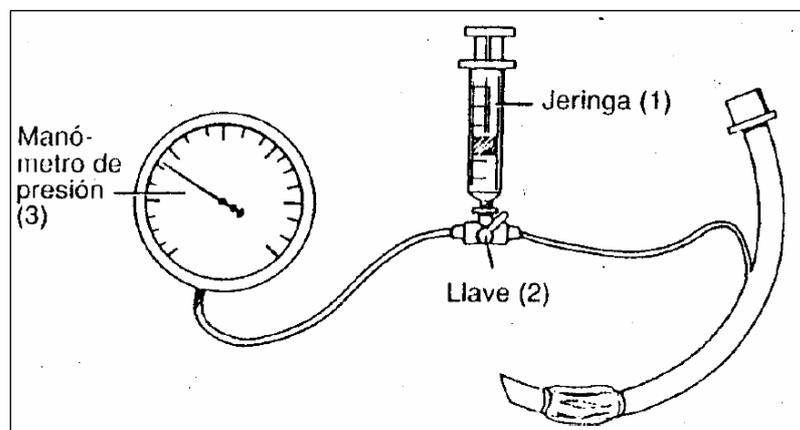
Toda vez que se trabaje sobre el manguito ( insuflación, desinflación) debe aspirarse la faringe para reducir la incidencia de microaspiraciones a la vía aérea inferior, y esta sonda no debe ser utilizada para la aspiración endotraqueal.

### 5.6.1 Medición de presión del manguito. Técnica

1. Lavarse las manos
2. Conectar un manómetro de presión a una llave de 3 vías
3. Conectar la llave de 3 vías a la válvula de insuflación del manguito
4. Inyectar aire con una jeringa de 10 cc hasta una presión de 14 a 20 mmHg
5. Cerrar la llave de 3 vías y retirarla
6. Lavarse las manos

Un problema que puede presentarse es una válvula de insuflación defectuosa, con pérdida de presión en el manguito y pérdida de aire a través de este.

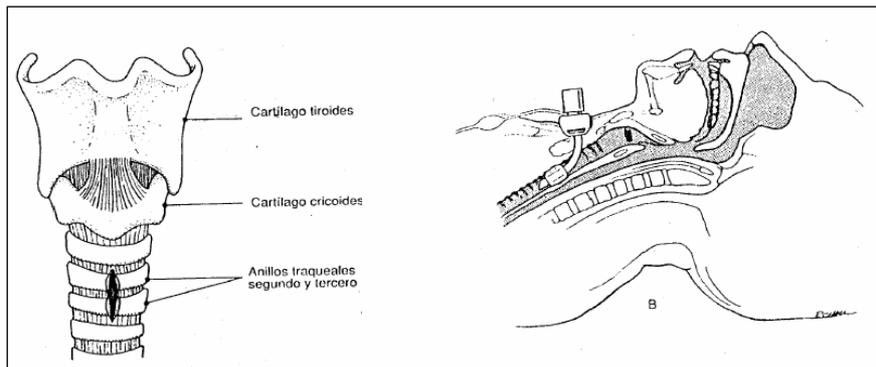
Corresponde en este caso insuflar el manguito, clampear la vía de insuflación distal al balón, lo que permite mantener el aire en el manguito temporalmente hasta su resolución definitiva (cambio de tubo)



## 5.7 Traqueotomía

El termino traqueotomía hace referencia a una incisión hecha debajo del cartílago cricoides a través del segundo a cuarto anillo traqueal.

La traqueotomía es la apertura u ostoma, hecha por la incisión. La cánula de traqueotomía es la vía aérea artificial que se inserta en la traquea.



Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-10

La traqueotomía se realiza como un procedimiento electivo o de urgencia, por múltiples motivos.

El procedimiento electivo tiene lugar en la sala de operaciones en condiciones estériles.

La urgencia se desarrolla en la cabecera de la cama, con técnica aséptica.

Durante las primeras 36 horas siguientes a la colocación de la cánula de traqueotomía, esta no debe ser retirada. Si se la retira con prontitud, el ostoma recién creado puede colapsarse, haciendo difícil la reintubación.

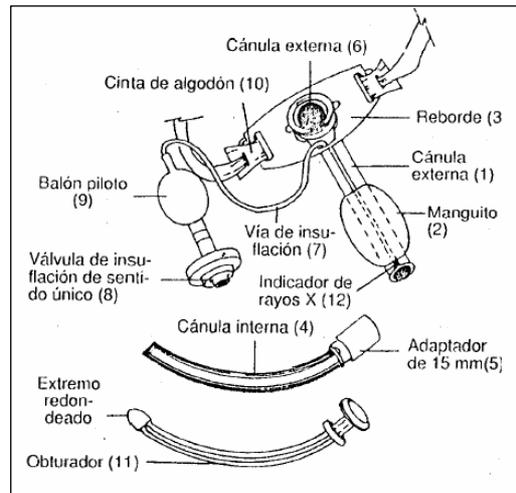
La cánula de traqueotomía es igual en diámetro a un tubo endotraqueal, pero más corta y con un extremo distal rectangular para permitir el máximo flujo de aire.

La cánula externa forma el cuerpo con un manguito. El reborde del cuello se adosa a la cánula externa.

Algunos sistemas de traqueotomía presentan una cánula interna removible, para limpiarla fácilmente sin comprometer la vía aérea. El manguito consiste en un balón que se insufla con aire para mantener el sellado alrededor de la cánula, de similares características a las ya descritas en relación al tubo endotraqueal.

Durante la inserción, el obturador reemplaza a la cánula interna. Su superficie lisa sobresale de la cánula externa y reduce al mínimo el traumatismo traqueal. Una vez que la cánula de traqueotomía se coloca, el obturador se retira hacia afuera y se lo reemplaza

con la cánula interna, la cual se cierra en el lugar. El obturador es entonces colocado en una bolsa plástica y mantenido a la cabecera de la cama para usarlo en caso de urgencia.



Fuente: Fisiología Respiratoria

Figura 5-11

### 5.7.1 Objetivos del procedimiento

**Mantener** la vía aérea permeable.

**Prevenir** el daño laringotraqueal por el tubo endotraqueal.

**Incrementar** la comodidad del paciente.

**Posibilitar** el habla del paciente.

**Facilitar** la alimentación oral del paciente.

Algunas de las indicaciones de la traqueotomía incluyen a los pacientes con intubación orotraqueal de hasta 3 semanas, dependencia prolongada de ARM, supuración de la vía aérea superior (laringea o faringea) con secreciones o hemorragias abundantes, intubación endotraqueal indeseable o imposible, o bien la obstrucción crónica de las vías aéreas superiores.

La traqueotomía pasa por alto las estructuras de las vías aéreas superiores para permitir que el aire fluya desde el ostoma hacia las vías aéreas inferiores.

Deberá evaluarse con frecuencia:

- Incremento en la producción de moco, originado por la irritación de la mucosa por la cánula.
- Sangrado por el ostoma, fundamentalmente en las primeras 72 hs del procedimiento

- Signos y síntomas de infección del ostoma, como celulitis, fiebre, exudación purulenta y dolor.

### 5.7.2 Asistencia durante el procedimiento

- Lavarse las manos
- Colocarse camisolín, gorro, y guantes estériles
- Adecuada aspiración del tubo endotraqueal y posteriormente de la orofaringe.
- Monitorear el trazado continuo del ECG
- Monitorear la saturometría de pulso
- Evaluación de los signos vitales
- Asegurar catéter endovenoso permeable
- Administración de sedación y / o analgesia según indicación medica
- Hiperoxigenar e hipeinsuflar al paciente inmediatamente antes de la apertura del ostoma
- Desconexión y reconexión a la ARM
- Asegurar los lazos de la cánula y aplicar vendaje estéril
- Control de presión del manguito
- Solicitar Rx de tórax
- Solicitar gases en sangre arterial
- El cuidado de la traqueotomía incluye:
- Lavado de manos y colocación de guantes estériles
- Control de la fijación de la cánula mediante lazos.
- Control del adaptador giratorio de fijación, evitando desplazamientos y lesiones por decúbito
- Medición de la presión del manguito
- Mantener el ostoma seco y limpio
- Lavado de la cánula interna con agua oxigenada que facilita la remoción de detritus adheridos a su pared y posterior enjuague con solución fisiológica estéril.

## CAPITULO VI

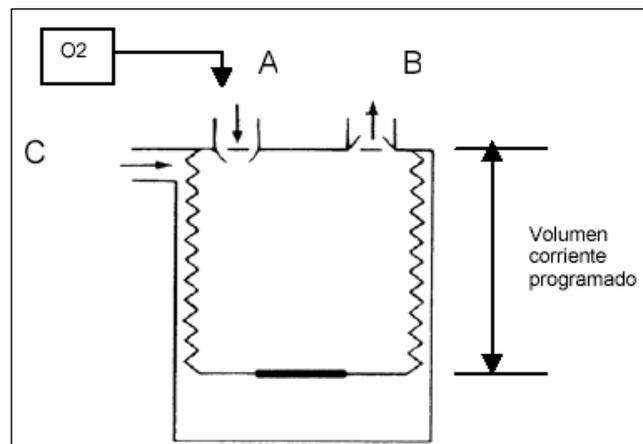
### COMPONENTES DE UN RESPIRADOR

#### 6.1 Sistema de alimentación neumática

El volumen corriente seleccionado mediante el control del panel de mando del respirador para la ventilación del paciente es generado internamente en el equipo de distintas formas según la tecnología utilizada.

##### 6.1.1 Sistemas con fuelle

Así por ejemplo este volumen puede ser almacenado en un fuelle tal es el caso de los respiradores antiguos Neumovent, Bennett modelos MA-1 y MA-2.

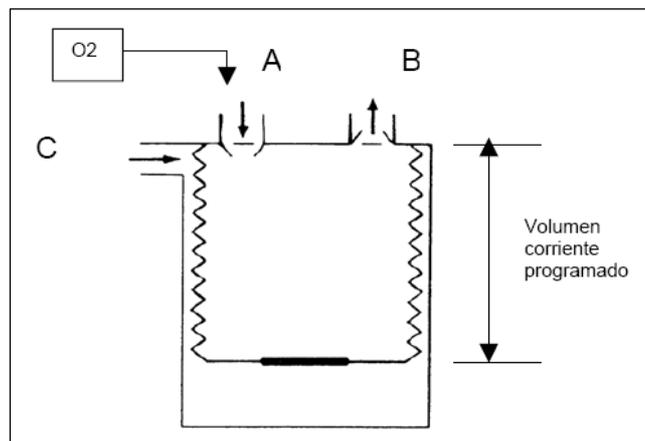


Fuente: Fisiología Respiratoria Figura 6.1

Este volumen así acumulado para ser transferido al paciente se debe disponer de un sistema de impulsión neumática en la entrada C que provoque el desplazamiento del fuelle en los Neumovent esto se logra con el mismo gas de alimentación oxígeno o aire comprimido y en los Bennett mediante el flujo generado por un compresor interno. En estos últimos el fuelle no está a la vista del usuario, sino en el interior del equipo, igual que el compresor.

Se observa también en la fig. Anterior una entrada **A** por la cual acceden los gases durante la fase espiratoria que se acumularan en el fuelle, más adelante veremos como se realiza este proceso. Nótese que en este conducto hay una válvula unidireccional que solo permite el flujo en una sola dirección, en este caso hacia el interior del fuelle.

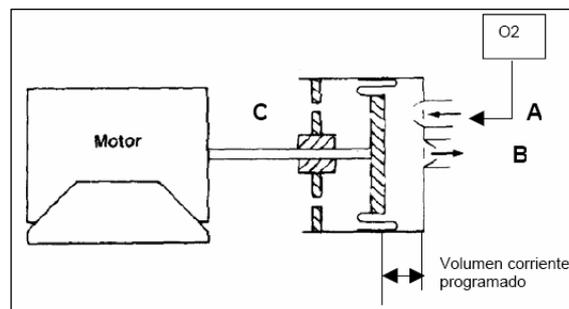
En la misma figura se marca una salida **B** por la cual se envía el volumen acumulado al pulmón del paciente durante la fase inspiratoria. También en este conducto hay una válvula unidireccional pero en este caso solo permite el flujo hacia el exterior del fuelle, es decir hacia el paciente.



Fuente: Fisiología Respiratoria Fig. 6.1

### 6.1.2 Sistemas con pistón

En los antiguos equipos de transporte y home care aun en uso, el volumen corriente elegido se almacena en un pistón que es movilizado por un motor que reemplaza al sistema de impulsión **C** neumática del ejemplo anterior, los conductos **A** y **B** tienen la misma función, este es el caso de los Draguer modelo EV 800, Aequitron modelo LP – 10, PB 2800, Lifecare modelo PLV 100, etc.

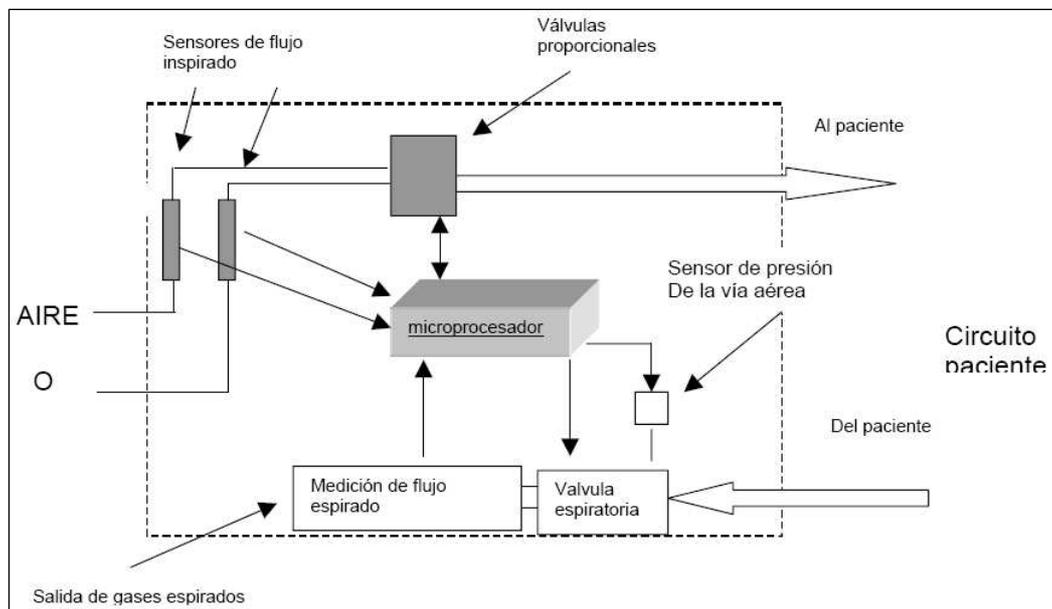


Fuente: Fisiología Respiratoria

Fig. 6.2

### 6.1.3 Sistemas modernos

En los modernos respiradores el volumen corriente que se envía es medido continuamente por sensores de flujo y no existe almacenamiento previo, esta tecnología hace que los equipos sean más pequeños y tengan una respuesta más rápida ante la demanda del paciente en las modalidades espontáneas lo que disminuye el trabajo respiratorio y consecuentemente la fatiga muscular esto permite una mejor y más rápida desconexión del respirador.



Responsables: Aguilar José – Agila Ramiro

Fig. 6.3

## 6.2 Selección de la mezcla aire-oxígeno

Igual que en el caso del volumen existen distintos sistemas para mezclar ambos gases según la tecnología utilizada en el respirador:

### 6.2.1 Mezcla con aire del ambiente y oxígeno a presión

Este método se utiliza en los equipos de fuelle y pistón, el sistema funciona de la siguiente forma (fig. 6.2 y 6.3):

Mientras descende el fuelle o el pistón retrocede (fase espiratoria) a la posición del volumen corriente programado succiona a través del conducto A, aire del ambiente a

través de un filtro y una válvula direccional y simultáneamente ingresa oxígeno mediante de una llave de control.

El porcentaje de O<sub>2</sub> aumenta con la apertura de la llave de regulación.

