

Conceptos Básicos



Presión (P)

Es el resultado de aplicar una fuerza (F) sobre una superficie (S); su unidad internacional (SI) es el pascal o newton/m².

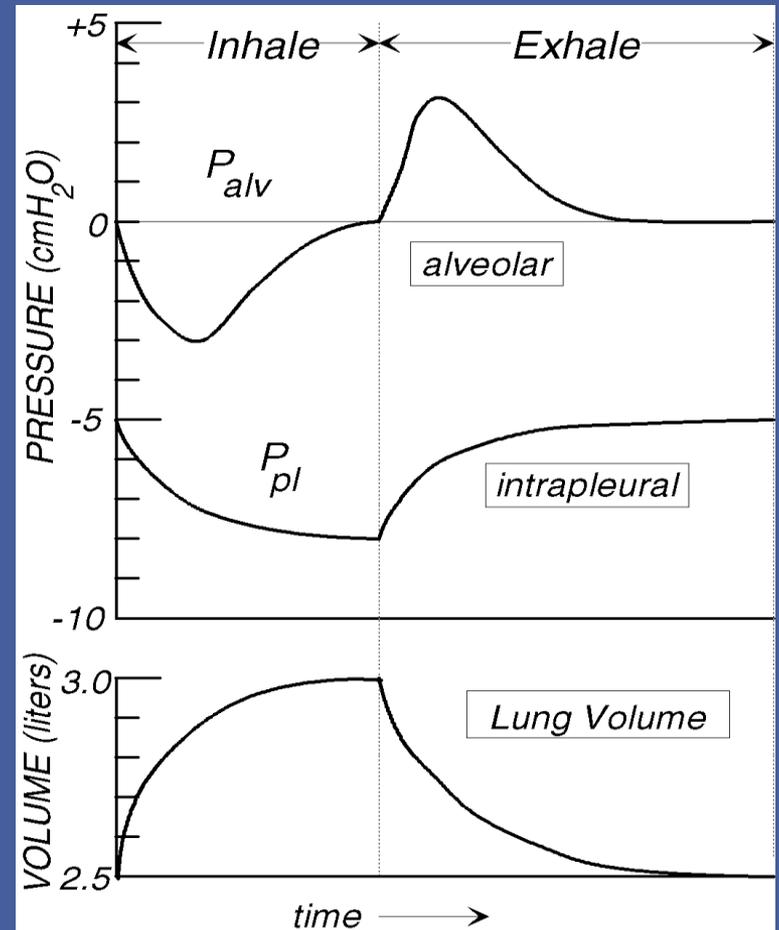
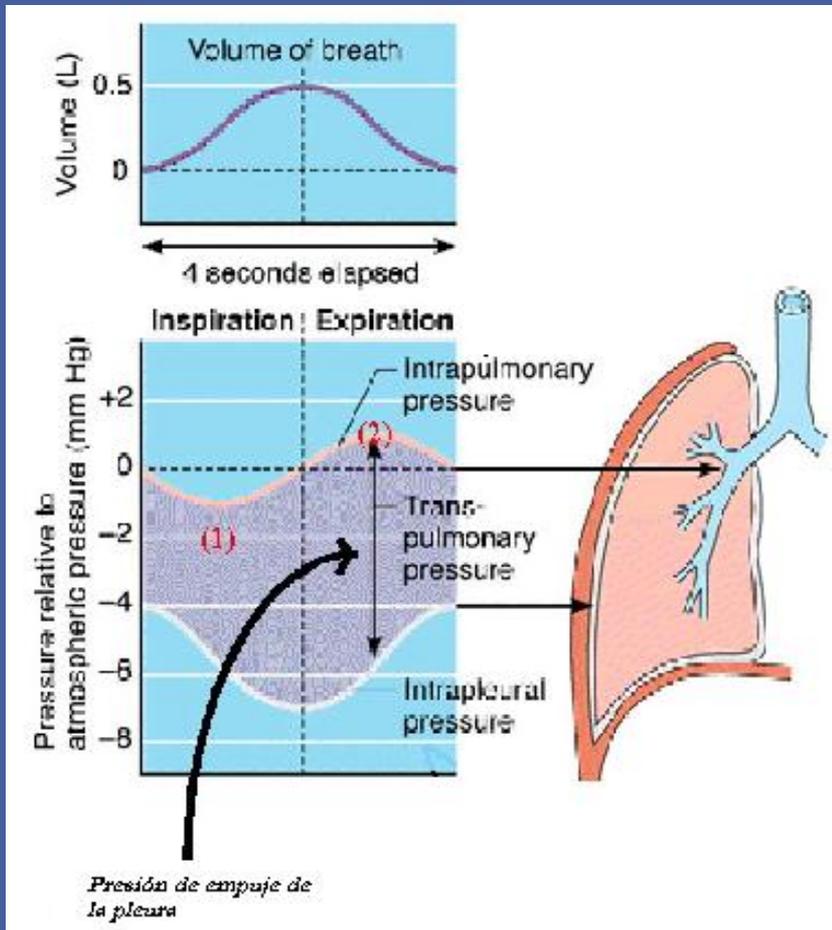


Se utiliza el cmH₂O, como la presión ejercida por el peso de un cilindro de agua de 1 cm, siendo el factor de equivalencia:

$$1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.09806 \text{ kPa.}$$

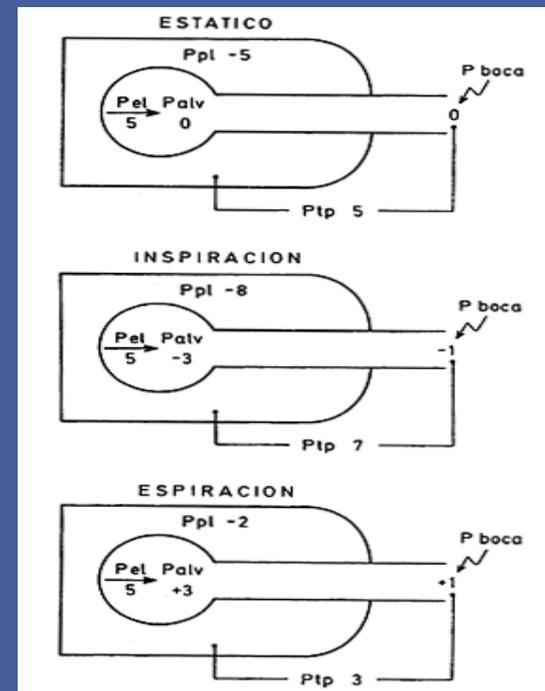
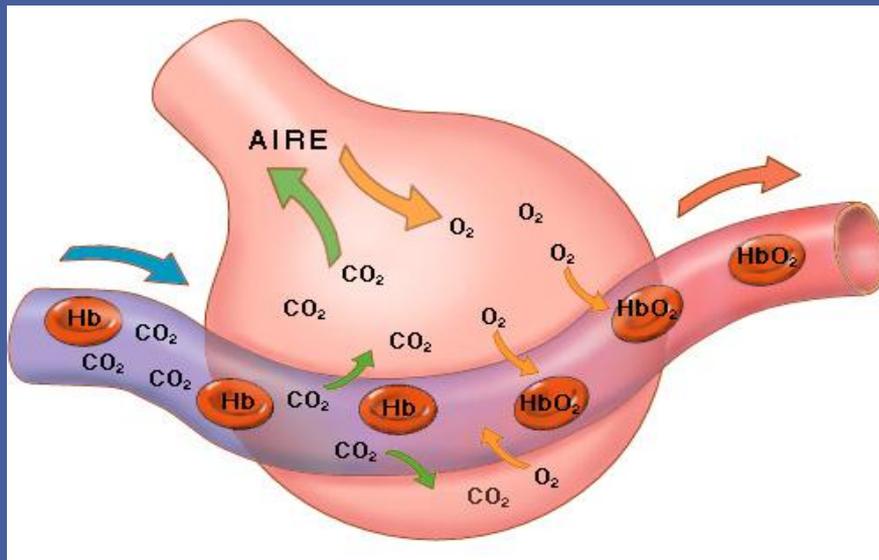
$$\text{Presión} = \frac{\text{fuerza}}{\text{superficie}}$$