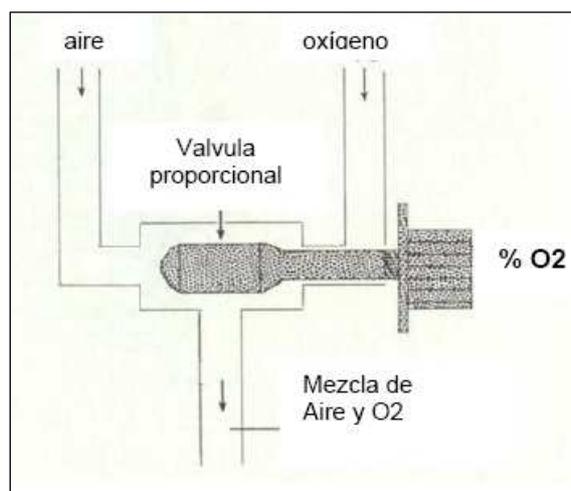
Nótese que la mezcla así acumulada durante la fase espiratoria en el momento de la inspiración se traslada hacia el paciente por el conducto B, no pudiéndolo hacer por el A ya que la válvula direccional allí ubicada no permite el flujo en la dirección contraria.

En estos equipos el porcentaje de la mezcla suele variar en función del volumen o la frecuencia, inclusive algunos son suministrados con un ábaco para calcular el cálculo de la concentración en función de estas variables.

Además exactitud de la mezcla depende en gran medida de la limpieza del filtro y del correcto funcionamiento de las válvulas. Por esta razón en este tipo de respiradores no es recomendable el uso de soluciones salinas para la nebulización, ya que estas pueden acceder a las válvulas y al secarse el residuo cristalizado se deposita en las mismas impidiendo su correcto cierre.

### 6.2.2 Mezcla con aire a presión y oxígeno a presión

Este método llamado sistema proporcional (blender) se utiliza en los respiradores neonatales y otros de generación intermedia (Bird 6400 y 8400, Newport 100, 150 y 200, Siemens 900) ver fig. 6.4 mediante una llave se regula manualmente el paso de los dos gases para obtener la mezcla deseada.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

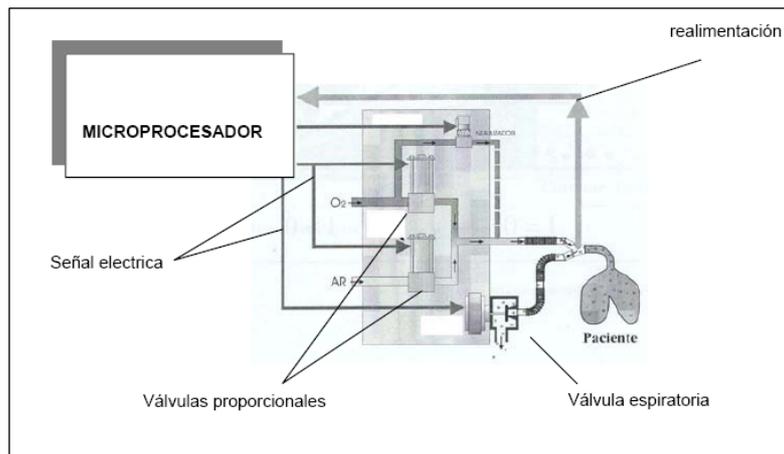
Fig. 6.4

Al desplazarse la válvula hacia la derecha aumenta la entrada de aire y disminuye proporcionalmente la de O<sub>2</sub> y viceversa.

Generalmente esta unidad o modulo de mezcla se encuentra separada del respirador propiamente dicho y la exactitud en muchos casos depende de que la presión de entrada de aire y oxígeno sean iguales entre sí.

### 6.2.3 Mezcladores electrónicos

En los respiradores modernos la mezcla se logra en forma similar, pero el trabajo es realizado electrónicamente mediante válvulas llamadas de control proporcional que simultáneamente regulan la mezcla, el volumen y el flujo, estas variables son medidas continuamente e informadas al microprocesador este método de realimentación hace que todo el sistema funcione de manera confiable y se auto corrijan los errores (ver fig. 6.5)



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

Fig. 6.5

### 6.3 Alimentación Neumática de los equipos

En todos los casos indicados se debe verificar la presión de entrada del equipo ya sea oxígeno o simultáneamente aire y oxígeno.

Normalmente el valor estándar es de 50 PSI que equivale a 3,5 Kg. /cm<sup>2</sup> si la presión suministrada es menor al valor indicado el equipo no funcionará correctamente y se accionaran las alarmas correspondientes.

Es común observar si se usan reguladores de presión que durante el funcionamiento del respirador al pasar de la fase espiratoria a la inspiratoria que se produzca una oscilación de la presión entre un máximo y un mínimo este último no debe ser inferior al valor de presión antes mencionado de 50 PSI. Si el rango de las oscilaciones supera los 0,3 Kg/cm<sup>2</sup> debe controlarse el regulador de presión o la línea de suministro.

Otro detalle a tener en cuenta en el suministro de aire que el equipo tenga a su entrada un filtro atrapador de agua, esto es particularmente importante como protección en aquellas instalaciones donde el aire llegue húmedo.

La introducción de agua en los respiradores modernos puede causar un daño irreparable en las válvulas proporcionales que tienen un costo importante.

#### **6.4 Alimentación eléctrica**

En todos los casos debe verificarse que los cables de alimentación utilizados provean una adecuada conexión a tierra con la instalación de la sala, no deben utilizarse en ningún caso adaptadores o prolongadores que puedan interrumpir una correcta descarga a tierra del equipo.

Aquellos equipos que tengan batería interna recargable es recomendable que si no están en uso permanezcan conectados a la red para asegura la plena carga de la misma en caso de una emergencia. En cada caso es importante leer las recomendaciones del fabricante.

En los equipos portátiles que requieran alimentación de tensión continúa del móvil debe verificarse la polaridad correcta (positivo y negativo) ya que aquellos que no tengan protección por errores de conexión accidentales se pueden producir deterioros severos.

#### **6.5 Válvulas espiratorias**

La función de la válvula espiratoria en el respirador es la de cerrarse durante la inspiración impidiendo la fuga de presión del circuito, en esta situación el volumen corriente programado se desplaza hacia el pulmón del paciente, provocando un aumento de la presión en la vía aérea evidenciada por la indicación del manómetro del respirador. En la fase espiratoria esta válvula se abre permitiendo que el paciente exhale los gases a la atmósfera. Esta conmutación de la válvula en cada ciclo respiratorio es comandada por el respirador.

Según el tipo de respirador y también la tecnología utilizada existen una gran variedad de válvulas espiratorias las hay de accionamiento neumático con alta presión, de accionamiento neumático con baja presión y de accionamiento electrónico, en todos los casos tienen un elemento común: el diafragma.

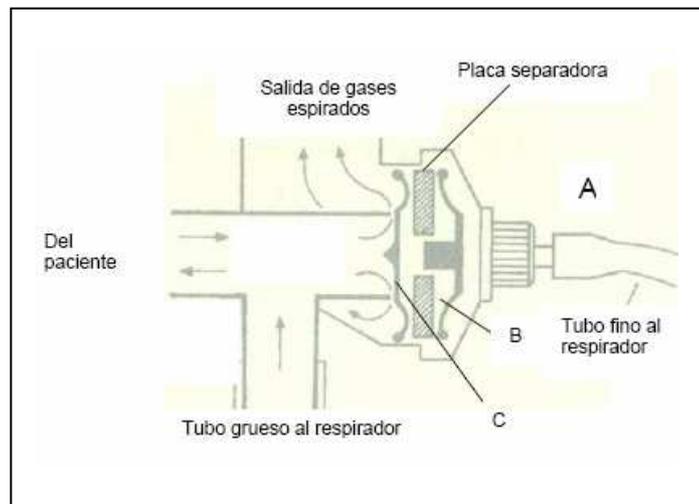
También difieren en su ubicación dentro del sistema, pueden estar conectadas sobre el circuito del paciente o dentro del respirador

### 6.5.1 Válvulas controladas por alta presión

Este tipo de válvulas no se utilizan en los respiradores modernos, debido al desgaste (fatiga del material) que producen sobre el diafragma disminuyendo su vida útil, actualmente se pueden ver en los equipos marca Neumovent con fuelle.

El sistema funciona de la siguiente forma:

Durante la inspiración hay presión en el tubo fino conectado al terminal “A” de la válvula, esto provoca el desplazamiento del diafragma “B” hacia la izquierda, presionando al segundo diafragma “C” que cierra el conducto de espiración. Los gases provenientes del respirador al estar cerrado ese conducto son desviados al pulmón del paciente.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Fig. 6.6

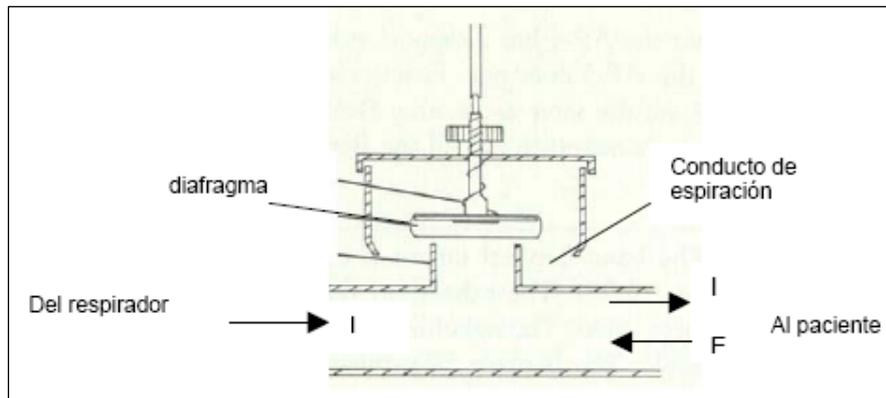
Al terminar la inspiración se descomprime el sistema y el flujo proveniente de la espiración del paciente se deriva hacia la atmósfera.

Nótese la posición que debe tener cada diafragma y la placa separadora para un correcto funcionamiento.

En este tipo de equipos un mal armado de la válvula ocasiona fallas en el ciclado e incluso sobrepresiones en la ventilación del paciente.

### 6.5.2 Válvulas controladas por baja presión

Este tipo de válvulas se utilizan en los antiguos Bennett MA-1 y MA-2, Newport 100, 150 y 200 y equipos de transporte. Se las llama de baja presión porque el valor de la presión de comando es comparable con el de la presión en la vía aérea del paciente.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Fig. 6.7

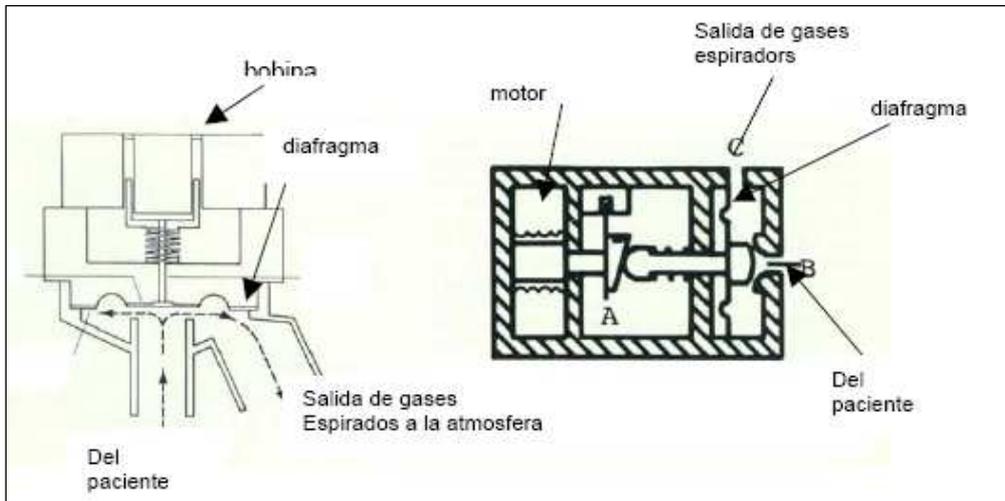
En cuanto al funcionamiento básicamente es similar al anterior salvo que al utilizarse baja presión se emplea un solo diafragma, que al recibir la señal de comando desde el respirador en la inspiración (I) cierra el conducto de espiración, luego en el ciclo espiratorio (E) el diafragma se descomprime permitiendo la libre espiración del paciente hacia la atmósfera.

### 6.5.3 Válvulas controladas electrónicamente

Este tipo se utiliza en los respiradores modernos y en la mayoría de los casos están ubicadas dentro del respirador y son comandadas por un microprocesador.

Pueden estar compuestas por un sistema de bobinado similar a un electroimán como es el caso de los respiradores Bennett 7200, Hamilton, Drager, Takaoka y T Bird.

También pueden usar un motor denominado tipo paso a paso como los equipos marca Bird modelos 6400 y 6800.

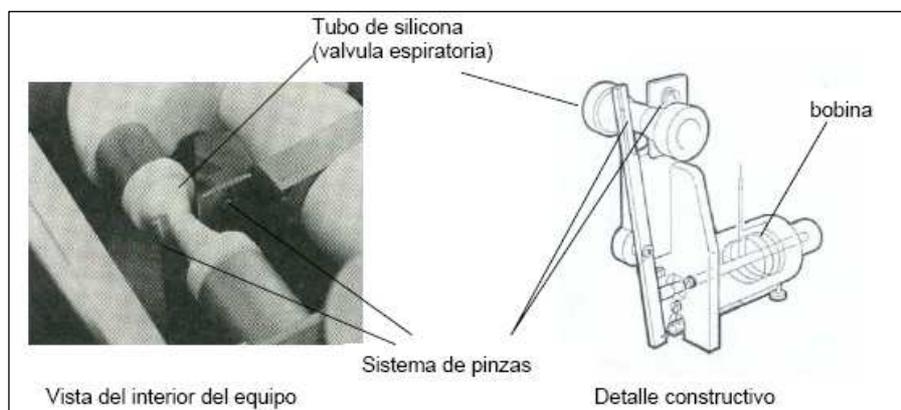


Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

Fig. 6.8

Otro sistema que también posee un comando electrónico es el utilizado en los respiradores Siemens 900, en este caso el sistema actúa como una pinza cerrando un tubo de material elástico que interrumpe la salida del flujo. Debido a la reiterada presión mecánica que hace el sistema de obturación debe hacerse un recambio de esta pieza según una determinada cantidad de horas de uso que especifica el fabricante.

El inicio del flujo inspiratorio utiliza un sistema similar. Estos tubos se encuentran dentro del respirador y deben ser cambiados, al igual que los otros sistemas que utilizan diafragmas, después de cada ventilación y antes de ser utilizado el equipo en otro paciente.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Fig. 6.10

Para todos los casos se recomienda, previo a desarmar la válvula espiratoria para su limpieza y posterior esterilización asesorarse si existe algún instructivo del fabricante sobre esta operatoria, en caso contrario observar bien y memorizar o anotar la correcta posición del diafragma y otras partes componentes ya que usualmente el rearmado se realiza varios días después dependiendo de la disponibilidad de circuitos estériles de recambio disponibles en la Unidad de Cuidados Intensivos.

Es recomendable que el dibujo o esquema de armado de la válvula así como también el conexionado del resto del circuito este accesible a la vista del personal.

Esto es importante ya que del correcto armado de la válvula y el circuito depende el éxito de la ventilación del paciente, un armado incorrecto puede incluso provocar accidentes fatales por exceso de presión en la vía aérea.

En muchos casos se da por descartado un equipo por mal funcionamiento cuando en realidad la falla está en el circuito de tubos y accesorios.

## **6.6 Válvulas para PEEP/CPAP**

En la descripción anterior se dijo que durante la apertura de la válvula espiratoria el paciente exhalaba los gases al ambiente, esto significa que con la apertura de la válvula la presión de la vía aérea es la misma que es la de la atmósfera y la cual tomamos como presión de referencia, es decir como nivel cero.

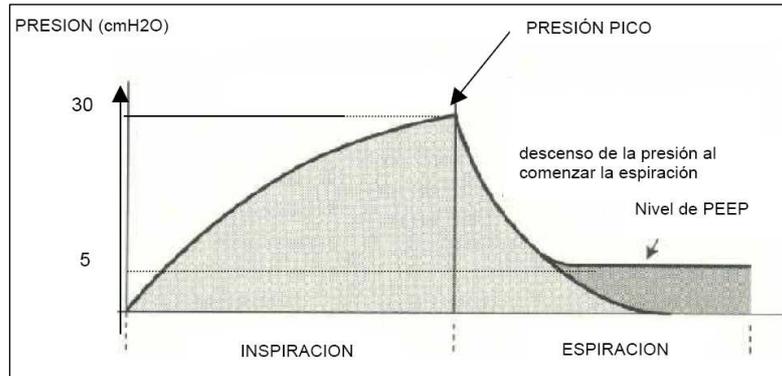
Existen varias patologías por las cuales es recomendable que al final de la espiración la presión no vuelva a cero sino que quede un valor residual o permanente en la vía aérea por encima de cero.