Correlación entre las presiones

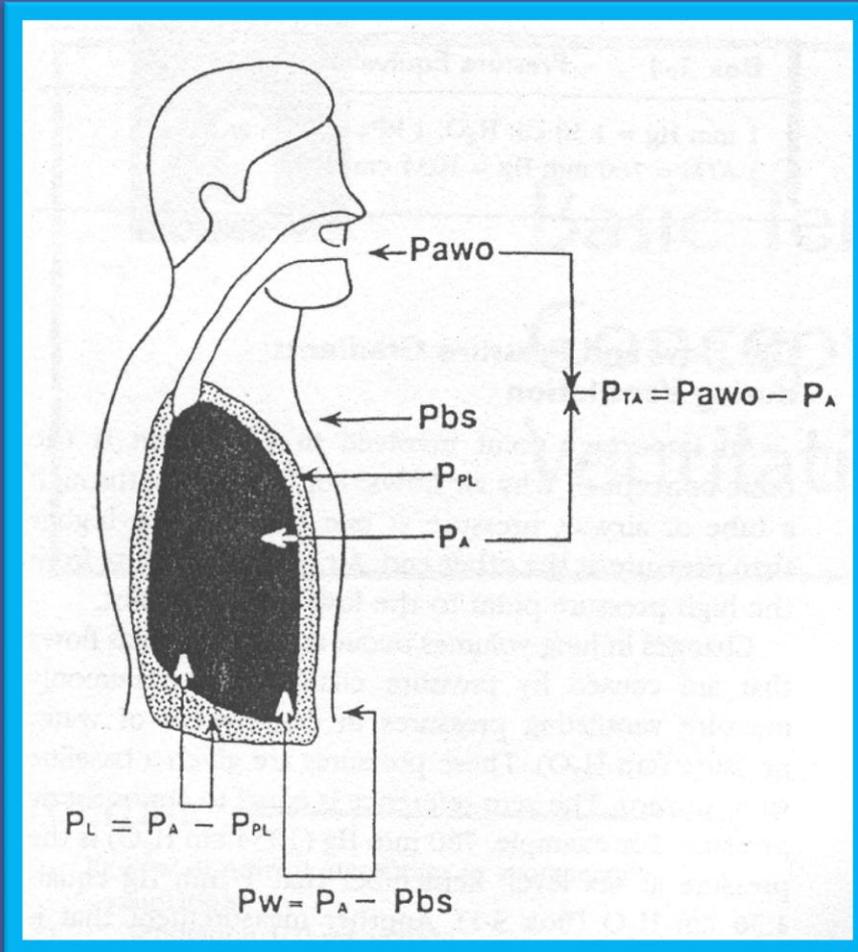


Gradiente de Presión

Cualquier diferencia en el valor absoluto de presión entre dos puntos de un gas, entre los que no existe solución de continuidad.



Presiones y gradientes de presión en el sistema respiratorio



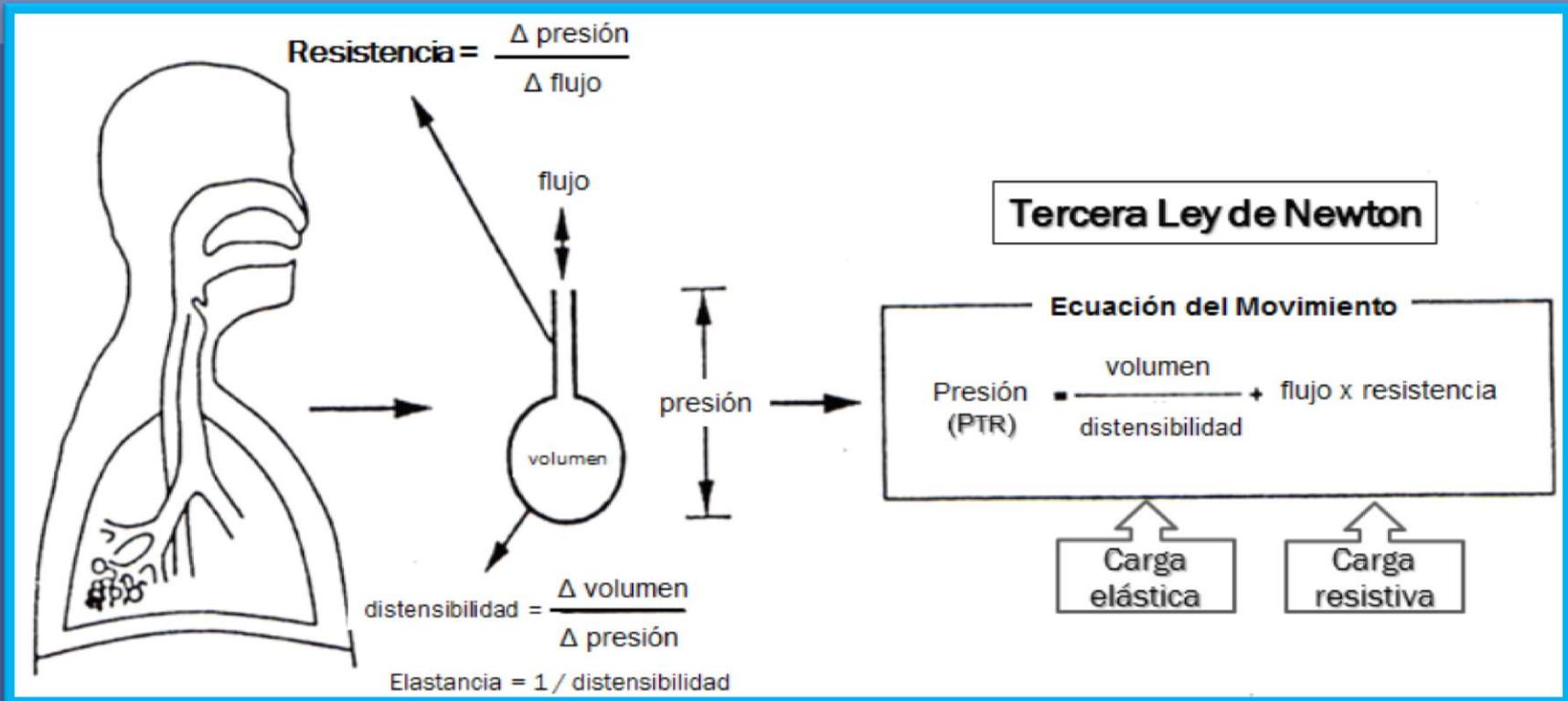
Presiones:

P_{awo}:	Presión Apertura Vías Aéreas
P_{pl}:	Presión pleural
P_A:	Presión alveolar
P_{bs}:	Presión en superficie corporal

Gradientes:

P_{TA}:	Presión trans vías aéreas
P_W:	Presión transtorácica
P_L:	Presión transpulmonar
$P_{TA} + P_W = P_{TR}$:	Presión transrespiratoria

Mecánica respiratoria: Ecuación del movimiento



ECUACIÓN PARA LA INSPIRACIÓN:

$$P_{TR} = P_{vent} + P_{musc} = E \times V + R \times \dot{V}$$

ECUACIÓN PARA LA ESPIRACIÓN PASIVA:

$$-\dot{V} \times R = E \times V$$

Variables: PTR, Pvent, Pmusc

Parámetros: Elastancia y resistencia

PTR: Presión transrespiratoria

Pvent: Presión por el ventilador

Pmusc: Presión por los músculos respiratorios

E: Elastancia

V: Volumen

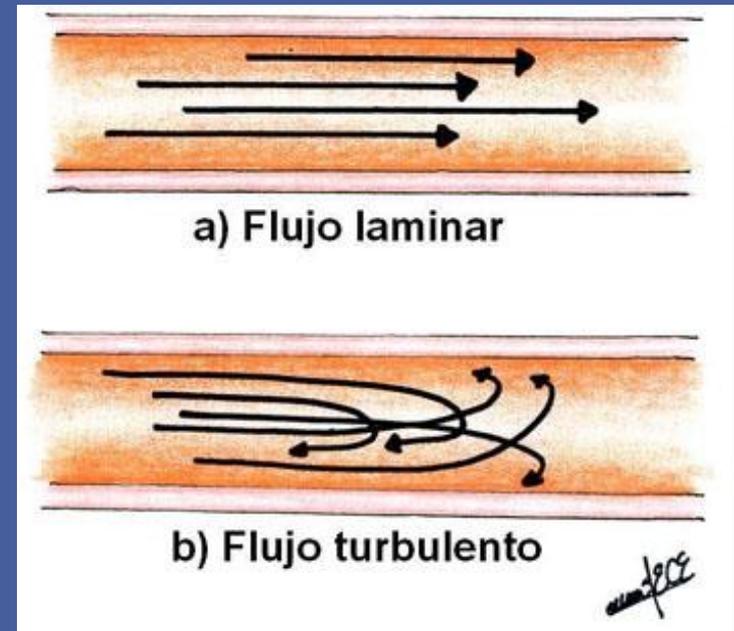
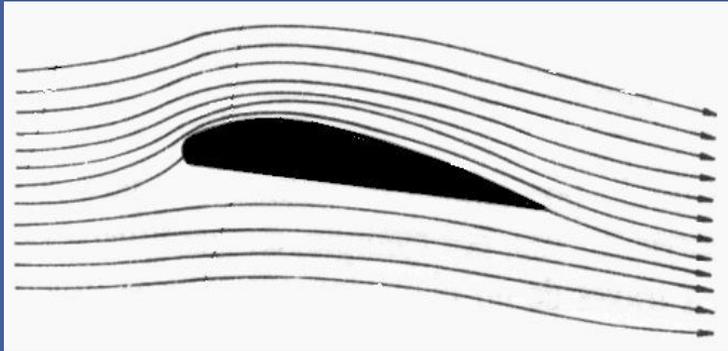
R: Resistencia

\dot{V} : Flujo

Flujo (V)

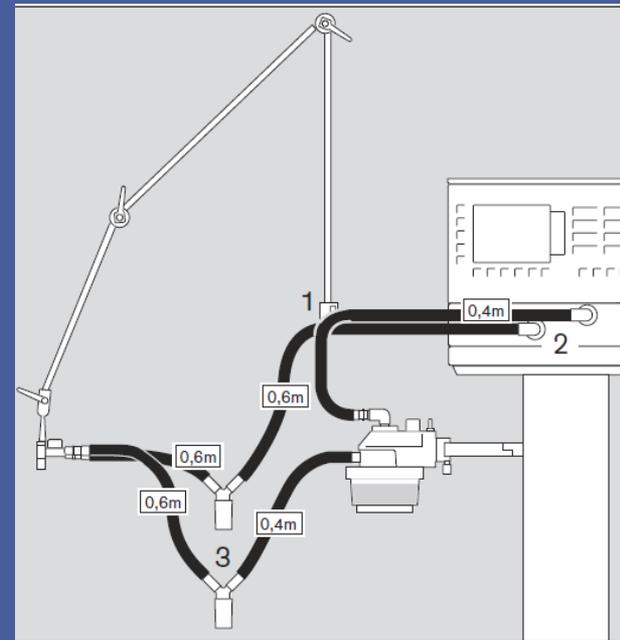
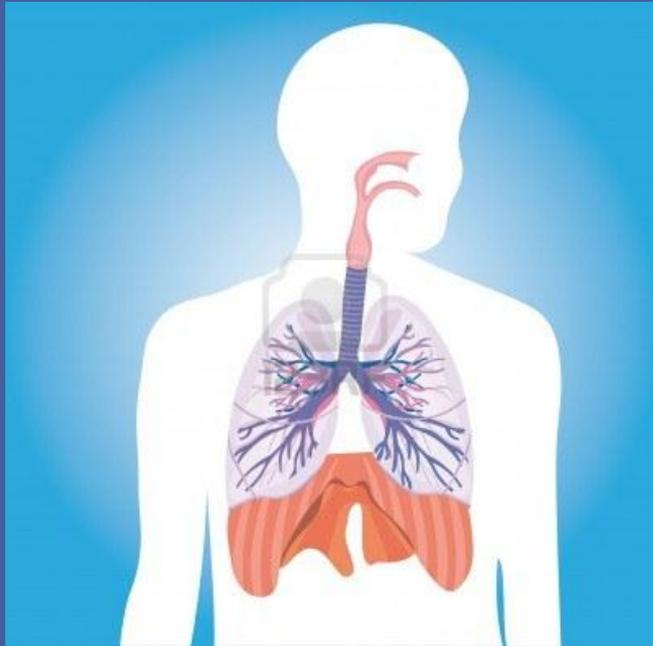
Se define como el movimiento de fluidos consecuente a la aparición de un gradiente de presión que tiende a compensarlo.

La unidad internacional
(SI) es: m^3/seg^1



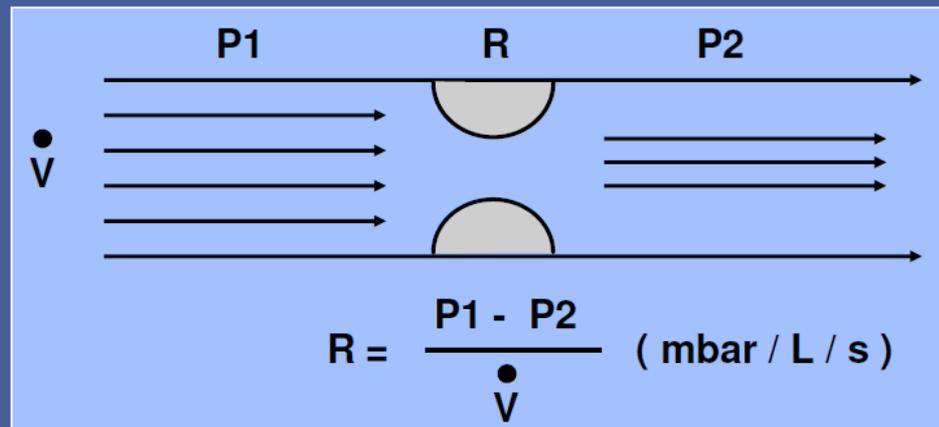
Volumen muerto

Compuesto por el tubo orotraqueal, filtros, humidificadores propio generador.