A esta técnica la llamamos usualmente mediante la sigla en inglés PEEP ( Positive end Expiratory Pressure ) que significa “Presión Positiva al Final de la Espiración” en los ciclos mecánicos del respirador o CPAP (Continuous Positive Airway Pressure), Presión Positiva Continua en la Vía Aérea, durante la respiración espontánea.

Este efecto se puede lograr en los equipos modernos con la misma válvula espiratoria, en otros más antiguos y en los sistemas de resucitación manual mediante una válvula adicional colocada dentro del orificio de la válvula espiratoria por donde salen los gases espirados por el paciente.

Durante la ventilación mecánica la presión en la vía aérea llega a un valor pico durante la inspiración, luego de lo cual, en el comienzo de la espiración comienza a descender

por acción de las fuerzas elásticas del tórax hasta llegar a cero (presión atmosférica). Si mientras se produce el descenso de la presión en la espiración creamos un nivel de presión tal que sea superior a la atmosférica pero inferior al valor pico, llegara un instante en que la presión disminuirá hasta llegar a un valor en el que se equilibra con la presión que hemos opuesto, finalizando la espiración.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Fig. 6.11

En la fig. 6.11 se puede ver como evoluciona la presión durante la fase inspiratoria hasta llegar a un valor pico de 30 cmH<sub>2</sub>O.

Al terminar el tiempo inspiratorio y comenzar la espiración va descendiendo la presión pero en lugar de llegar a cero se iguala al valor de 5 cmH<sub>2</sub>O para este ejemplo, que será el nuevo valor que se mantendrá constante al final de cada espiración.

A este valor final que se mantiene constante al final la espiración lo llamamos valor de PEEP o nivel de PEEP.

Hay varios métodos y/o dispositivos que se utilizan para lograr este efecto a ellos los denominamos “válvulas de PEEP”. Estos dispositivos pueden formar parte de la estructura del respirador sin acceso al usuario y en otros son accesorios que se colocan o conectan externamente cuando surge la necesidad.

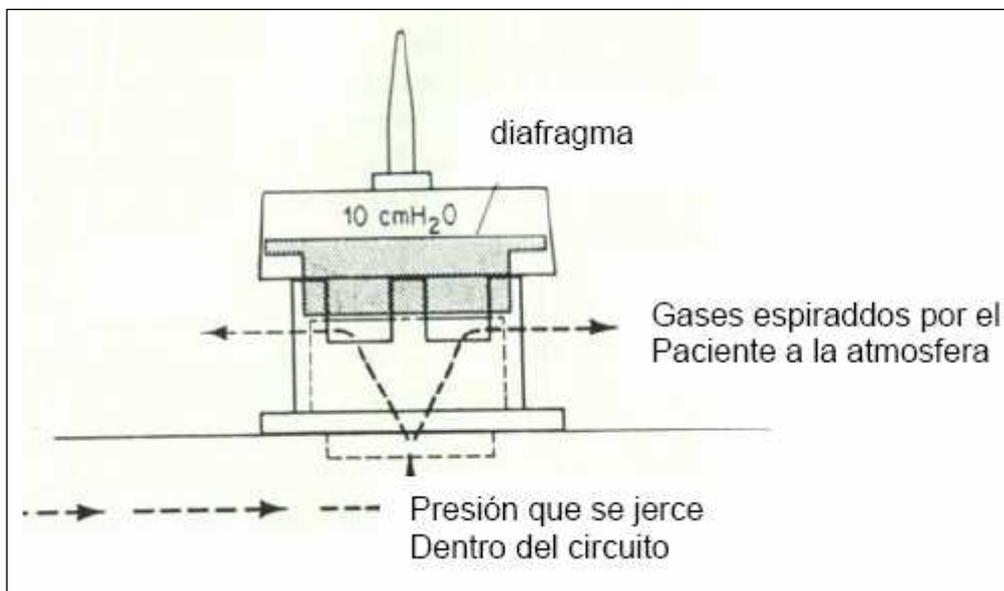
Describiremos a continuación los dos casos:

### 6.6.1 Sistemas de PEEP/CPAP incorporados a los respiradores.

El más común es la utilización de la misma válvula espiratoria controlada por baja presión. En este caso se utilizan dos niveles de presión para comandar el diafragma.

En la primera fase (durante la inspiración) el nivel de presión en el diafragma es superior a pico de presión en la vía aérea del paciente, de esta forma se asegura una buena hermeticidad. Si volvemos al ejemplo anterior de la fig. 6.11 si el pico de presión es de 30 cmH<sub>2</sub>O la presión en el diafragma debe ser superior a este valor para que no haya fugas, por lo menos unos 20 cmH<sub>2</sub>O mayor.

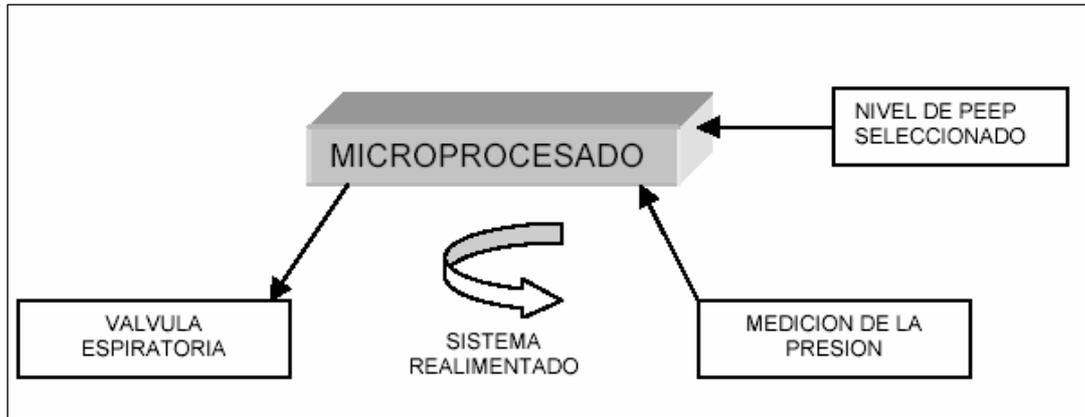
En la segunda fase al terminar la inspiración la presión en el diafragma desciende hasta el valor de PEEP elegido con lo cual la presión en la vía aérea al llegar a este nivel no puede seguir disminuyendo ya que se igualan las dos presiones, por un lado la del diafragma y por el otro la remanente en el pulmón.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Fig. 6.12

En la fig. 6.12 se observa una válvula en la cual se ejerce sobre el diafragma una presión durante la fase espiratoria igual a 10 cmH<sub>2</sub>O, cuando la presión en el pulmón y por ende dentro del circuito del respirador supera este valor aparece un gradiente de presión que permite un flujo espirado por el paciente hacia la atmósfera, a medida que la diferencia de presión entre el pulmón y la opuesta por el diafragma disminuye, va disminuyendo el flujo espirado hasta hacerse igual a cero en el instante en que se igualan las presiones .

El que vemos a continuación es el utilizado en los equipos microprocesados, donde el sistema de control mide permanentemente la presión en la vía aérea y envía la información al microprocesador para comandar la válvula espiratoria graduando el cierre electrónicamente.



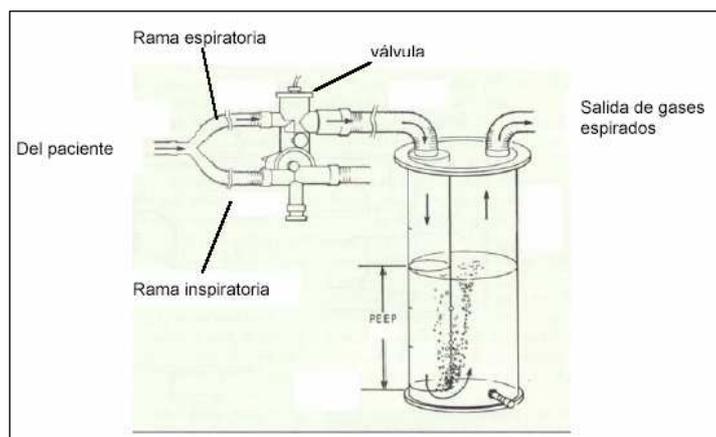
Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

Fig. 6.13

En este caso las válvulas de la fig. 6.8 y 6.9 recibirán una señal eléctrica que desplazará al diafragma provocando el cierre del conducto de espiración, cuando la medición de la presión en la vía aérea sea igual al valor de PEEP fijado en el panel de mano del respirador.

### 6.6.2 Dispositivos externos al respirador

El dispositivo más primitivo pero también seguro y que se remonta a la década del 70 con las primeras experiencias en el uso de la PEEP, es el llamado: de la columna de agua.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Fig. 6.14

Como se observa en la fig. 6.14, el sistema consiste en colocar a la salida de la válvula espiratoria un tubo dentro de un recipiente conteniendo agua, el sistema es muy simple: cuando la presión en el circuito supera el nivel de la columna de agua los gases

espirados burbujearan venciendo la presión y llegando al exterior y cuando la presión en el pulmón se iguale a la presión ejercida por la altura del agua se llegará al equilibrio cesando la espiración.

En estas condiciones la presión remanente en el pulmón será igual a la altura de la columna de agua, en definitiva el PEEP.

Otro dispositivo muy común por lo económico, es la válvula de resorte, (fig. 6.15) en este caso la fuerza de la espiración debe vencer la presión del resorte, cuando el remanente de presión en el pulmón no pueda vencer al resorte ese será el valor de PEEP.



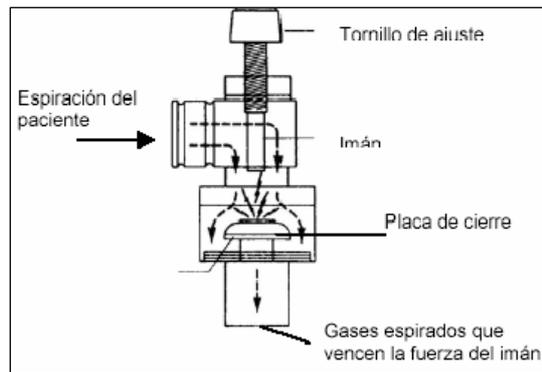
Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

Fig. 6.15

Este sistema no tiene generalmente un ajuste calibrado, para su correcta graduación debe leerse la presión final en el manómetro del respirador. Algunos fabricantes tienen una válvula distinta para cada valor de PEEP.

De funcionamiento similar a la anterior hay una válvula que utiliza un imán (fig. 6.16), al igual que en el caso anterior la presión en el interior del pulmón debe vencer la atracción del imán sobre la placa que cierra la válvula cuando la fuerza del imán se iguala a la presión dentro del pulmón finaliza la espiración, la presión de equilibrio será el valor de PEEP.

Al igual que en el caso anterior el ajuste de la presión de PEEP debe hacerse mediante la lectura del manómetro.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Fig. 6.16

En todos los sistemas mencionados debe prestarse especial atención en que el dispositivo utilizado para lograr la PEEP no produzca un retardo espiratorio, esto es que una ofrezca un aumento de la resistencia a la libre espiración de los gases, si esto es así se adicionará un efecto no deseado, además de alterar la relación I:E.

Para todos los casos, cualquiera sea el dispositivo utilizado, para el mantenimiento de la PEEP debe asegurarse la hermeticidad del circuito, esto se evidencia si durante la fase espiratoria y hasta el comienzo de un nuevo ciclo no se produce un descenso del nivel de PEEP, si esto sucediera debe revisarse el circuito y ajustar sus conectores. En algunos equipos modernos se puede programar un flujo durante la espiración que además de efectuar un lavado del CO<sub>2</sub>, compensa las eventuales fugas de presión.

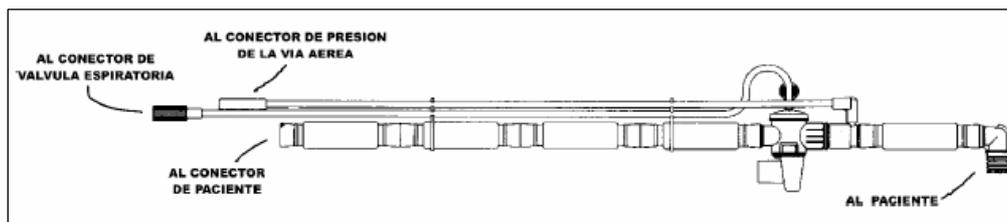
## CAPITULO VII

### CONEXIÓN DEL RESPIRADOR LA PACIENTE

#### 7.1 Circuitos de Paciente en Equipos de Transporte

Usualmente es el circuito más simple consiste en un solo tubo grueso corrugado donde un extremo se conecta al respirador y el otro tubo fino es el correspondiente al comando de la válvula espiratoria, también es aplicable a los equipos de ventilación domiciliaria (homecare).

Según los modelos puede haber también un segundo tubo fino que mide la presión en la vía aérea proximal.



Fuente: [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)

Normalmente estos dos tubos finos tienen distinto diámetro al igual que los conectores correspondientes del respirador. Si esto no fuera así identificar cada tubo y leer el panel del equipo para individualizar cada terminal para conectar correctamente.

#### 7.2 Circuitos de paciente para neonatología

En esta modalidad generalmente la válvula espiratoria está anexada al respirador.

Es lo que habitualmente se llama un circuito de ida y vuelta, compuesto por una rama inspiratoria (llamada así por ser la que conduce los gases frescos de la inspiración) y una rama espiratoria (por conducir los gases espirados hacia la salida, válvula espiratoria mediante).

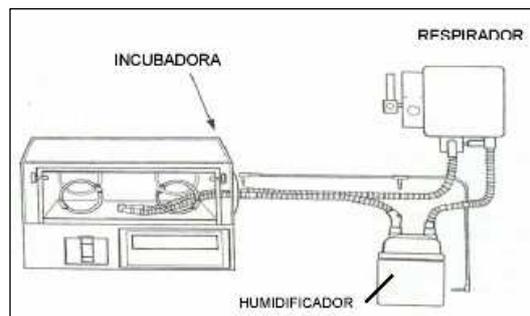
Ambas ramas se unen por intermedio de un conector en forma de “Y” cuyo extremo central se conecta al paciente.

Este mismo conector en forma de “Y” tiene una pequeña derivación donde se conecta un tubo fino para la medición de la presión.

El diámetro de los tubos es usualmente de 10 o 15 mm, al igual que los conectores que se usan en la mayoría de los respiradores de este tipo es de 15 mm de diámetro externo. Durante la descompresión de los gases se produce un fenómeno físico que causa un descenso en la temperatura de los mismos varios grados por debajo de la temperatura ambiente.

En la ventilación de este tipo de pacientes prematuros que tienen dificultad de regular su propia temperatura es de primordial importancia que los gases que recibe para su ventilación le lleguen a una temperatura próxima a la corporal y humedecidos.

Por lo que es necesario elevar la temperatura de los gases que se envían al paciente.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)

Fig. 7.2

### 7.3 Circuitos de paciente para adultos y sus partes

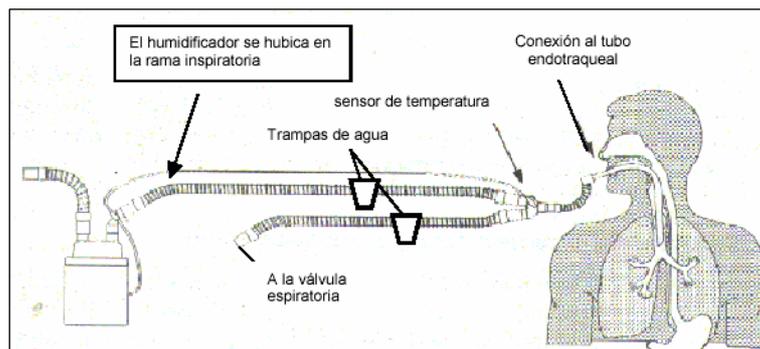
En líneas generales los circuitos de adultos responden a las mismas características que los de neonatología.

Es decir tienen también una rama inspiratoria y una rama espiratoria unida por un conector en “Y”, suelen tener trampas de agua y según el modelo de equipos pueden tener la válvula espiratoria sobre el circuito o estar ésta incorporada al equipo.

Además el diámetro más común de los tubos es de 22 mm el mismo que en los conectores utilizados.

En el caso del conector en Y el diámetro externo también es 22 mm y en la rama central que va al paciente el diámetro interno es 15 mm, igual que la boquilla del tubo endotraqueal.

Es importante recordar que la rama inspiratoria va conectada directamente al respirador, nunca debe conectarse la parte del circuito que tiene la válvula espiratoria al conector de salida del respirador que envía los gases al paciente.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Fig. 7.3

En cuando a la disposición de los tubos en su conexión al paciente se deben tener las mismas precauciones que las comentadas anteriormente, para los circuitos neonatales.

En algunos equipos entre el respirador y la rama inspiratoria del circuito del paciente se intercala un filtro de bacterias. Es importante el control de este filtro, si es reusable debe medirse periódicamente su resistencia al flujo, esta medición debe ser hecha por personal de servicio técnico ya que una elevada resistencia puede provocar la activación de las alarmas de sobre presión . Si es de los tipos descartables debe eliminarse con el cambio de circuito ya que su limpieza degrada el sistema de filtrado y aumenta la resistencia al flujo.

En los casos en que se decida utilizar algún broncodilatador durante la ventilación, el micronebulizador para aplicar la medicación debe interconectarse en la rama inspiratoria lo más cerca posible del paciente, sobre el conector en “Y “de esta forma se evita que se deposite el medicamento en los tubos y no le llegue al paciente.

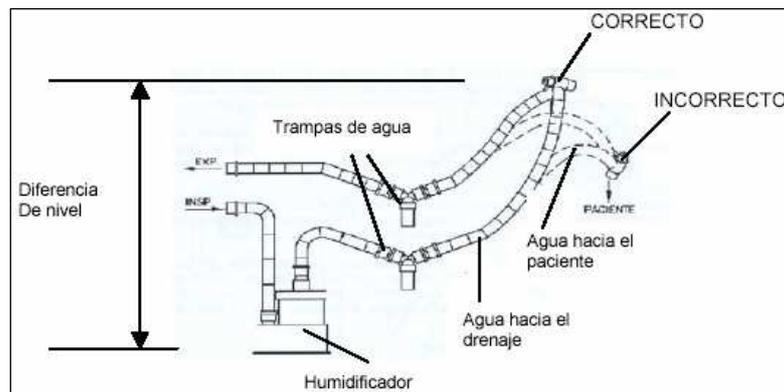
## 7.2 Cuidados del Circuito Respiratorio

Con cualquier tipo de humidificador térmico usado en la ventilación mecánica habrá una acumulación de agua en el circuito del respirador.

La temperatura ambiente de la sala es más baja que la del gas suministrado en el interior de los tubos.

En consecuencia cuanto mayor sea la diferencia de estas dos temperaturas, más rápidamente y en mayor cantidad se condensará agua dentro de los tubos y se depositará en ellos con el riesgo de que esta ingrese a los pulmones, por lo que es usual que se intercale en los circuitos unos dispositivos llamados trampas de agua.

Además de esto lo aconsejable es que el humidificador calefaccionado este a un nivel de altura lo mas bajo posible y la conexión al paciente lo más alta posible, de esta forma el agua acumulada descenderá por gravedad hacia las trampas.



Fuente: [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com) Fig. 7.4

El efecto directo de este problema de la acumulación de agua sobre todo en los circuitos de pequeño diámetro como en neonatología, es el aumento de la turbulencia del gas, la cual se manifiesta por un aumento de la presión y vibraciones fácilmente observables en los manómetros analógicos. Este aumento de la presión por motivos extrapulmonares se resta a la ventilación del paciente creando efectos hipoventilatorios.

Este exceso de agua en los tubos debe eliminarse periódicamente. Nunca debe vaciarse en forma directa hacia el recipiente del humidificador, porque podría llevar

microorganismos gramnegativos. El circuito debe ser interrumpido pero normalmente las trampas de agua son autobturantes esto significa que al retirar el recipiente queda cerrado el escape de presión, no permitiendo fugas.

Siempre que se hacen maniobras de mantenimiento del circuito respiratorio es importante y necesario tener al alcance de la mano la bolsa de reanimación manual, para hacer uso de ella ante cualquier maniobra incorrecta.

### **7.5 Dispositivos de Medición Asociados al circuito**

En los equipos microprocesados se ubican en el circuito respiratorio dispositivos para la medición del flujo / volumen espirado. Estos dispositivos pueden estar ubicados a la salida de la válvula espiratoria (Bird 8400, Draguer Evita, etc.) son de acceso al usuario para su limpieza, esterilización o reemplazo. En el caso del Bennett 7200 accede el servicio técnico.

También se puede efectuar la medición colocándolos entre el conector en "Y" y el paciente de esta forma se mide la inspiración y la espiración (Hamilton, Takaoka), en estos casos se debe tener especial cuidado en tener en posición vertical los pequeños tubos de medición de la presión diferencial para evitar que las secreciones se introduzcan en ellos.

### **7.6 Comprobación del circuito respiratorio**

Una vez cumplidos los pasos y recomendaciones para el armado del circuito y hacer una recorrida visual por todo el trayecto del mismo verificando las posiciones de sus partes y componentes, debe comprobarse la hermeticidad del mismo.

Esto es relativamente sencillo en los respiradores modernos muchos de los cuales tienen incorporado un sistema de control (autotest) que obturando el operador el extremo del conector en Y el mismo equipo prueba la hermeticidad del circuito, sometiéndolo a presión y midiendo, si se comprueba un descenso de la misma por fugas por debajo de los límites establecidos o por la distensibilidad excesiva del circuito da un mensaje de error.

En los otros tipos de respiradores que no disponen de esta posibilidad, una forma de verificar de la hermeticidad, usando el respirador, es colocar los controles de presión máxima al mayor valor disponible, junto con el límite de alarma. En estas condiciones con el ciclo del respirador y obturando el extremo de la Y, la presión debe subir rápidamente al valor máximo accionando la alarma, si esto no sucediera significa que hay una fuga y debe buscarse el lugar donde se produce.

Para este procedimiento se debe mantenerse obturada la Y y recorrer el circuito con la mano o un estetoscopio hasta localizar el lugar de la pérdida.

Es usual que las fugas se produzcan en un mal cierre del recipiente del humidificador, en el uso de conectores inadecuados o indebidamente ajustados, y en el caso del uso reiterado de los circuitos descartables se producen fisuras en los pliegues de los tubos que causan las pérdidas.

Otras causas de fugas son debidas a la válvula espiratoria, la forma de comprobación es controlando que a la salida de la misma no haya pérdida de gas mientras dure el tiempo inspiratorio si esto sucediera debe verificarse la conexión del tubo fino de control de la misma (si corresponde) y/o la posición del diafragma.

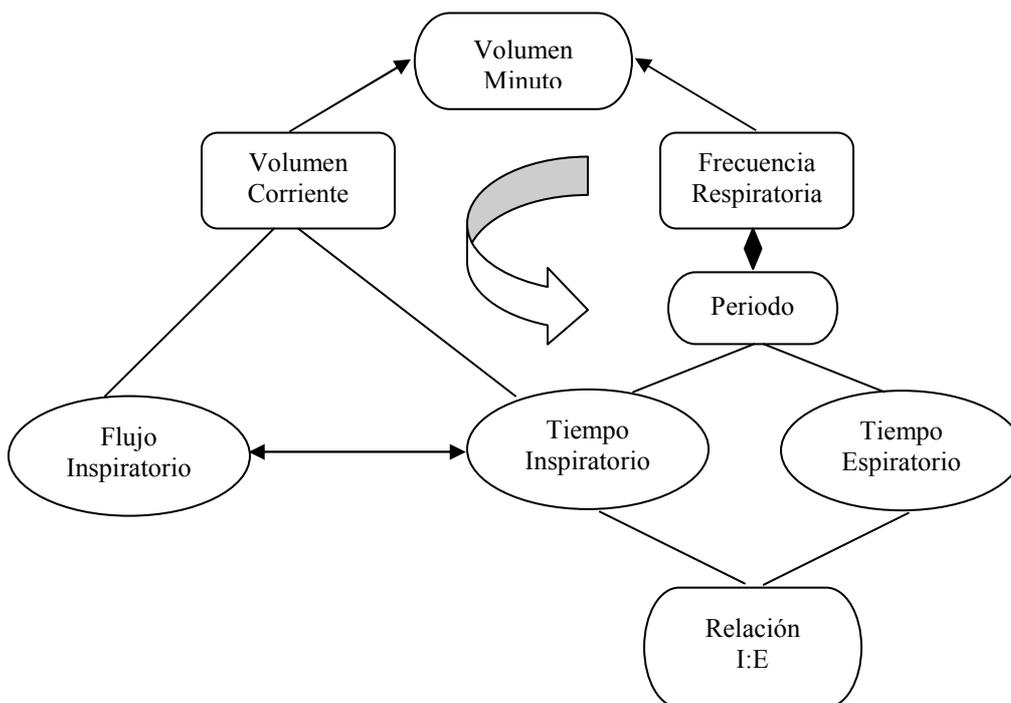
## CAPITULO VIII

### MANDOS COMUNES DE LOS RESPIRADORES

#### 8.1 Controles básicos

En este capítulo haremos una descripción de los controles básicos de los respiradores sin intervenir en las particularidades de las modalidades ventilatorias.

Previo a ello debemos recordar como interactúan los tiempos de la ventilación y como relacionar los controles en un respirador de volumen.



Como se puede observar del diagrama anterior, el volumen corriente y la frecuencia respiratoria determinan el volumen minuto de la ventilación.

Una vez determinado el volumen corriente utilizando alguna de las aproximaciones más usuales (por ejemplo el peso del paciente), resta definir como introducimos ese volumen corriente dentro del pulmón del paciente y aquí surge una de las diferencias que se

encontrarán según el diseño de los equipos, las alternativas más usuales son: Flujo Inspiratorio (Peak Flow) o Tiempo Inspiratorio (Inspiratory Time).

En definitiva son equivalentes pues uno, el flujo me está indicando la velocidad (litros/minuto) con que estoy introduciendo el volumen corriente y el otro me está indicando

Por lo que se debe elegir los valores normales o usuales de L/m o seg.

Volviendo al diagrama, vemos que al haber definido: la frecuencia y el flujo o su equivalente, tiempo inspiratorio, determinamos el período de la respiración y el tiempo restante que lo complementa es el tiempo espiratorio (Expiratory Time).

Estos dos tiempos definen lo que llamamos la relación I:E.

## **8.2 Alarmas relacionadas con la programación**

Podemos definir las alarmas más comunes que se activan por error en la programación del respirador, que son generalmente debido a incompatibilidades.

Por ejemplo la mayor parte de los respiradores permiten programar la ventilación hasta una relación I:E igual a 1:1 y cuando la selección de los tiempos produce una inversión de esta relación se activa una alarma (en los equipos más modernos se puede desactivar porque permiten ventilar con esta modalidad de relación I:E inversa).

La activación de esta alarma nos avisa que debemos reconfigurar los controles, como hacemos esto?, volviendo hacia el diagrama vemos que cuando la relación I:E es próxima a 1:1 significa que los tiempos de inspiración y espiración son similares. Una opción sería disminuir el tiempo inspiratorio o aumentar el flujo.

Aquí debe tenerse en cuenta la componente resistiva de la ventilación que puede incrementar la presión en la vía aérea motivada por un aumento del flujo.

Como se ve es todo un sistema de relaciones con el cual se debe jugar para cada tipo de paciente, teniendo como objetivo el menor valor de presión en la vía aérea y la ventilación más adecuada con una buena distribución del gas en los pulmones.

Una vez logrado esto ya tenemos definidos los parámetros básicos:

- Volumen
- Flujo o Tiempo inspirado
- Frecuencia

### **8.3 Alarmas relacionadas con la ventilación**

Debemos seleccionar los límites de alarma asociados a esta ventilación, esto es la presión, recordemos que en un respirador en la modalidad de volumen, la premisa es cumplir con esa variable por lo que el respirador introducirá ese volumen en el paciente venciendo cualquier resistencia. Por esto el operador debe fijar las condiciones, los niveles de presión de seguridad que establezcan los márgenes para cumplir el objetivo de cumplir con el volumen programado.

Esto significa fijar una presión máxima la cual no puede ser superada para protección del paciente.

Si por alguna circunstancia se alcanza el valor máximo se activa la alarma y simultáneamente se limita la presión o se aborta el ciclo inspiratorio, según el tipo de respirador.

También puede suceder que ese evento haya sido aleatorio (Por ejemplo, tos del paciente) y ese exceso de presión no se reitere en todos los ciclos, no obstante ello hay muchos equipos que registran este evento manteniendo la alarma activada a veces no audible pero sí visual, a los fines de que el personal atienda al conjunto paciente respirador para evaluar la situación.

Como siguiente paso fijamos el valor de alarma de presión mínima esta se activará en caso de que durante la inspiración la presión en el circuito no supere ese valor.

En el caso de utilizar PEEP en algunos equipos también hay que fijar el valor del nivel de alarma de PEEP, que generalmente de hace unos cmH<sub>2</sub>O por debajo del PEEP utilizado.

#### **8.4 Alarmas no operativas**

Definimos así a aquellas alarmas que no dependen del operador, es decir que se activan independientemente de las modalidades o aplicaciones.

Estas son las relacionadas con la alimentación eléctrica, neumática o autocontrol del equipo, siendo las más básicas por ejemplo:

- Baja presión de aire
- Baja presión de oxígeno
- Falta de alimentación eléctrica
- Falla del microprocesador

En este último caso en los equipos más elaborados activa un segundo circuito electrónico alternativo programado en caso de fallas, para mantener la ventilación básica del paciente.

Según la modalidad o complejidad del respirador se pueden incorporar otros tipos.

#### **8.5 Cancelación de alarmas**

En los equipos se incorpora un pulsador o tecla que permite solo la cancelación auditiva de la alarma (queda la indicación visual) esta situación se mantiene durante un cierto tiempo (fijado por el fabricante) luego de transcurrido el mismo si no han desaparecido las causales del problema vuelve a activarse la alarma.

Es común hacer uso de este pulsador para eliminar el sonido mientras se corrigen los errores que causaron la activación.

También se lo utiliza para silenciar la alarma mientras se realizan las maniobras de aspiración de secreciones del paciente.

Existen también otros casos en que luego de activada una alarma y luego de resuelto el problema se mantiene la indicación visual en estos casos se accede a una segunda tecla de reposición o reset de alarma.

Este sistema de cancelación solo actúa en las alarmas relacionadas con la programación y la ventilación.

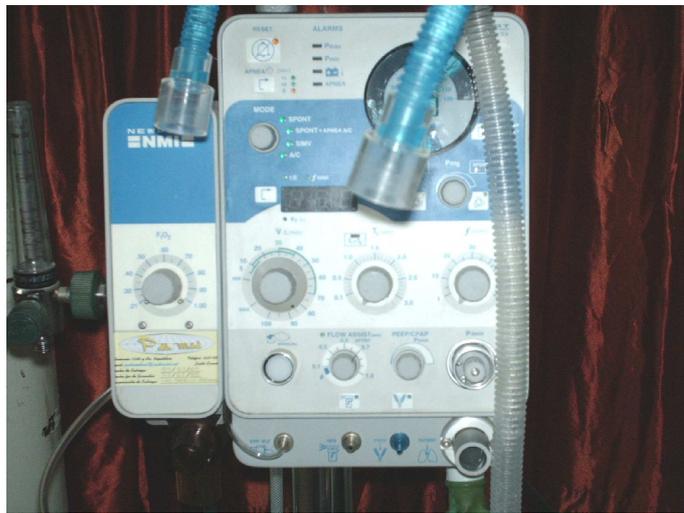
Las alarmas no operativas en la mayoría no pueden ser canceladas de ninguna forma, solo cesan si se solucionan las causas que motivaron su activación, por ejemplo reponer la presión de oxígeno.

## CAPITULO IX

### RESPIRADOR ARTIFICIAL EN NUESTRO MEDIO

#### 9.1 Equipo utilizado actualmente en el Hospital Isidro Ayora

A continuación observamos el equipo de ventilación mecánica utilizado en el hospital “Isidro Ayora” de la ciudad de Loja.



Vista de paciente conectado al equipo



## 9.2 . Análisis comparativo de los diferentes equipos de respiración mecánica

### 9.2.1 Respiradores Microprocesados Neumovent Graph

Los **respiradores microprocesados Neumovent Graph** están desarrollados con avanzada tecnología y los modos más modernos de soporte ventilatorio para adultos, pediatría y neonatología.

Estos respiradores cuentan con un monitor incorporado es de LCD color. Muestra en tiempo real curvas de presión, volumen y flujo, bucles presión/volumen y flujo/volumen; datos programados según el modo seleccionado y datos resultantes de porcentaje de oxígeno del gas inspirado, tiempo espiratorio, frecuencia espontánea, volumen tidal y volumen minuto espirado. Grabación automática de tendencias de las últimas 24 horas del volumen espirado, presión de la vía aérea, flujo inspiratorio y complacencia dinámica.