RESISTENCIA

La presión necesaria para desplazar un determinado volumen de gas por las vías aéreas estará en función de la velocidad a la que circule ese volumen (flujo) y del calibre de las vías aéreas, constituyendo este último la Resistencia de dichas vías.



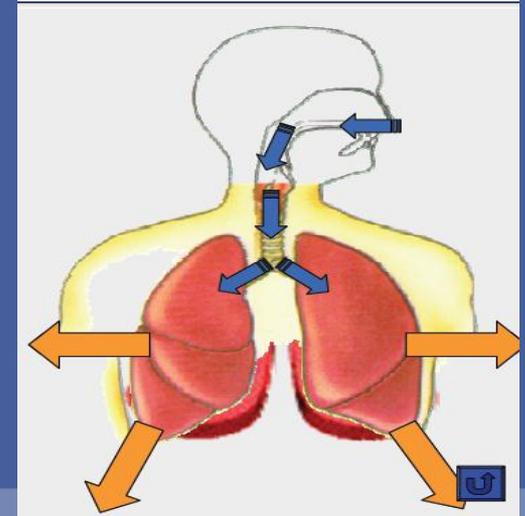
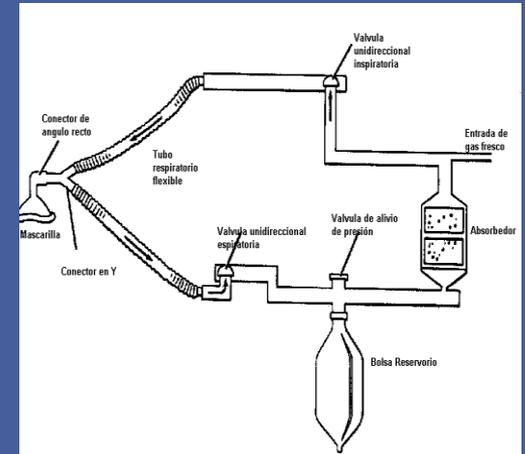
RESISTENCIA

1. Resistencia Fijas: Generador, tubuladuras, TOT.

2. Resistencias Variables:

✓ Resistencias Elásticas: Parénquima pulmonar, caja torácica.

✓ Resistencias al Flujo: Relación al diámetro de las vías aéreas



La monitorización de la Resistencia en vías aéreas nos permite:

-  **Detectar los cambios de presión en las vías respiratorias durante la terapia ventilatoria.**
-  **Evaluar la efectividad de la terapia con broncodilatadores.**
-  **Determinar si el paciente está listo para el destete (Weaning).**
-  **Evaluar los efectos adversos del aumento de la Resistencia por causas mecánicas, como tubos ET estrechos y filtros, así como por causas fisiológicas : secreciones excesivas y broncoespasmos.**

Trabajo (W)

Es el resultado de aplicar una fuerza sobre un punto para producir un desplazamiento en el espacio.

Su unidad es el Julio o newton x min.

1. **Trabajo Elástico:** Trabajo necesario para vencer las resistencias elásticas.
2. **Trabajo Resistivo:** Trabajo empleado en contrarrestar las resistencias al flujo.

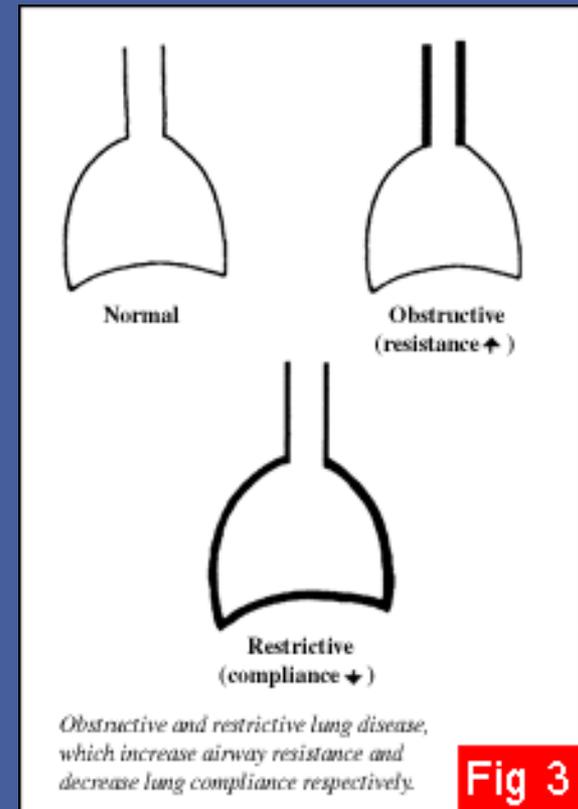


Fig 3

Compliance

Grado de distensibilidad o elasticidad del pulmón.

La magnitud de presión necesaria para introducir un determinado volumen de gas en el pulmón será el indicador de la distensibilidad de éste.

$$C = \frac{VT}{P} \quad (\text{ml / mbar})$$



C

> Elasticidad pulmonar
< Presión para introducir el VT



C

< Elasticidad pulmonar
> Presión para introducir el VT

COMPLIANCE

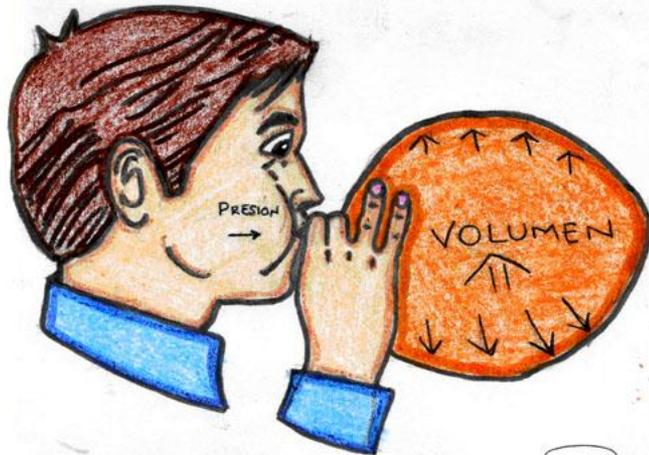
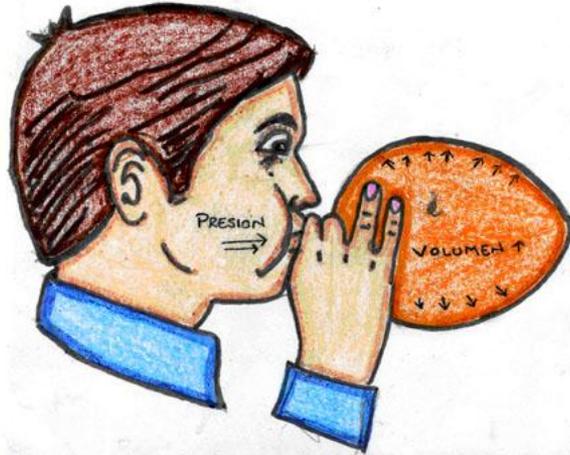
La Compliance puede subdividirse en dos componentes :

Compliance Dinámica (Cd) : Representa únicamente las características elásticas del pulmón.