En el transcurso de la ventilación los respiradores Neumovent Graph pueden efectuar pruebas de la mecánica respiratoria. Estas son: AutoPEEP, Complacencia Dinámica y Estática, Resistencia Inspiratoria y Espiratoria, Capacidad Vital Lenta y P0.1.

El diseño del panel y la programación interactiva directa del modo operativo seleccionado, hacen de estos respiradores un dispositivo de fácil comprensión y manejo.

Las indicaciones visuales y audibles de las alarmas se acompañan con mensajes en la pantalla indicando las posibles causas y soluciones...

### **Modos operativos de los respiradores Neumovent Graph:**

- Volumen Controlado (VCV), Asistido/Controlado
- Presión Controlada (PCV), Asistido/Controlado
- Presión de Soporte (PSV)
- Presión Positiva Continua en la Vía Aérea (CPCP)
  
- **Combinados:**
  
- SIMV (VCV) + PSV
- SIMV (PCV) + PSV
- Ventilación Mandatoria Minuto (MMV) + PSV
- PSV + VT Asegurado (VASP)
- Ventilación con Alivio Intermitente de Presión (APRV)
- Avanzada tecnología con los modos ventilatorios más modernos.
- Monitor integrado con datos y curvas en tiempo real.

### **Neonatología**

- Presión Controlada (PCV), Asistido/Controlado
- Presión de Soporte (PSV)
- CPAP + PSV
- SIMV (PCV) + PSV
- Ciclado por Tiempo y Presión Limitada (TCPL) con Flujo Continuo

### **Accesorios normales:**

- Circuito para adultos ( 22 mm) con atrapadores de agua, válvula espiratoria con medidor de flujo espirado.
- Soporte articulado para el circuito del paciente.
- Mangueras de presión para aire y oxígeno.

- Atrapador de agua para la entrada de aire comprimido.
- Pulmón de prueba.
- Cable de alimentación eléctrica.
- Pedestal rodante.
- Manual de instrucciones para el usuario.

### **9.2.2. Respiradores Neumovent Cirrus**

#### **Modos Operativos de los respiradores Neumovent Cirrus**

1) Por volumen. Asistida/Controlada (VCV)

2) Por presión.

- Asistida/Controlada (PCV)
- Presión de Soporte (PSV)
- CPAP

3) SIMV

- Por Volumen (VCV) con PSV
- Por Presión Controlada (PCV) con PSV

4) Ventilación de respaldo

#### **Controles**

**Tiempo Inspiratorio:** 0.3-3 s

**Frecuencia:** 1-150 rpm

**Volumen Tidal Impulsado:** 50 a 2500 mL

**Sensibilidad (PEEP compensada):** -0.5 a -1 0 cm H<sub>2</sub>O

Presión Controlada (PCVO): 5-70 cm H<sub>2</sub>O ("Rise Time" regulable)

Presión de Soporte (PSVO): 0-70 cm H<sub>2</sub>O ("Rise Time" y Sensibilidad Espiratoria: Regulables)

**PEEP/CPAP:** 0-50 cm H<sub>2</sub>O

**F102:** 0.21-1.0

**Flujo Inspiratorio:** En VCV: Automático. En PCV y PSV: Hasta 160 L/min

**Pausa inspiratoria (en modo VCV):** 0.5-2 s

**Disparo manual:** Para una inspiración

**Forma de onda de flujo:**

**VCV:** Constante. Desacelerado

**PCV y PSV:** Desacelerado

**En Espera:** Para detener el funcionamiento con mantenimiento de los datos programados.

### **Alarmas**

Presión máxima y mínima de la vía aérea

Volumen tidal inspirado máximo y mínimo

Apnea con tiempo regulable

Frecuencia máxima

Pérdida de PEEP

Pérdida de Energía Eléctrica

Suministro de gas

Baja carga de batería

Técnico

Silencio de Alarma: 30-60 s

Parámetros visualizadores

Presión de la vía aérea: Pico, Plateau, Media, Base

Pico de Flujo Inspiratorio

Tiempo Espiratorio

Volumen Tidal Inspirado (Modos por Presión)

Relación I:E resultante y de ventilación espontánea

Tiempo Inspiratorio de ventilación espontánea

Tiempo Espiratorio

### **Control del Monitor de los Respiradores Neumovent Cirrus**

Imagen congelada

Modificación de la escala horizontal

Tecla Menú accede a: Tendencias, Sensibilidad Espiratoria, Alarmas Activadas,

Ventilación de Respaldo, Secuencia Oxígeno 100%, Pausa Inspiratoria, Calibración de Circuito Respiratorio, Horas de Uso y Versión, Ayuda

### **Accesorios Normales**

Circuito para adultos con atrapadores de agua.

Válvula espiratoria.

Soporte articulado para el circuito del paciente.

Tubos de presión para aire y oxígeno comprimido.

Pulmón de prueba.

Cable de alimentación eléctrica.

Pedestal rodante.

Manual de instrucciones para el usuario.

Requerimiento eléctrico

100-240 V (conmutación automática).

Batería interna 12 V, 1.3 Ah. 1 0 minutos de autonomía

### **9.2.3. Neumovent Bebé**

#### **Introducción**

Los respiradores Neumovent Bebé cuentan con un equipo diseñado para actuar con flujo continuo, ciclado por tiempo, con presión limitada, accionado electrónica y neumáticamente.

Estos respiradores están destinados al soporte ventilatorio de pacientes recién nacidos, incluyendo prematuros, e infantes con indicación de ventilación mecánica debido a insuficiencia respiratoria aguda.

El sector electrónico de los respiradores Neumovent Bebe es controlado por un microprocesador; mientras que los componentes neumáticos - con elementos de alta calidad - regulan el flujo, las presiones y el porcentaje de O<sub>2</sub>.

La programación de la ventilación por el usuario se hace por medio de un teclado con selección independiente para cada parámetro. Tres fuentes de energía eléctrica con cambio automático de una a otra, garantizan un procedimiento seguro.

## Modos Operativos de los respiradores Neumovent Bebe

- Ventilación Mandatoria Continua (CMV) de tipo Controlada. Regulación de Presión Espiratoria Cero (ZEEP), Presión Positiva Espiratoria (PEEP) y Suspiro programable.
- Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada (SIMV) con PEEP regulable.
- Ventilación Asistida, con PEEP regulable y Ventilación de Respaldo.

### **Controles:**

Porcentaje de O<sub>2</sub>: Regulación continua desde 21% hasta 100% con mezclador aire-oxígeno con precisión de  $\pm 2\%$ .

**Flujo Inspiratorio:** Con medidor de 0-15 L/min.

**Límite de Presión Máxima Inspiratoria:** Regulación continua desde 5 hasta 80 cmH<sub>2</sub>O.

Presión Positiva Espiratoria (PEEP/CPAP): Regulación continua hasta +25 cmH<sub>2</sub>O. Indicación luminosa cuando la presión positiva residual es mayor de 2 cmH<sub>2</sub>O.

Flujo para bolsa reservorio de IMV/CPAP: Regulación no calibrada hasta 30 L/min.

Presión Espiratoria Cero (ZEEP): Para reducir presión positiva residual o PEEP artificial.

### **Fuente de Presión:**

Oxígeno: Presión desde 3.5 kg/cm<sup>2</sup> hasta 7 kg/cm<sup>2</sup> (50-100 p.s.i.). Entrada: Conector macho 9/16"-18

Aire de calidad medicinal: Presión desde 3.5 kg/cm<sup>2</sup> hasta 7 kg/cm<sup>2</sup> (50-100 p.s.i.). Entrada: Conector macho 3/4"-16.

### **Salida Serial:**

Tipo: RS-232-C

Conector: DB-9 (hembra).

**Fuente Eléctrica:**

Principal: Corriente Alternada (AC) 220V-110V 50-60 Hz (switch interno). Indicador luminoso cuando está en uso.

Batería interna: 12V. con recarga automática mientras el equipo está conectado a la fuente principal. Indicador luminoso cuando está uso.

**Alarmas:**

- Presión Mínima: Desde 1 cmH<sub>2</sub>O hasta 60 cmH<sub>2</sub>O.
- Presión Máxima: Desde 5 hasta 80 cmH<sub>2</sub>O (el valor mínimo mayor que el máximo no es aceptado).
- Pérdida de PEEP/CPAP: Modo Vent: 0 - 20 cmH<sub>2</sub>O; Modo CPAP: 1-20 cmH<sub>2</sub>O.
- Baja Presión de Suministro de Oxígeno: Cuando la presión es menor de 3 kg/cm<sup>2</sup>.
- Baja Presión de Suministro de Aire: Cuando la presión es menor de 3 kg/cm<sup>2</sup>.
- Baja Carga de Batería Interna: Cuando queda carga suficiente para aproximadamente 15 minutos.
- Falla de Micro: Cuando se presenta alguna falla del circuito electrónico.

**Accesorios normales:**

- Circuito respiratorio con atrapadores de agua y válvula espiratoria.
- Soporte articulado para el circuito del paciente.
- Tubos de presión para aire (3/4"-16) y oxígeno (9/16"-18) comprimido.
- Filtros de entrada para el aire.
- Pulmón de prueba.
- Cable de alimentación eléctrica.
- Pedestal rodante.
- Manual de instrucciones para el usuario.

**Accesorio opcional recomendado:**

- Humidificador-calentador

## CAPITULO X

### GUÍA DE MANTENIMIENTO DEL RESPIRADOR

#### **Introducción. Descripción del equipo**

Los respiradores, también llamados ventiladores, son normalmente utilizados en las Unidades de Cuidados Críticos (ej: UCIs, Coronarias, Urgencias).

En los respiradores, la inspección y el mantenimiento preventivo deberían ser desarrollados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, las cuales pueden ser especificadas en función de las horas de uso. Aunque de cualquier forma, estos equipos deberían ser sometidos a una inspección completa al menos cada seis meses y, una inspección de preutilización debería ser desarrollada antes de cada utilización con un paciente.

Los respiradores o ventiladores mecánicos son usados para compensar las deficiencias en la respiración normal. Un respirador puede ayudar a proporcionar respiraciones espontáneas o puede regular completamente una forma de respiración prescrita para aquellos pacientes que no pueden respirar por ellos mismos. Los respiradores modernos usan el suministro de presión positiva a los pulmones para llevar a cabo estas funciones.

Los respiradores son clasificados de acuerdo al método en el cual la ventilación es desarrollada. La mayoría de los respiradores de adultos son de ciclo respiratorio controlado por volumen, en que ellos están capacitados para liberar un volumen predefinido de gas al paciente. La mayoría de los ventiladores infantiles son de ciclo respiratorio controlado por tiempo, ellos están capacitados para suministrar gas para un tiempo de inspiración predefinido.

Un respirador de ciclo respiratorio controlado por volumen y tiempo también tiene un control del límite de presión para prevenir que se alcancen presiones dañinas para los pulmones del paciente.

Los respiradores proporcionan control directo sobre las variables de ventilación del paciente y, también sobre otras variables (ej: la concentración de oxígeno inspirado) y sobre los límites de exactitud del valor de las variables para control de seguridad. Todos estos controles permiten al personal clínico proporcionar mejor seguimiento del paciente, aun para los pacientes con serias dificultades de respiración.

Un respirador mecánico está compuesto de cuatro subsistemas básicos: el ventilador y sus controles; monitores y alarmas; suministro de gas; y circuito de paciente (el cual incluye el circuito de respiración y puede incluir un humidificador y un nebulizador). Donde cada uno de los subsistemas requiere su propia inspección y procedimiento de mantenimiento preventivo.

Muchos respiradores controlados por microprocesador tienen programas de autochequeo.

Cuando el hardware del ventilador es revisado por su propio software (ej: válvulas, transductores), las inspecciones manuales pueden ser eliminadas.

Este procedimiento no es válido para ser aplicado en aquellos respiradores que, funcionan con presión negativa, son portátiles o de transporte, ni para los respiradores de las unidades de anestesia.

## **10. LIMPIEZA Y ESTERERILIZACIÓN**

### **10.1 Limpieza y esterilización**

#### **10.1.1 Selección y uso de Desinfectantes y Antisépticos**

##### **Desinfección:**

La desinfección es un proceso básico para la prevención y control de las infecciones y se debe realizar para prevenir la transmisión de las enfermedades infecciosas a partir de instrumentos, guantes, insumos médicos en general, etc.

La desinfección se logra con el uso racional de los desinfectantes; esto se asegura mediante la validación de cada uno de los procesos en los que se utilizan; tiene como fin destruir los microorganismos patógenos y no patógenos capaces de producir enfermedades infecciosas en los huéspedes susceptibles, actuando sobre objetos inanimados e insumos médicos en general, potencialmente portadores de microorganismos y capaces de causar enfermedades cruzadas.

**Definición:** La desinfección es el proceso que elimina los microorganismos patógenos en objetos inanimados.

Difiere de la esterilización por la falta de actividad esporicida. Actúa sobre los microorganismos que no fueron eliminados, mediante un proceso previo de limpieza, eliminando el mayor riesgo de infección y haciendo a los objetos y elementos seguros de usar y manipular. Esa seguridad, depende del uso que se vaya a dar a cada objeto o elemento.

### 10.1.2 Clasificación de la Desinfección:

Según el alcance se puede clasificar en:

**Nivel de Acción microbiana: Alto.** (destruye todas las formas de vida microbiana, con la excepción de alta carga de esporas bacterianas)

**Nivel de Acción microbiana: Intermedio.** (Inactiva el organismo *Mycobacterium Tuberculosis*, las bacterias vegetativas, la mayoría de los virus y la mayoría de los hongos, pero no destruye necesariamente las esporas bacterianas).

**Nivel de Acción microbiana: Bajo.** (Destruye la mayoría de las bacterias, algunos virus y algunos hongos pero no se puede depender de ella para eliminar microorganismos resistentes, tales como los bacilos de la Tuberculosis o las esporas bacterianas).

### 10.1.3 Resistencia Microbiana a los Desinfectantes en orden decreciente

- **Más Resistente**

**Priones** (agentes neuropático infecciosos crónicos, Virus lentos).

Esporas Bacterianas (*Clostridium Sporogenes*).

**Micobacterias** (*Micobacterium Tuberculosis*).

Virus no lípidos o pequeños (*Adenovirus* y *Rinovirus*).

**Hongos** (*cándida SP*).

**Bacterias Vegetativas** (Pseudomonas, Staphilococcus).

**Virus con cubierta limpia** (Herpes, Hepatitis B, Virus de Inmunodeficiencia Humana).

- **Menos Resistente.**

**Elementos** Pueden clasificarse según su grado de criticidad:

**Elementos Críticos:** Son los que entran en contacto con el torrente sanguíneo o con cavidades estériles.

**Elementos Semicríticos:** Son los que se hallan en contacto con mucosas o piel no intacta.

**No críticos:** Son los que entran en contacto con piel intacta.

#### **10.1.4 Factibilidad:**

Hay circunstancias que hacen imposible la esterilización.

Por ejemplo:

- a) Instalaciones fijas.
- b) Elementos Móviles.

En ambos casos debemos practicar imprescindible y constantemente un proceso de Desinfección.

## **10.2 DESINFECTANTES.**

Sustancias utilizadas para la desinfección de materia inanimada.

### **10.2.1 Generalidades.**

Factores que influyen sobre la actividad antimicrobica de los desinfectantes:

**a) Tiempo de contacto.**

La muerte microbiana no es un proceso instantáneo, resulta así indispensable no solo elegir el agente letal, sino establecer correctamente el tiempo mínimo que debe aplicarse para lograr el efecto deseado.

Se deberá prolongar el tiempo de contacto lo más posible de acuerdo al caso.

Se deberá reducir siempre la carga microbiana inicial de los objetos a desinfectar, mediante operaciones previas de limpieza

**b) Concentración.**

Este factor está relacionado al anterior, ya que un cambio en el mismo se traduce por un cambio en la velocidad de reacción. Si la concentración se aumenta, el tiempo de reacción disminuirá.

Se deberá tener en cuenta que las sustancias químicas van perdiendo eficacia al diluirse (a mayor dilución menor eficacia).

**c) Temperatura.**

Algunos compuestos aumentan su actividad con la temperatura, otros no son afectados o pueden tener una actividad más baja.

Se deberá tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.

**d) Reacción del medio.(PH)**

Los microorganismos para vivir y multiplicarse requieren una reacción adecuada que generalmente esta alrededor de la neutralidad. Tanto la acidez, como la alcalinidad les resultan perjudiciales.

Recordar que cada grupo de desinfectante tiene su Ph óptimo de acción.

**e) Influencias de sustancias presentes**

Principalmente con las sustancias orgánicas existentes en el medio donde se va a realizar la desinfección, las que influyen negativamente en el proceso.