Compliance Estática (Ce) : Representa la Compliance total del sistema respiratorio, que incluye la distensibilidad del pulmón y la caja torácica :

$$C_{tot} = C_{pulmonar} + C_{caja\ torácica}$$

DISTENSIBILIDAD



Rosario

ELASTICIDAD



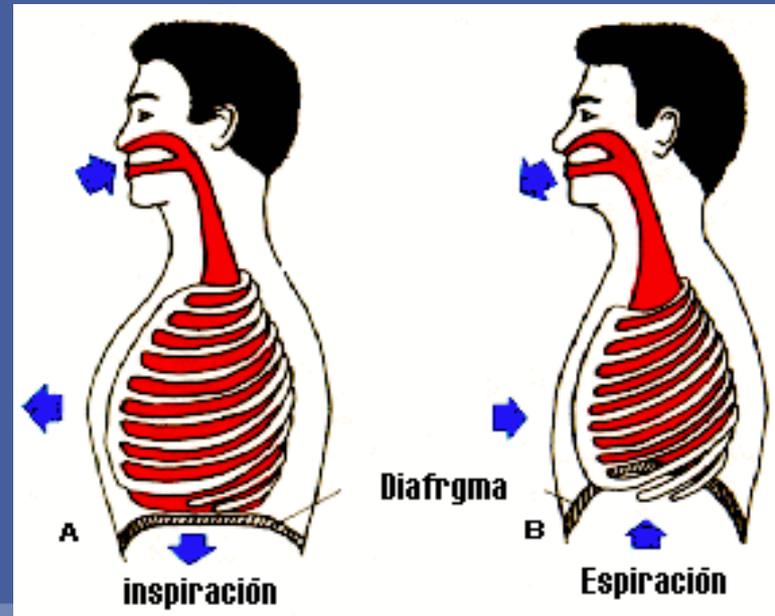
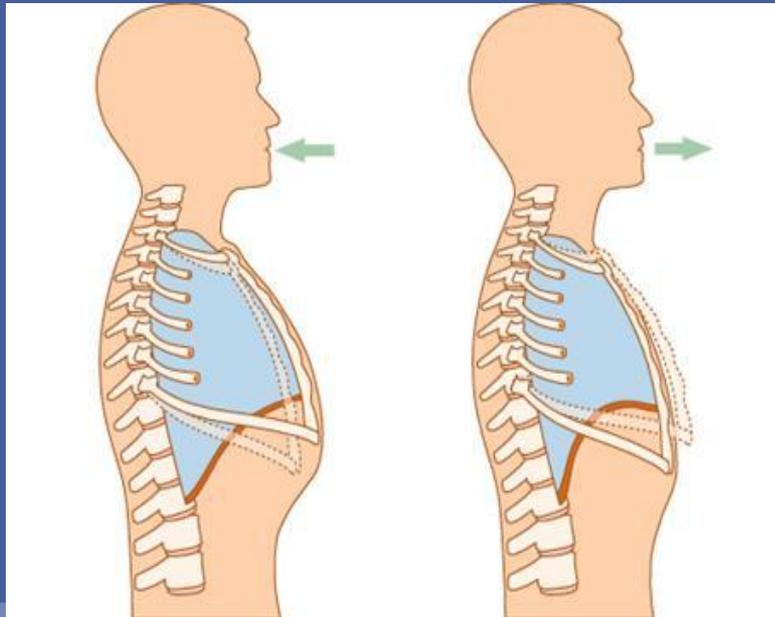
Rosario

La monitorización de la Compliance en vías aéreas nos permite:

- ⊗ **Determinar los posibles cambios del estado pulmonar. Los cambios en las características elásticas del pulmón y pared torácica requieren una intervención inmediata por parte del clínico, que deberá hacer los ajustes oportunos en el respirador para poder así mantener una adecuada oxigenación en el paciente.**
- ⊗ **Determinar si el paciente está preparado para el destete (Weaning).**
- ⊗ **Evaluar el impacto de la PEEP seleccionada y estimar si el VT aplicado es el correcto.**

Ventilación pulmonar

Se llama ventilación pulmonar al conjunto de procesos que hacen fluir el aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares a través de los actos alternantes de la inspiración y la espiración.



Generadores (G)

- ✓ Sistemas capaces de crear una presión sobre un gas de forma que pueda aparecer un gradiente de presión entre él y el paciente.
- ✓ Este gradiente generara un flujo de gas hacia el ultimo, permitiendo la ventilación, fin básico del ventilador.



VENTILACION MECANICA

Definición: Procedimiento de sustitución temporal de la función ventilatoria normal realizada en situaciones en las que ésta por distintos motivos patológicos no cumple los objetivos fisiológicos que le son propios.



OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

- ✓ Mantener o normalizar el intercambio gaseoso: Proporcionando una ventilación alveolar adecuada y mejorando la oxigenación arterial
- ✓ Reducir el trabajo respiratorio
- ✓ Incrementar el volumen pulmonar: abriendo vía aérea y unidades alveolares y aumentando la capacidad residual funcional impidiendo colapso de alvéolos y cierre de vía aérea al final de la espiración.

Objetivos clínicos:

- ☺ Mejorar la hipoxemia arterial
- ☺ Aliviar disnea y sufrimiento respiratorio
- ☺ Corregir acidosis respiratoria
- ☺ Resolver o prevenir la aparición de atelectasias
- ☺ Permitir el descanso de los músculos respiratorios
- ☺ Permitir la sedación y el bloqueo neuromuscular
- ☺ Disminuir consumo de oxígeno sistémico y del miocardio
- ☺ Reducir la presión intracraneal (PIC)
- ☺ Estabilizar la pared torácica.