Deberá tenerse en cuenta que para que el desinfectante actúe, debe ponerse en contacto con el microorganismo y ser absorbido por el mismo. Las grasas, proteínas, suciedad, etc. constituyen barreras para su acción.

**f) Espectro microbiano.**

En general podemos decir que la mayoría de los desinfectantes en uso, actúan con eficacia frente a formas vegetativas de bacterias. Para las formas esporuladas, solamente afectados por algunos de ellos, se requieren prolongados períodos de exposición.

**g) Estabilidad del desinfectante.**

Los preparados desinfectantes son estables generalmente, en sus formulaciones originales, sin diluir. No obstante, en el caso de los preparados, como por ejemplo las soluciones de hipoclorito de sodio, la estabilidad es muy relativa y requieren valoraciones periódicas.

Luego de la dilución los desinfectantes sufren alteraciones gradualmente, debido a ello es que se recomienda utilizar siempre diluciones recientemente preparadas.

Se debe recomendar desechar las soluciones desinfectantes preparadas, al final del día.

**h) Resistencia microbiana.**

Por lo general se dice que un organismo es resistente cuando no se destruye con un desinfectante en su concentración de uso, la cual puede destruir, en cambio, a otros microorganismos de la misma especie o no.

El nivel de resistencia no es fijo ni invariable y dependerá de las condiciones bajo las cuales se desarrolló la bacteria.

**i) Incompatibilidades e inactivación.**

Se debe evaluar y recordar que algunos desinfectantes son incompatibles hasta llegar a inactivarse, con las materias primas que los contienen, o se va a desinfectar (ej. el nylon, P.V.C., reaccionan con los fenólicos).

**Recomendaciones**

Las siguientes recomendaciones, deben ser tenidas muy en cuenta por el personal, para evitar inconvenientes:

- Medir correctamente la cantidad de desinfectante y la cantidad de agua para efectuar la dilución de uso.
- No volver a llenar con nuevo desinfectante un envase que ya lo contuvo; primero lávelo y desinfectelo.
- No utilizar el desinfectante preparado el día anterior; preparar una dilución fresca cada día y desechar el sobrante al finalizar la jornada de trabajo
- No usar dos desinfectantes juntos, salvo que uno de ellos sea alcohol.
- No mezclar desinfectantes con detergentes.
- No desinfectar sobre la suciedad. Lavar antes de desinfectar, la desinfección sin limpieza no es efectiva.
- Tener en cuenta las incompatibilidades entre el desinfectante y las superficies con las que se contacta: envase, superficie, materiales, etc.
- Aplicar el desinfectante tratando de alcanzar las condiciones óptimas de efectividad (temperatura, Ph, tiempo de contacto, etc).
- Controlar los resultados obtenidos mediante las técnicas microbiológicas adecuadas.
- La efectividad de un desinfectante debe estimarse estudiando al grupo químico al cual pertenece el producto, sus ventajas y desventajas.
- La simplicidad aconseja utilizar no más de un producto. Utilizar muchos complica el trabajo y crea confusiones en cuanto a sus condiciones de uso.
- Recordar que el verdadero costo de un desinfectante, deberá calcularse en base al precio del producto y a la concentración de uso recomendado, que obviamente tendrá que ser conveniente.

**Recordar: El Desinfectante ideal no existe, pero si el adecuado para cada uno.**

### **10.2.2 Condiciones para seleccionar un Desinfectante Institucional.**

- \* Amplio espectro
- \* Rápida acción
- \* No ser afectado por factores del Medio Ambiente
- \* Compatible con las superficies sin dejar efecto residual tóxico
- \* Sin olor
- \* Económico
- \* Estable
- \* Fácil de usar
- \* Soluble en agua

## **10.3 Desinfectantes Institucionales**

### **10.3.1 Alcohol**

Los compuestos más utilizados son el alcohol etílico y el isopropílico. Estos compuestos son desinfectantes de acción intermedia. Son bactericidas funguicidas. El alcohol etílico es ampliamente virucida, sin embargo, el alcohol isopropílico destruye solamente virus que contienen lípidos.

Ambos son potentes tuberculocidas, aunque carecen de actividad contra esporas bacterianas, por lo que no deben utilizarse como esterilizantes.

Su actividad disminuye rápidamente cuando se utilizan a concentraciones menores al 50 %, por lo que deben utilizarse concentraciones del 60 al 90 %.

#### **Sus desventajas incluyen:**

- disuelve las monturas de los lentes de algunos instrumentos ópticos.
- producen dilatación y endurecimiento de materiales plásticos incluyendo el polietileno.
- se acumula en materiales de hule, por lo que pueden producir irritación de piel y mucosas.
- se evapora rápidamente.

Se emplea frecuentemente para la desinfección de termómetros, estetoscopios, endoscopios, y superficies externas de algunos equipos.

### **10.3.2 Aminas Cuaternarias**

Los compuestos más comunes son el cloruro de benzalconio y el cloruro de cetilpiridinimium

Estos compuestos se inactivan rápidamente en presencia de materia orgánica, algodón, proteínas y granos negativos. Debido a lo antes mencionado, el uso de estos compuestos es bastante limitado, y se aplica en la limpieza ordinaria de superficies no críticas como pisos, muebles y paredes.

### **10.3.3 Cloro y sus Compuestos**

Las soluciones cloradas son consideradas generalmente como desinfectantes de acción intermedia a alta. Soluciones al 0,5 % tienen un amplio espectro, ya que son esporicidas, tuberculocidas, e inactivan bacterias vegetativas, además de ser fungicidas y virucidas. Su uso es limitado debido a su gran efecto corrosivo. Es uno de los desinfectantes preferidos para decontaminar superficies contaminadas con sangre u otros líquidos corporales, aunque se recomienda limpiarlas previamente para disminuir el riesgo de inactivación en presencia de materia orgánica.

Dentro de este grupo de desinfectantes de uso hospitalario los más utilizados son:

- Hipoclorito de Sodio. (Presentación líquida).
- Dicloroisosianurato (NaDCC- Presentación sólida).

#### **Propiedades de este grupo de desinfectantes:**

- \* Amplio rango bactericida, fungicida y virucida.
- \* Rápida acción.
- \* Estos desinfectantes son escogidos como antiviruses, incluyendo el de la hepatitis B y el del SIDA.

- \* La concentración de las diluciones de hipoclorito de sodio va disminuyendo con el tiempo, este fenómeno se acelera por la luz y el calor.
- \* Las soluciones diluidas se descomponen rápidamente y deben ser utilizadas el día de su preparación.

#### **10.3.4 Formaldehído**

El formaldehído se encuentra en forma de solución acuosa llamada formalina. Esta solución se considera bactericida, tuberculocida y virucida. Su uso está limitado por la producción de gases irritantes, el fuerte olor que produce y su posible papel como cancerígeno.

#### **10.3.5 Glutaraldehído**

Se utiliza más comúnmente como desinfectante de alto nivel para elementos de equipo médico tales como endoscopios, de terapia respiratoria, transductores, equipos de anestesia y sistema de hemodiálisis.

Debe utilizarse en habitaciones bien ventiladas y con equipo de protección, ya que su uso se acompaña de la producción de gases que son altamente irritantes para los ojos y las vías respiratorias. Al contacto puede producir dermatitis.

#### **Descontaminación del Material**

Se debe utilizar el siguiente proceso.

1. Prelavado.
2. Lavado
3. Enjuague
4. Secado
5. Conservación y acondicionamiento
6. Procesamiento.

##### **1. Prelavado:**

El objetivo de este paso es el de evitar que la sangre o los residuos se sequen en los materiales, o bien ablandar y eliminar las sustancias adheridas. Otro de los objetivos es

brindar protección al personal que manipulará el material disminuyendo riesgos de contagio de cualquier tipo.

Deberá realizarse en una batea, conteniendo la solución de prelavado, el agua para la inmersión deberá estar a temperatura ambiente, y el personal deberá estar preparado con delantal impermeable, guante grueso y protección ocular.

El producto para realizar el prelavado deberá ser un detergente con PH neutro, biodegradable, fácilmente enjuagable, no tóxico, líquido y de rápido desprendimiento de la materia orgánica. Con estas características encontramos los detergentes enzimáticos.

## **2. Lavado:**

Se vuelve a repetir el paso anterior. Deberá utilizarse productos de limpieza recién preparados. Lavar cuidadosamente el material evitando salpicaduras, usar cepillo suave si es necesario para limpiar las terminaciones cerradas y los cierres.

## **3. Enjuague:**

Después de la completa limpieza, se procede a un abundante aclarado, para la total remoción de la espuma o de cualquier huella de sustancia química.

## **4. Secado:**

Debe cuidarse que los instrumentos no sequen naturalmente, ya que la materia orgánica en solución en el agua podría incrustarse nuevamente en los mismos.

- \* Se realiza para evitar la corrosión del instrumental metálico.
- \* Se deben secar minuciosamente todos los instrumentos, dedicando especial atención a las articulaciones, ranuras, etc.
- \* De acuerdo al material, se puede usar aire forzado para este procedimiento.
- \* Utilizar preferentemente paños que no desprendan fibras que puedan quedar adheridas.
- \* Si el instrumental ha sido desarmado para su mejor limpieza, secar parte por parte y luego proceder al armado del mismo.

## **5. Conservación y mantenimiento:**

El instrumental puede cambiar su aspecto o envejecer durante su uso ante los distintos procesos a los cuales es sometido, agresiones físicas y químicas

### **Normas:**

- \* Limpie el material con detergente neutro.
- \* Nunca utilice abrasivos en la limpieza.
- \* Respete estrictamente concentración, tiempo de aplicación, y temperatura indicada durante la limpieza y la desinfección. Respete las instrucciones de uso.

## **6. Procesamiento: esterilización**

### **10.4 Procesos de Esterilización**

El objetivo de un proceso de Esterilización es destruir los microorganismos que hay en un objeto o preparado, o sobre él, y asegurar que este libre de riesgos infecciosos.

**Definición:** Es la destrucción ó eliminación de toda forma de vida microbiana contenida en un objeto o sustancia, aún de las formas esporuladas.

El proceso de Esterilización debe ser entendido en términos de probabilidad de Esterilidad.

Como en los últimos años ha aumentado la variedad y cantidad de materiales que se requieren en la asistencia de la salud, las técnicas de esterilización han adquirido creciente importancia.

La tecnología de la esterilización no es estática porque en forma incesante surgen técnicas nuevas y mejores.

A diferencia de las prácticas de esterilización industrial en que productos similares se esterilizan en el mismo aparato con gran uniformidad y bajo control constante, el personal de esterilización debe lidiar con el singular problema de manejar productos distintos que se esterilizan en distintos aparatos para propósitos múltiples en pequeña escala.

### 10.4.1 Métodos de esterilización.

#### Métodos físicos

- \* Calor Húmedo.
- \* Calor Seco.
- \* Irradiación (de uso industrial).

#### Métodos Químicos.

- \* Esterilizantes Líquidos.
- \* Esterilizantes Gaseosos.
- \* Oxido de Etileno.
- \* Formaldehído.

#### Calor Húmedo

Método de Esterilización físico cuyo agente Esterilizante es el Vapor de Agua Saturado a Presión.

Es el método más seguro, económico y el más utilizado.

El calor húmedo es lo que causa la destrucción de los microbios por coagulación de las proteínas dentro de las células.

Se realiza mediante un aparato denominado **autoclave**, el más difundido es el autoclave de Chamberland.

Este aparato se compone de un cilindro metálico que contiene a otro, en cuyo interior se coloca un cesto de alambre donde se deposita el material por esterilizar. Como fuente de gas se utilizan quemadores de gas.

#### Características del vapor como agente esterilizante:

- Rapidez.
- Eficacia.
- Facilidad de obtención.
- No deja residuos tóxicos en los materiales.
- No genera toxicidad ambiental.
- Económico.

### **Calor Seco**

Método de Esterilización Físico cuyo agente esterilizante es el aire caliente forzado.

Actúa por oxidación, desnaturalizando las proteínas del protoplasma bacteriano.

Para esterilizar con calor seco se emplean estufas. Se trata de cajas metálicas de doble pared; entre las paredes y el interior circula aire caliente. La fuente de calor puede consistir en gas o en electricidad, aunque suele emplearse esta última. En la parte superior se coloca un termómetro que mide la temperatura del interior.

**Materiales a esterilizar:** vidrio, instrumental, aceites y polvos, gasa vaselinada.

Lo importante es que todo método de esterilización con calor seco debe ser ensayado sistemáticamente con indicadores biológicos apropiados para validar que el procedimiento esterilizó el producto, **siempre**.

### **Oxido De Etileno**

Es un método de esterilización químico cuyo agente esterilizante es el oxido de etileno.

Es un gas en condiciones normales de temperatura y presión. Se condensa a líquido a 10°C Es incoloro y con un olor similar al éter. Es altamente inflamable y nexplosivo.

Hasta la fecha se la considera que no es perjudicial para el medio ambiente, pero si para las personas y un probable cancerígeno. Las principales vías de ingreso son la dérmica y la inhalatoria.

Los efectos sistémicos a corto plazo registrados son: irritación de la piel, membranas mucosas y tracto respiratorio superior, dolor de cabeza trastornos gastrointestinales, etc.

Los efectos crónicos registrados son: datos experimentales mutagénicos, teratogénicos y carcinógenos.

### **Equipo. Características Principales.**

- \* Construidos con una cámara y una o dos puertas, deslizantes ó a bisagra.
- \* El ciclo de programa automático funcionará solo si las puertas están cerradas.
- \* Estará equipado con sistema de ventilación al finalizar el ciclo.
- \* La eficiencia de la Esterilización por oxido de etileno depende de conseguir una adecuada concentración del gas, una apropiada temperatura y humedad relativa, conjugadas con el tiempo de exposición.

**Condiciones de los artículos a esterilizar.**

- \* Se deben encontrar limpios y secos.

**10.4.2 Se puede esterilizar por este método****Cloruro de Polivinilo**

- \* Tubos endotraqueales.
- \* Cánulas de traqueotomía.
- \* Sondas. Resinas Acrílicas.
- \* Prótesis dentales.
- \* Prótesis oculares.
- \* Oxigenadores. Poliamidas
- \* Filtros
- \* Cánulas
- \* Catéteres para angiografía Poliestireno
- \* Jeringas hipodérmicas Polipropileno
- \* Films
- \* Válvulas cardiacas Policarbonato
- \* Oxigenadores
- \* Biberones Poliestireno
- \* Jeringas hipodérmicas Equipos de materiales múltiples
- \* Laringoscopios
- \* Broncoscopios

**No esterilizar**

- \* Materiales previamente sometidos a radiación
- \* Materiales que contengan agua
- \* Materiales que contengan compuestos grasos adhesivos, etc.
- \* Textiles en general
- \* Siliconas

## 10.5. CONTROL DE PARÁMETROS

### 10.5.1 Aparatos de Test y Fuentes

- Un pulmón de simulación con complianza ajustable o un equipo de revisión de respiradores.
- Galga de presión o manómetro, con una resolución de 2 cm de H<sub>2</sub>O desde -20 a +120 cm de H<sub>2</sub>O.
- Varios adaptadores para conectar los equipos de revisión al respirador.
- Equipo de revisión de Seguridad Eléctrica.
- Medidor de Resistencia a Tierra.
- Otros equipos que sean requeridos según especificaciones del fabricante.

### 10.5.2 Seguridades y Precauciones Especiales

Los procedimientos recomendados por el fabricante para inspección y mantenimiento preventivo de los respiradores mecánicos, varían en los métodos y en las frecuencias requeridas. Además, los modos de ventilación, controles, y algoritmos para las variables calculadas, varían extensamente de acuerdo con los fabricantes y los modelos de los equipos.

Este procedimiento proporciona un formato básico de trabajo para completar la inspección y el mantenimiento preventivo, debiéndose desarrollar los procedimientos recomendados por el fabricante. Tomar como referencia las hojas del *Manual del Fabricante* que explican su procedimiento de IMP y añadirlas a nuestro *Documento de Protocolos de IMP* (incluiremos en nuestra hoja de protocolos, espacios en blanco para insertar las referencias de esas páginas que consideremos importantes).

Las tareas de IMP deben ser coordinadas, por cada modelo específico de respirador (para que previamente se proceda a la compra de todos aquellos materiales de repuesto que se vayan a necesitar), por la programación de las fechas a ejecutar el *Programa de IMP* (se hará acordándolo con cada uno de los servicios para que tengan constancia de ello y puedan calcular sus disponibilidades) y, por las necesidades del hospital (los responsables del hospital son los que deben planificar las directrices del PIMP).