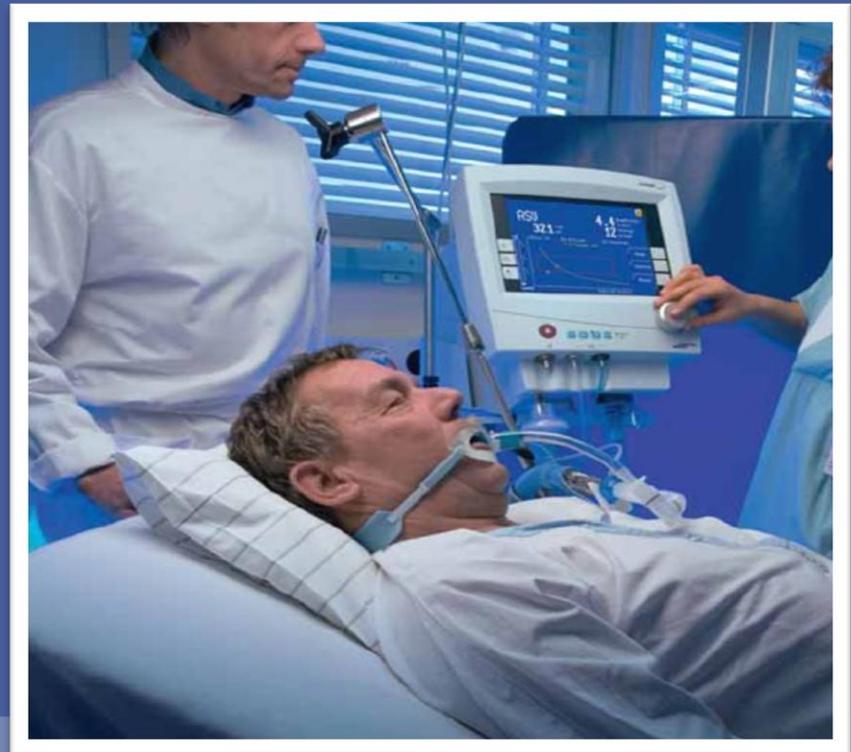


VENTILACION MECANICA

Presión Negativa



Presión Positiva

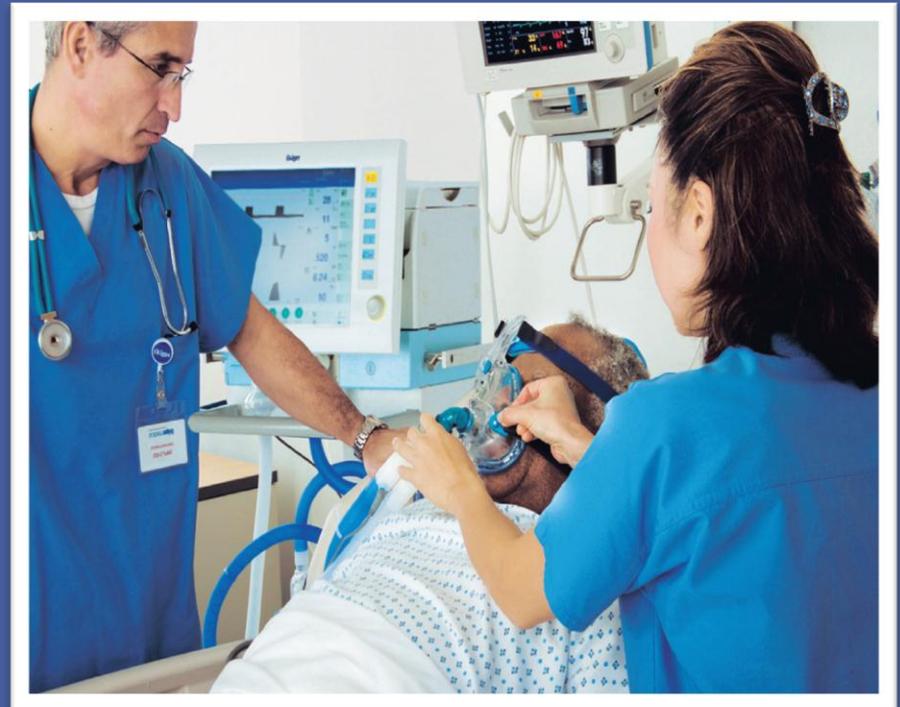


VENTILACION MECANICA

Invasiva



No invasiva



VENTILADOR MECANICO

Son generadores de presión positiva intermitente que crean un gradiente de presión entre la vía aérea y el alveolo, originando así el desplazamiento de un volumen de gas.





Bear 1000



Bear cub



Ventilador IVENT
201 + MRI



Evita XL (2003)



Nellcor Puritan
Bennett



Hamilton Galileo
G5



Puritan Benett 7200



Savina



Vela



Neumovent



Newport



e360

VENTILADOR MECANICO

Se clasifican en función del mecanismo de ciclado.

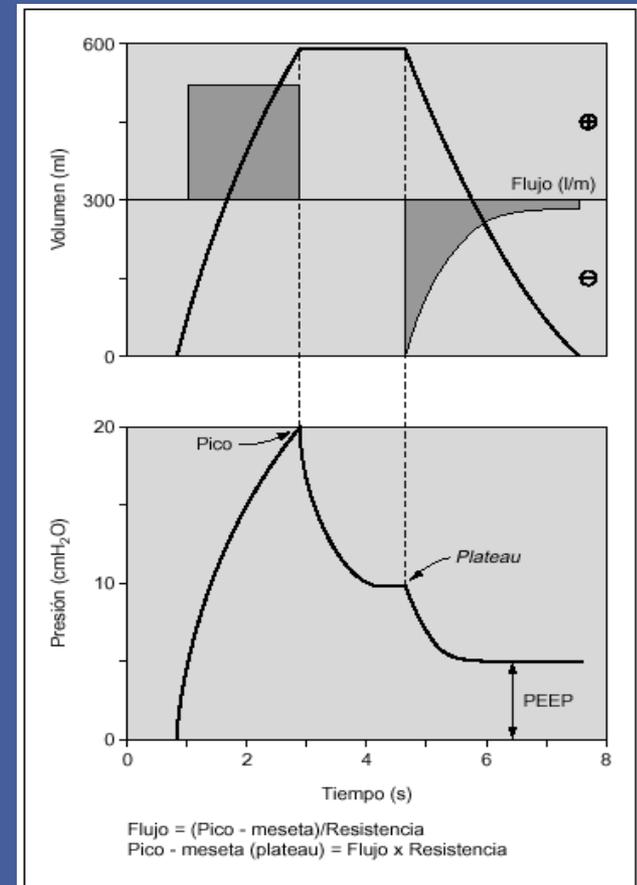
Ciclado: Sistema por el que cesa la inspiración y se inicia la fase inspiratoria pasiva.



Meseta inspiratoria (plateau)

☛ Consiste en mantener el flujo inspiratorio de «0» entre la inspiración y la espiración por un periodo que el clínico seleccionada.

☛ El ventilador «detiene» el volumen de los pulmones para mantener el pulmón insuflado momentáneamente antes de permitir que salga.

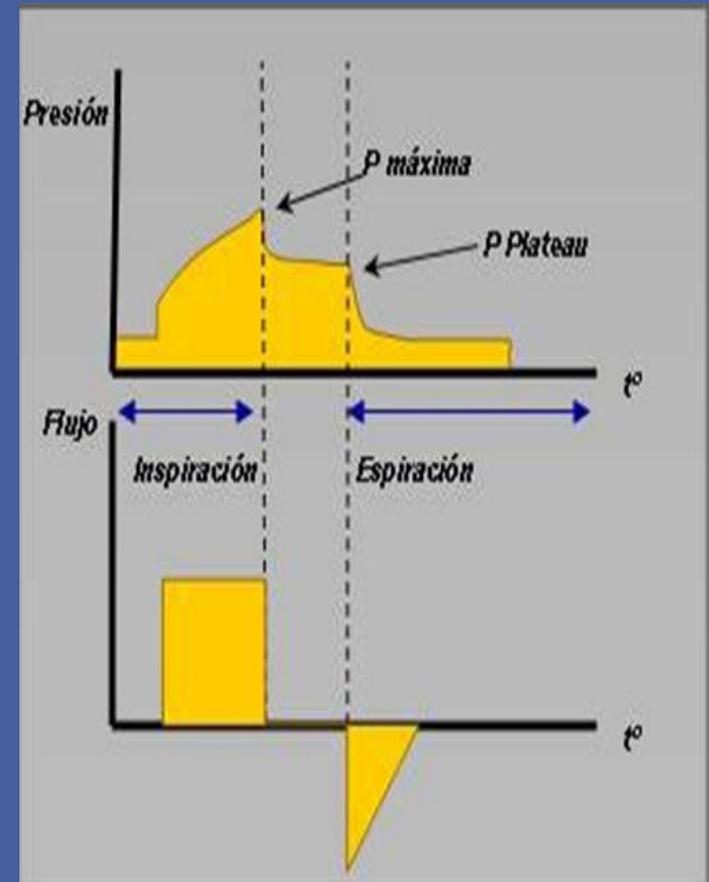


Meseta inspiratoria (plateau)

✎ Mantiene un equilibrio entre las unidades alveolares y el sistema de medición de presión del respirador.