*Antes de comenzar la inspección de un equipo, leer cuidadosamente éste procedimiento de trabajo, las instrucciones del fabricante y el manual de uso. Estar seguro que se entiende como funciona el equipo y el significado de cada mando de control, indicador, y la identificación de cada alarma. También determinar si hay alguna inspección o proceso de mantenimiento preventivo sugerido por el fabricante.*

*Si se detecta fallo en un equipo, éste deberá ser reparado o reemplazado antes de hacer la revisión del mantenimiento preventivo.*

### **10.5.3.- Test de Inspección y Funcionalidad**

**10.5.3.1 Chasis.-** Examinar el exterior del equipo, la limpieza y las condiciones físicas generales.

Estar seguro que la carcasa esté intacta, que todos los accesorios estén presentes y firmes, y que no haya señales de líquidos derramados u otros abusos serios.

**10.5.3.2 Montajes y Apoyos.-** Si el equipo está montado sobre un carro de transporte, una superficie (ejm: mesa, mueble, encimera, etc.), o reposa sobre una estantería, revisar la integridad de la misma. Si está “clampado” o atornillado, examinar que todos sus componentes estén seguros.

**10.5.3.3 Frenos. -** Si el equipo se mueve en un carro para ser transportado, mirar la acumulación de hilos o suciedades en las ruedas y, asegurarse de que giran con suavidad. Revisar el funcionamiento de los frenos.

**10.5.3.4 Enchufe de Red y Base de Enchufe.-** Examinar si está dañado el enchufe de red. Mover las clavijas para determinar si son seguras.

Examinar el enchufe y su base para determinar que no falta ningún tornillo, que no está el plástico roto y que no hay indicios de peligro.

**10.5.3.5 Cable de Red.-** Inspeccionar el cordón por si existe la posibilidad de daños. Si el cordón está dañado reemplazarlo por uno nuevo. Si el daño está cerca del principio o

del final cortar el cable por la parte defectuosa, sanearlo y montarlo estando seguro que se conecta con la polaridad correcta.

**10.5.3.6 Amarres contra tirones.** - Si el cable de red debe estar amarrado al equipo, y éste no lo está porque lo ha soltado el usuario, sujetar el cable al equipo para que el cable de red no pueda ser fácilmente movido.

Examinar los amarres contra tirones a ambos lados de los extremos del cable de red. Estar seguro que ellos agarran al cordón con seguridad.

**10.5.3.7 Interruptores y Fusibles.** - Si el equipo tiene un interruptor de corriente, revisarlo y ver que se mueve con facilidad. Si el equipo está protegido por un fusible externo, revisar su valor y modelo de acuerdo con la placa de características colocada sobre el chasis, y asegurarse que existe uno de repuesto.

**10.5.3.8 Tubos y Mangueras.-** Revisar las condiciones de todos los tubos y mangueras y sus conexiones. Asegurarse que no están rajados, obstruidos, ni sucios. Verificar que no hay fugas.

**10.5.3.9 Tomas de Gas y Accesorios de Amarre.-** Examinar todos conectores o accesorios de amarre y las tomas de gas para los gases respiratorios.

Los accesorios de amarre deberían estar apretados y no haber fugas entre la manguera y la toma de gas. Verificar que el rótulo indicador del nombre del gas es usado donde corresponde (respirador, manguera, toma de gas de la manguera, toma de gas de la pared). Que todas las tomas de gas de manguera se conexionan bien en sus correspondientes bases de pared, y que estas también aparecen correctamente identificadas con el nombre del gas que le corresponde.

**10.5.3.10 Controles y Teclas.** - Antes de mover cualquier mando de control considerar la posibilidad de un uso clínico inapropiado o de un incipiente fallo del equipo. Grabar la posición de estos controles para volver a colocarlos en su posición al terminar la inspección.

Examinar las condiciones físicas de todos los controles y teclas, que su montaje es seguro y sus movimientos correctos. Revisar que los mandos de control no han resbalado sobre sus ejes. En aquellos controles donde el programa debería parar en algún límite fijado, revisar que lo hacen y que lo hacen en el punto correcto. Revisar las teclas de membrana de daños (ej: uñas, marcas de bolígrafo, etc). Durante el curso de esta inspección, asegurarse de mirar todas teclas y mandos de control, y que todos funcionan de acuerdo con su función.

Provocar alarmas para verificar que se activan al sobrepasar los límites programados.

**10.5.3.11 Sensores y Transductores.-** Comprobar que están todos los sensores y transductores que le corresponden al respirador (temperatura, O<sub>2</sub>, flujo, presión, inspiración, expiración, etc.).

Verificar que funcionan todos ellos y que además no tienen un comportamiento intermitente (para ello mover el cable en su parte cercana al conector, y comprobar que su medida no se interrumpe).

Comparar las medidas dadas por ellos con las programadas y determinar si el sensor o el transductor son operativos en primera instancia.

**10.5.3.12 Filtros.** - Revisar las condiciones de los filtros de los gases respiratorios. Verificar que no existen indicadores de residuos corrosivos, líquidos, gases, o partículas sólidas contaminantes en la fuente de gas; avisar al personal apropiado si fueran encontrados.

Limpiar los filtros o reemplazarlos si fuera necesario, e indicarlo en la *hoja de protocolos*.

**10.5.3.13 Calentador de Aire Expirado.-** Muchos respiradores tienen un elemento calefactor para calentar el aire expirado por el paciente, con la misión de evitar la condensación de agua en el transductor del canal de expiración. Asegurarse que dicho elemento calefactor funciona correctamente.

**10.5.3.14 Ventilador y Compresor.-** Revisar las condiciones físicas y el buen funcionamiento de estos componentes.

Si el equipo dispone de él, comprobar que se activa automáticamente el compresor cuando la presión del gas suministrado falla por debajo de la presión de trabajo. Limpiar o reemplazar los filtros y el ventilador, así como los filtros del compresor, lubricándolo como sea requerido según las recomendaciones del fabricante; anotarlo en la hoja de protocolos.

**10.5.3.15 Baterías y su Cargador.-** Inspeccionar las condiciones físicas de las baterías y de los conectores de las baterías. Chequear el funcionamiento del indicador de batería, así como la alarma de batería baja (si tiene esta propiedad el respirador). Si el equipo tiene la función de visualización de la carga de batería, usar esta función para ver si funciona correctamente.

Hacer funcionar el equipo en batería durante varios minutos y revisar que la batería permanece con buena carga. Cuando se haya de cambiar una batería, chequear la capacidad de la batería para cambiarla por una igual, y anotar la fecha de cambio.

Revisar las condiciones del cargador de batería y confirmar que en verdad se carga la batería.

**10.5.3.16 Indicadores y Displays.** - Durante el curso de la inspección confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, medidores, galgas, y displays de visualización de la unidad.

Estar seguros que todos los segmentos de un display digital se iluminan y funcionan adecuadamente.

**10.5.3.17 Alarmas y Medidas de Seguridad.-** Hacer que el equipo ejecute su autochequeo y verificar que todas las alarmas visuales y audibles se activan. Verificar los mensajes de alarma que aparecen en la pantalla y que se corresponden con la descripción de la alarma provocada.

Si el respirador tiene una función para silenciar temporalmente el tono de la alarma, verificar que se apaga su sonido y que tras un tiempo ésta vuelve a activarse automáticamente.

Operar con el equipo para que se active alguna señal audible o luminosa como consecuencia del reconocimiento de una alarma. Confirmar si la intensidad del volumen escuchado es la apropiada y, si ésta se puede regular (si el equipo está equipado con esta función). Si el sonido ha sido silenciado o la programación de la intensidad de volumen es demasiado baja, advertir al personal del hospital que el volumen se debe mantener a un nivel apropiado.

Como comprobación necesaria se habrán de realizar las siguientes pruebas:

Colocar el Comprobador en mínima complianza	
Valor seleccionado	Valor alcanzado real
20	
40	
60	

Seleccionar presión en válvula de descarga <math>P_{\text{máx}}</math>		
	Valor seleccionado	Valor alcanzado real
Colapsar pulmón		

Desconectar la pieza en “Y” del Comprobador	
	Comprobado
Se debe activar la alarma de Presión Baja	
Se debe activar la alarma de Apnea	

	¿Se activa la alarma?
Seleccionar una concentración alta de $O_2$	
Seleccionar una concentración baja de $O_2$	

Desconectar la toma de O <sub>2</sub>	
	Comprobado
Se debe activar la alarma de desconexión O <sub>2</sub>	
La concentración de NO <sub>2</sub> debe bajar a cero	

Desconectar la toma de red de la pared (no el interruptor)	¿Se activa la alarma?

**10.5.3.18 Etiquetado.-** Inspeccionar que estén todas las placas de características, etiquetas de advertencia, caracteres de conversión, tarjetas de instrucciones. Que todas ellas estén presentes y legibles.

**10.5.3.19 Accesorios. -** Confirmar la presencia y las condiciones de los accesorios del respirador, como es por ejemplo, el brazo soporte de la tubuladura de paciente, el humidificador y el nebulizador (si lo tienen).

#### **10.5.4.- Test Cuantitativo**

**10.5.4.1 Test de Seguridad Eléctrica.-** Se procede de acuerdo con el procedimiento especial descrito para este efecto (en el requisito de cumplir la norma UNE 60601).

**10.5.4.2 Modos de Funcionamiento y de Programación.-** Los siguientes modos de ventilación son encontrados en la mayoría de los respiradores: Volumen Controlado, Volumen Controlado con Asistolia, Ventilación Mandatoria Intermitente (IMV), Ventilación Mandatoria Intermitente

Sincronizada (SIMV), Presión de Soporte, Presión en Vías Respiratorias Continua y Positiva (CPAP), Presión Positiva de Exhalación Final (PEEP). La función de ventilación debería ser controlada en cada uno de estos modos, verificando su funcionamiento.

Se habrá de verificar la exactitud de los controles de programación del respirador: Volumen Tidal, Frecuencia Respiratoria, Tiempo de Inspiración, Tiempo de Expiración, Relación Inspiración-Expiración (I:E), Flujo, Forma de Onda, etc.

Estos tests de comprobación pueden ser desarrollados por el personal clínico, dentro de las tareas del Programa de Apoyo a desarrollar por el Usuario, y según las indicaciones del manual de uso. Se harán conectando un pulmón de prueba a un sistema o tubuladura de paciente.

A nivel de comprobación por parte de los técnicos de Electromedicina, éstos deben usar un equipo simulador de paciente para comparar los valores medidos por el respirador con los valores reales medidos por el equipo comprobador. Usando diferentes técnicas de ventilación, se habrá de estudiar la respuesta del respirador frente a esas situaciones. El fabricante debería facilitar la tolerancia permitida (generalmente  $\pm 10\%$ ).

**10.5.4.3 Valores Monitorizados y Alarmas.** - Los siguientes parámetros son comúnmente monitorizados y debería ser inspeccionada su exactitud (generalmente  $\pm 10\%$  de tolerancia) de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

- Frecuencia Respiratoria.
- Tiempo de Inspiración.
- Pico de Presión Inspiratoria (PIP).
- Pico y Valor Medio del Flujo Inspiratorio.
- PEEP.
- Valor Medio de la Presión en Vías (MAP).
- Volumen Tidal y Volumen Minuto.
- Fracción de Oxígeno Inspirado (FIO<sub>2</sub>).
- Temperatura del Aire Inspirado.
- Otros valores monitorizados.

Revisar el funcionamiento de las alarmas correspondientes a esos valores monitorizados.

**10.5.4.4 Fuentes de Gas.**- Son partes que necesariamente requieren ser inspeccionadas; comprobar que estén en buen estado, y que no se vea la posibilidad de un posible fallo.

- Mezclador de Aire-Oxígeno.
- Compresor.
- Sistemas Neumáticos (incluyendo filtros de aire).
- Bombonas de Gas, Galgas de Presión, y Reguladores.

#### **10.5.4.5 Circuito de Paciente.-**

Circuito de Respiración: Comprobar que los circuitos de paciente o tubuladuras son adecuados para el respirador.

Revisar si existen fugas en el circuito de respiración, asegurándose que sus accesorios instalados, adaptadores, y otros componentes (ej: válvulas de exhalación, válvulas de PEEP, trampas de agua, nebulizadores) están adecuadamente montados y funcionando correctamente.

Humidificador: Si el respirador dispone de uno, comprobar que éste funciona.

Mecanismo de Desahogo de Presión: Revisar el correcto funcionamiento del mecanismo de liberación de presión ocluyendo el circuito de respiración y midiendo el valor de pico de presión (ver Prueba 5ª del punto 3.17). Verificar que la presión es evacuada del circuito de respiración.

**10.5.4.6 Pruebas de Comportamiento (para respirador volumétrico).-** La mejor forma de comprobar un respirador volumétrico es sometiéndolo a condiciones de trabajo, y verificar la respuesta de éste ante las mismas.

#### **PRUEBA 1ª: Simulación de un paciente en condiciones de ventilación normales.**

**1º Paso:** En el comprobador de respiradores ajustar los siguientes parámetros  
C=50 R=20 I:E=2 O<sub>2</sub>=50% V<sub>t</sub>=500 F=20 PEEP=0

**2º Paso:** En el respirador ajustar los mandos de control (V<sub>t</sub>, F, P<sub>máx</sub>, O<sub>2</sub>, I:E, PEEP, P<sub>media</sub>) hasta que el comprobador me mida valores exactos de: V<sub>t</sub>=500, F=20, O<sub>2</sub>=50%, I:E=2, PEEP=0. El modo de funcionamiento del respirador ha de ser a Volumen Controlado y en SIMV.

**3º Paso:** Los valores medidos por el comprobador de respiradores serán valores reales que me está dando el respirador, y la diferencia entre, los que el propio respirador me

está midiendo y los valores reales, es la discrepancia o la exactitud del respirador. Y en función de ella se evalúa si está dentro de las tolerancias admisibles; y en consecuencia, el respirador puede o no ser utilizado.

Parámetros a programar (en el respirador)	Parámetros Reales (en el equipo comprobador)	Parámetros Indicados (en el respirador)	Rango o tolerancia
Vt	500		487-512
F	20		18-22
Pmáx			±10%
O <sub>2</sub>	50		45-55
I:E	2		±10%
PEEP	0		
Pmedia			±10%

## **PRUEBA 2ª: Simulación de un paciente en condiciones de ventilación con un Volumen**

### **Tidal bajo.**

**1º Paso:** En el comprobador de respiradores ajustar los siguientes parámetros

C=50 R=20 I:E=2 O<sub>2</sub>=30% Vt=100 F=20 PEEP=0

**2º Paso:** En el respirador ajustar los mandos de control (Vt, F, Pmáx, O<sub>2</sub>, I:E, PEEP, Pmedia) hasta que el comprobador me mida valores exactos de: Vt=100, F=20, O<sub>2</sub>=30%, I:E=2, PEEP=0. El modo de funcionamiento del respirador ha de ser a Volumen Controlado y en SIMV.

**3º Paso:** Los valores medidos por el comprobador de respiradores serán valores reales que me está dando el respirador, y la diferencia entre, los que el propio respirador me está midiendo y los valores reales, es la discrepancia o la exactitud del respirador. Y en función de ella se evalúa si está dentro de las tolerancias admisibles; y en consecuencia, el respirador puede o no ser utilizado.

Parámetros a Programar (en el respirador)	Parámetros Reales (en el equipo comprobador)	Parámetros indicados (en el respirador)	Rango o Tolerancia
Vt	100		80-110
F	20		18-22
Pmáx			±10%
O <sub>2</sub>	30		24-33
I:E	2		±10%
PEEP	0		
Pmedia			±10

### Tidal alto y con PEEP=10.

**1º Paso:** En el comprobador de respiradores ajustar los siguientes parámetros

C=50 R=20 I:E=2 O<sub>2</sub>=80% Vt=800 F=15 PEEP=10

**2º Paso:** En el respirador ajustar los mandos de control (Vt, F, Pmáx, O<sub>2</sub>, I:E, PEEP, Pmedia) hasta que el comprobador me mida valores exactos de: Vt=800, F=15, O<sub>2</sub>=80%, I:E=2, PEEP=10. El modo de funcionamiento del respirador ha de ser a Volumen Controlado y en SIMV.

**3º Paso:** Los valores medidos por el comprobador de respiradores serán valores reales que me está dando el respirador, y la diferencia entre, los que el propio respirador me está midiendo y los valores reales, es la discrepancia o la exactitud del respirador. Y en función de ella se evalúa si está dentro de las tolerancias admisibles; y en consecuencia, el respirador puede o no ser utilizado.