✎ Se observa únicamente el trabajo «elástico» pulmonar. Por ello la meseta plateau es el mejor indicador de la presión alveolar.

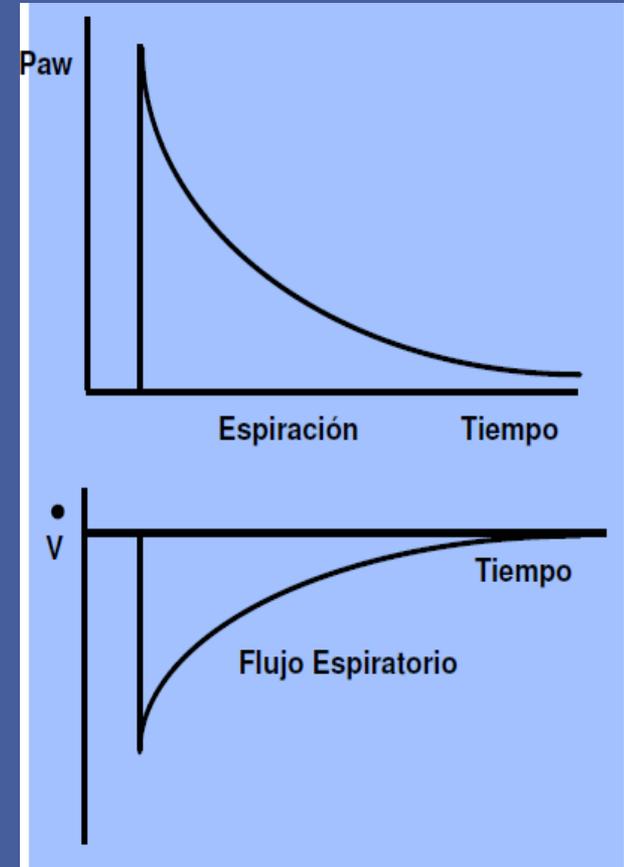
✎ La diferencia entre la presión máxima y la presión de la meseta es el mejor indicador de resistencia en la vía aérea.



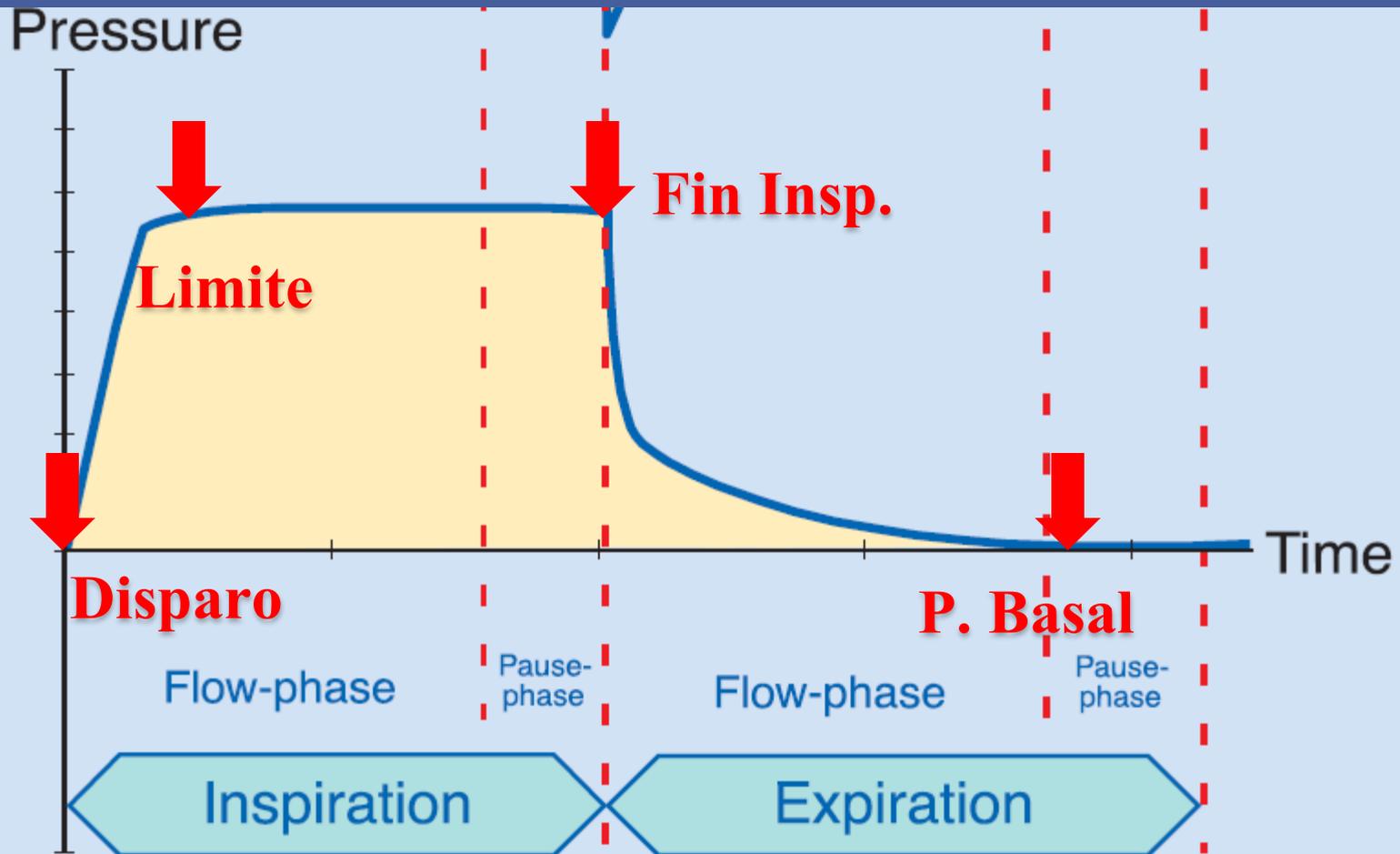
Fase de la Espiración

Fase de la Espiración: El volumen de gas previamente insuflado sale libremente al exterior a través de la vía aérea del paciente y la tubuladura espiratoria del respirador.

El vaciado pulmonar se produce de una forma pasiva, no interviniendo activamente el ventilador en esta fase.