Parámetros a Programar (en el respirador)	Parámetros Reales (en el equipo comprobador)	Parámetros indicados (en el respirador)	Rango o Tolerancia
Vt	800		720-880
F	15		13-17
Pmáx			±10%
O <sub>2</sub>	80		72-88
I:E	2		±10%
PEEP	10		±10%
Pmedia			±10%

**1° Paso:** En el comprobador de respiradores ajustar los siguientes parámetros

C=10 R=20 I:E=2 O<sub>2</sub>=50% Vt=500 F=20 PEEP=0

**2° Paso:** En el respirador ajustar los mandos de control (Vt, F, Pmáx, O<sub>2</sub>, I:E, PEEP, Pmedia) hasta que el comprobador me mida valores exactos de: Vt=500, F=20, O<sub>2</sub>=50%, I:E=2, PEEP=0. El modo de funcionamiento del respirador ha de ser a Volumen Controlado y en SIMV.

**3° Paso:** Los valores medidos por el comprobador de respiradores serán valores reales que me está dando el respirador, y la diferencia entre, los que el propio respirador me está midiendo y los valores reales, es la discrepancia o la exactitud del respirador. Y en función de ella se evalúa si está dentro de las tolerancias admisibles; y en consecuencia, el respirador puede o no ser utilizado.

Parámetros a Programar (en el respirador)	Parámetros Reales (en el equipo comprobador)	Parámetros indicados (en el respirador)	Rango o Tolerancia
Vt	500		450-550
F	20		18-22
Pmáx			±10%
O <sub>2</sub>	50		44-55
I:E	2		±10%
PEEP	0		
Pmedia			±10%

**1° Paso:** En el comprobador de respiradores ajustar los siguientes parámetros. C=20 R=50 I:E=2 O<sub>2</sub>=50% V<sub>t</sub>=150 F=30 PEEP=0

**2° Paso:** En el respirador ajustar los mandos de control (V<sub>t</sub>, F, P<sub>máx</sub>, O<sub>2</sub>, I:E, PEEP, P<sub>media</sub>) hasta que el comprobador me mida valores exactos de: V<sub>t</sub>=150, F=30, O<sub>2</sub>=50%, I:E=2, PEEP=0. El modo de funcionamiento del respirador ha de ser a Volumen Controlado y en SIMV.

**3° Paso:** Los valores medidos por el comprobador de respiradores serán valores reales que me está dando el respirador, y la diferencia entre, los que el propio respirador me está midiendo y los valores reales, es la discrepancia o la exactitud del respirador. Y en función de ella se evalúa si está dentro de las tolerancias admisibles; y en consecuencia, el respirador puede o no ser utilizado.

Parámetros a Programar (en el respirador)	Parámetros Reales (en el equipo comprobador)	Parámetros indicados (en el respirador)	Rango o Tolerancia
V <sub>t</sub>	150		135-165
F	30		26-33
P <sub>máx</sub>			±10%
O <sub>2</sub>	50		44-55
I:E	2		±10%
PEEP	0		
P <sub>media</sub>			±10%

Con el respirador en modo de ventilación SIMV o IMV, y el resto de los parámetros como en condiciones normales (programación según Prueba 1<sup>a</sup>).

Generar presiones negativas con el comprobador hasta conseguir el disparo del respirador.

Parámetros a Programar (en el respirador)	Parámetros Reales (en el equipo comprobador)	Parámetros indicados (en el respirador)	Desviación

**10.5.4.7 Pruebas de comportamiento (para respirador pediátrico).**- La mejor forma de comprobar un respirador pediátrico es sometiéndolo a condiciones de trabajo y, verificar la respuesta de éste ante las mismas.

En aquellos respiradores pediátricos que tengan un monitor para poder visualizar los valores que están siendo medidos por el respirador, los valores a anotar en la hoja de protocolos habrán de ser éstos; y en aquellos que carezcan de monitor, los valores a ser anotados en la hoja de protocolos se hará tomando por aproximación los indicados en los mandos de control.

Al igual que hacemos con los respiradores volumétricos, someteremos a pruebas a los respiradores pediátricos bajo unas condiciones fijas que nosotros determinamos y, posteriormente veremos el comportamiento de éstos ante las mismas. Evaluando los valores medidos e indicados por el respirador frente a los valores reales medidos por el equipo comprobador, determinaremos si el respirador es adecuado para su uso.

$$\text{Desviación} = \frac{V_{\text{Real}} - V_{\text{Medio}}}{V_{\text{real}}} \times 100 \leq \pm 10\%$$

### **PRUEBAS PEDIATRICAS: Comprobación del respirador con una técnica pediátrica.**

**1º Paso:** En el comprobador de respiradores ajustar el valor de complianza indicado en la tabla. Igualmente en el respirador, ajustar los valores indicados en la tabla de: TI, TE, f, P; y hacer trabajar el respirador en modo de SIMV y a Volumen Controlado.

**2º Paso:** Observar los parámetros a controlar, tanto en el equipo de comprobación como en el respirador, anotando sus valores en la tabla correspondiente.

**3º Paso:** Los valores medidos por el comprobador de respiradores serán valores reales que me está dando el respirador, y la diferencia entre, los que el propio respirador me está midiendo y los valores reales, es la discrepancia o la exactitud del respirador. Y en función de ella se evalúa si está dentro de las tolerancias admisibles; y en consecuencia, el respirador puede o no ser utilizado. Denominaremos *Desviación* a la cantidad

expresada en % que el valor medido por el respirador se aleja del valor real medido en el equipo comprobador. Diremos que el equipo es apto para el uso cuando esta desviación es menor de  $\pm 10\%$ .

Prueba 1ª; Simulación de un paciente en condiciones de ventilación C=0,003 T <sub>I</sub> =1s T <sub>E</sub> =2s f=5 l/min P040cm H <sub>2</sub> O SIMV Volumen controlado			
Parámetros a Controlar	Parámetros reales (en el equipo comprobador)	Parámetros medidos (en el respirador)	Desviación
P <sub>máx</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
P <sub>media</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
PEEP (cm H <sub>2</sub> O)			
F (BMP)			
VT(I)			
V <sub>MIN</sub> (I)			
I:E			
f <sub>I</sub> (l/min)			
f <sub>E</sub> (l/min)			
T <sub>I</sub> (s)			
T <sub>E</sub> (s)			
O <sub>2</sub> (%)			

Prueba 2ª; Simulación de un paciente en condiciones de ventilación C=0,003 T <sub>I</sub> =0,7s T <sub>E</sub> =1,4s f=5 l/min P=40cm H <sub>2</sub> O SIMV Volumen controlado			
Parámetros a Controlar	Parámetros reales (en el equipo comprobador)	Parámetros medidos (en el respirador)	Desviación
P <sub>máx</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
P <sub>media</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
PEEP (cm H <sub>2</sub> O)			
F (BMP)			
VT(I)			
V <sub>MIN</sub> (I)			
I:E			
f <sub>I</sub> (l/min)			
f <sub>E</sub> (l/min)			
T <sub>I</sub> (s)			
T <sub>E</sub> (s)			
O <sub>2</sub> (%)			

Prueba 3ª; Simulación de un paciente en condiciones de ventilación C=0,003 T <sub>I</sub> =0,4s T <sub>E</sub> =0,8s f=5 l/min P=40cm H <sub>2</sub> O SIMV Volumen controlado			
Parámetros a Controlar	Parámetros reales (en el equipo comprobador)	Parámetros medidos (en el respirador)	Desviación
P <sub>máx</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
P <sub>media</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
PEEP (cm H <sub>2</sub> O)			
F (BMP)			
VT(I)			
V <sub>MIN</sub> (I)			
I:E			
f <sub>I</sub> (l/min)			
f <sub>E</sub> (l/min)			
T <sub>I</sub> (s)			
T <sub>E</sub> (s)			
O <sub>2</sub> (%)			

Prueba 4ª; Simulación de un paciente en condiciones de ventilación C=0,001 T <sub>I</sub> =0,6s T <sub>E</sub> =1,8s f=8 l/min P=50cm H <sub>2</sub> O SIMV Volumen controlado			
Parámetros a Controlar	Parámetros reales (en el equipo comprobador)	Parámetros medidos (en el respirador)	Desviación
P <sub>máx</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
P <sub>media</sub> (cm H <sub>2</sub> O)			
PEEP (cm H <sub>2</sub> O)			
F (BMP)			
VT(I)			
V <sub>MIN</sub> (I)			
I:E			
f <sub>I</sub> (l/min)			
f <sub>E</sub> (l/min)			
T <sub>I</sub> (s)			
T <sub>E</sub> (s)			
O <sub>2</sub> (%)			

### 10.6.5.- Mantenimiento Preventivo

**10.6.5.1 Limpieza y Esterilización.-** Mantener el equipo limpio tanto exteriormente como interiormente.

La esterilización de componentes realizarla según las recomendaciones del fabricante.

**10.6.5.2 Calibrar.-** Los elementos que hayan de ser calibrados, hacerlo según el modo que indique el fabricante.

**10.6.5.3 Reemplazar Componentes.-** Si es necesario cambiar algún componente, referirse al manual técnico del fabricante.

#### **10.6.6.- Test de Aceptación**

**10.6.6.1 Tomas o Conectores de Gas.-** Asegurarse que el tipo de conectores o tomas de gas que lleva el respirador, son las adecuadas para conectar a las tomas de gas o bases de pared de la instalación general del hospital.

**10.6.6.2 Circuitos o Tubuladuras de Paciente.-** Según sea la política de compra del hospital, quizás sea interesante cuando se compra un respirador, ver, que el tipo de circuito de paciente utilizado en el hospital sea compatible con el necesitado por el respirador (no se debe aceptar el uso de adaptadores).

**10.6.6.3 Compresor.-** En la actualidad, al existir en la mayoría de los hospitales instalaciones generales de gases médicos, no se suelen utilizar respiradores con compresor. Pero si por causas especiales éste es requerido, debe quedar claro con el fabricante la necesidad del mismo, ya que en la actualidad son muchos los modelos que no tienen disponibilidad de él.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1.- Concluimos que los aparatos de respiración mecánica están acordes con el avance tecnológico actual, debido a que existen las marcas distribuidoras reconocidas internacionalmente, siendo nosotros un país consumidor de productos y equipos fabricados en otros países mucho mas desarrollados tecnológicamente que el nuestro.

2.- Se ha logrado elaborar una guía completa de funcionamiento y mantenimiento de los equipos de respiración mecánica necesarios para capacitar personal especializado en la rama de bioelectrónica, como también para capacitar a médicos y enfermeras que manipulen este tipo de equipos.

3.- Concluimos que los equipos de respiración mecánica en nuestro medio siguen casi todas las normas internacionales vigentes hasta el momento, pero no se lleva el correcto mantenimiento, ya que solo cuando existen fallas de los equipos se informa a las diferentes casas distribuidoras que hicieron la venta de los mismos.

4.- El cuidado y mantenimiento de los equipos utilizados en áreas como cuidados intensivos deben ser tomando la medidas completas de esterilidad para evitar algún tipo de contaminación.

5.- El manual de mantenimiento de equipos es apto para toda persona que se encuentra implicada en participar activamente con el uso de respiradores mecánicos

6.- Cada uno de los equipos tienen características diferentes ya sea por pertenecer a diferentes casas comerciales, como también dependiendo del uso en el cual van a ser empleados, ya sea para ayudar a personas adultas como personas mayores de edad.

7.- En nuestro país se ha enseñado a las personas que tenemos que depender de productos o equipos extranjeros, fuera bueno se pudiera fabricar estos equipos en nuestro país, como también se podría dar los mantenimientos ya conociendo más de estos equipos.

8.- Las alarmas que indican cuando existe algún problema con el respirador, sirve para avisar al personal de enfermería cuando ellos se encuentran realizando otras actividades o atendiendo a otro paciente, por lo que se considera de suma importancia estas alarmas que pueden ser visuales por leds de colores o auditivas por medio de buzzers.

9. El personal médico en la actualidad no esta capacitado en respiradores artificiales por lo que se esta manipulando estos equipos de una forma inadecuada.

10. Esta es una guía práctica para quién quiera capacitarse en respiradores artificiales, para personas de cualquier nivel de conocimientos en este tema.

11. Los respiradores artificiales son equipos de vital importancia para ayudar a la persona que no pueda respirar con facilidad.

12. Los respiradores artificiales disminuyen en gran porcentaje la morbi-mortalidad.

13. Para la colocación del respirador artificial al paciente se debe seguir paso a paso el método descrito en este manual, ya que sino se lo hace en la misma secuencia podemos ocasionar al paciente malestar e incluso la muerte.

## RECOMENDACIONES

1.- Nosotros como país consumidor de estos equipos se recomienda mediante la investigación y la conformación de laboratorios en las diferentes universidades, tener una autonomía en estos equipos, para que profesionales de nuestro país se encuentren en capacidad de solucionar los diferentes problemas que se presentan frecuentemente, y siendo un poco mas objetivos que nuestro país invierta en llegar hacer fabricas de estos equipos con tecnología nacional, de tal manera disminuir costos en la compra de equipos y mantenimiento, facilitando la adquisición de estos equipos en las diferentes casas de salud.

2.- Mediante la guía de mantenimiento y funcionamiento que se ha elaborado, se recomienda implementar cursos de capacitación para el manejo de respiradores mecánicos en las diversas casas de salud dirigida al personal medico y técnicos que se vean en la necesidad de manejar estos equipos, con el objetivo de disminuir las diferentes falencias que se están cometiendo hasta el momento comprometiendo la vida de las personas.

3.- Se recomienda dar un mantenimiento preventivo a los equipos de respiración mecánica de una forma cronológica, de manera que las fallas y la calibración de estos no afecten a las personas, y al personal que se ve involucrado a trabajar con estos.

4.- Se recomienda al personal médico, en especial a enfermeras que la esterilización sea efectuado bajo las indicaciones dadas en la guía propuesta, y de una forma secuencial para evitar que los equipos no estén contaminados.

5.- Se recomienda a entes gubernamentales de implementar mejor las salas de terapia intensiva de hospitales y casas de salud, ya que se ha podido observar que no existe los recursos necesarios para que se lleve un cuidado de los equipos.

6.- Se recomienda a los jóvenes colegiales y universitarios protestar para que cada una de sus colegios y universidades capacite mejor a sus maestros en el área de

salud, en especial en equipos de ventilación mecánica ya que estos son muy importantes en una sala de terapia intensiva, y depende de estos de una buena calibración y mantenimiento para no convertirse este la causa de muerte de un enfermo sino que sea la ayuda para la persona que esté atendida.

7.- Se recomienda a nuestra facultad dictar seminarios de aparatos médicos para que con ello se puede impulsar a profesionales capaces de inventar nuevas tecnologías que permitan a las personas aprovechar las facilidades de estos equipos que pueden ser automatizados.

8.- Los procesos de esterilización de estos equipos debe darse periódicamente para evitar contagio de una persona a otra.

9.- Se recomienda a quien maneje esta guía revise el manual adjunto donde consta un marco teórico detallado de los respiradores artificiales.

10.- Los cursos de capacitación para el manejo adecuado de estos equipos debería dictarse de una forma periódica, ya que la tecnología avanza, y el personal médico siempre cambia, especialmente en casas de salud financiadas por el gobierno.

## Bibliografía

### Referencias Bibliográficas:

- FULLER, Instrumentación Quirúrgica, Editorial: Panamericana 2003
- GLOVER, Terapéutica Respiratoria, Editorial: M. Moderno, 1998.
- LA TORRE, Insuficiencia Respiratoria, Editorial: Cient. Méd 2202.
- M.GANDSAS, Fundamentos Enfermería Quirúrgica e Instrumentación, Editorial: El Ateneo 2004.
- MAC Donell, Asistencia Respiratoria, Editorial: Salvat 2002.
- Información recopilada en el curso de graduación en la Universidad de Buenos Aires (UBA). Septiembre 2005.
- NET Benito, Ventilación Mecánica, Editorial Doyma 1999.
- NUNN, Fisiología Respiratoria, Editorial: Salvat 1996.
- SALINAS, Fundamentos de Terapia Respiratoria, Editorial: Celsus 1998.
- SHOEMAKER, Terapia Intensiva, Editorial: Panamericana 2007.
- VUIDEPOT, Scarinci, Manual de Procedimientos del Centro Quirúrgico, Tamasco.

### Referencias Electrónicas:

- [www.bioingenieros.com](http://www.bioingenieros.com)
- [www.medix.com.ar](http://www.medix.com.ar)
- [www.drager-medical.com](http://www.drager-medical.com)
- [www.lungusa.org](http://www.lungusa.org)