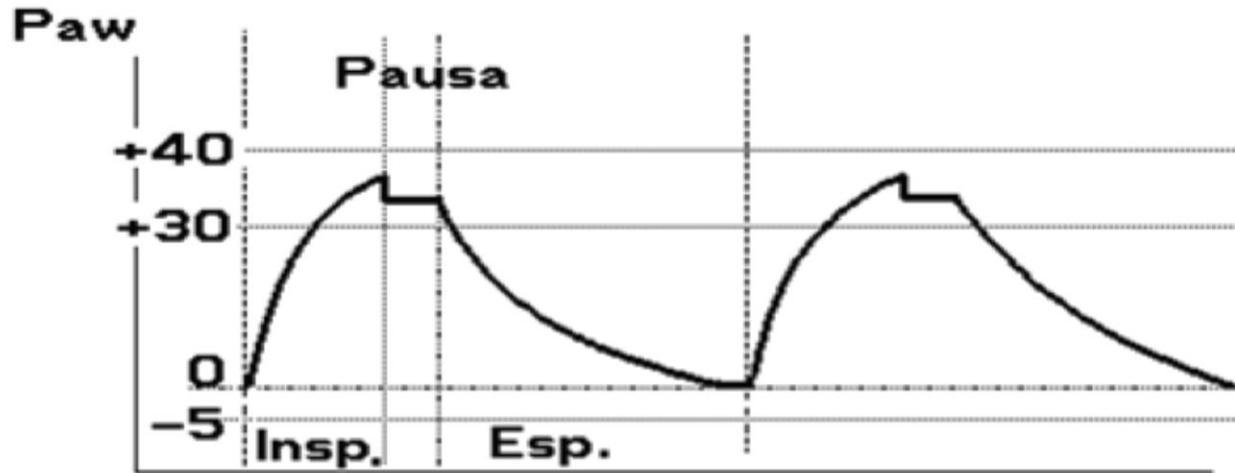


Ciclado



Clasificación

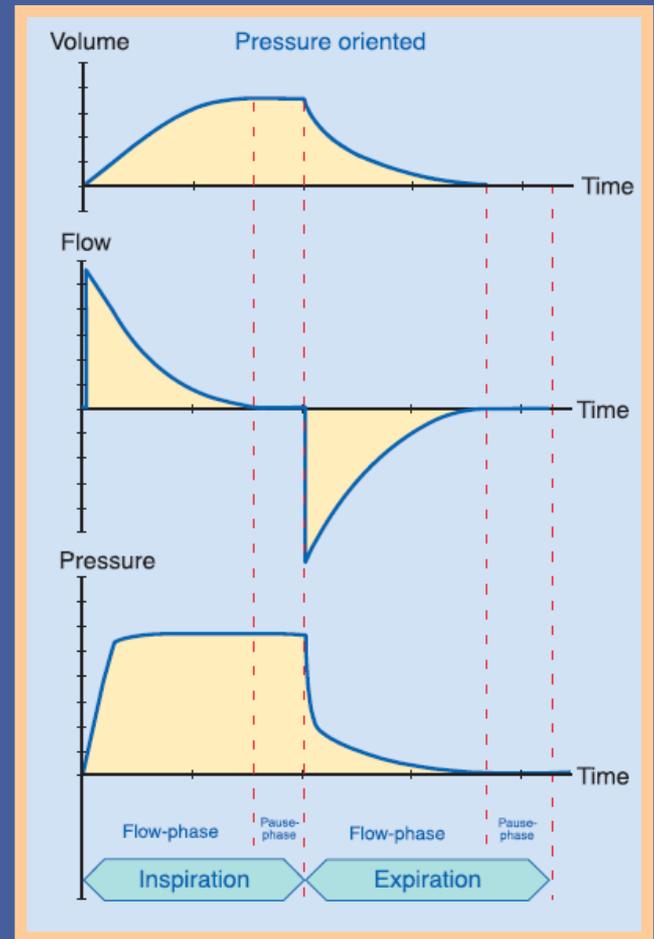
CICLADOS POR PRESION: Cuando se alcanza una presión prefijada en las vías aéreas se abre la válvula espiratoria y cesa el flujo inspiratorio. Generan baja presión y pequeña resistencia interna.



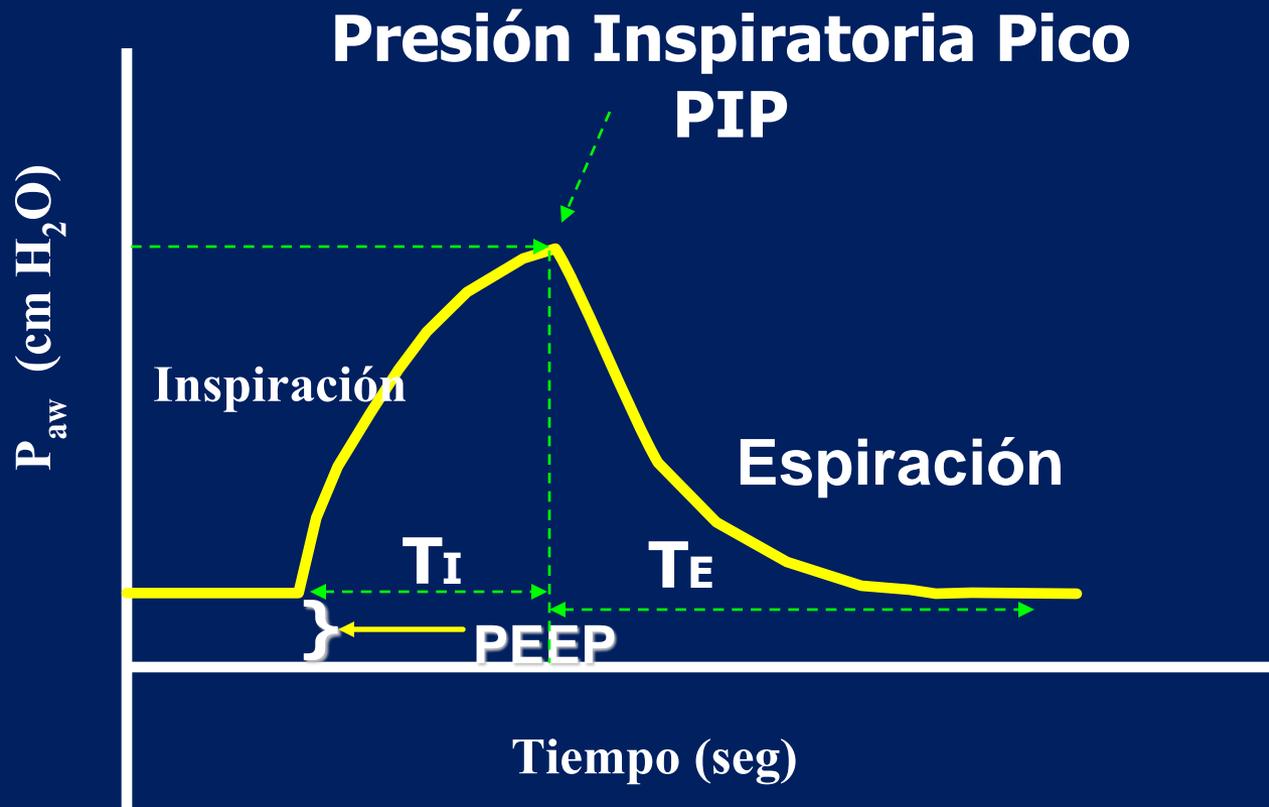
Clasificación

CICLADOS POR TIEMPO:

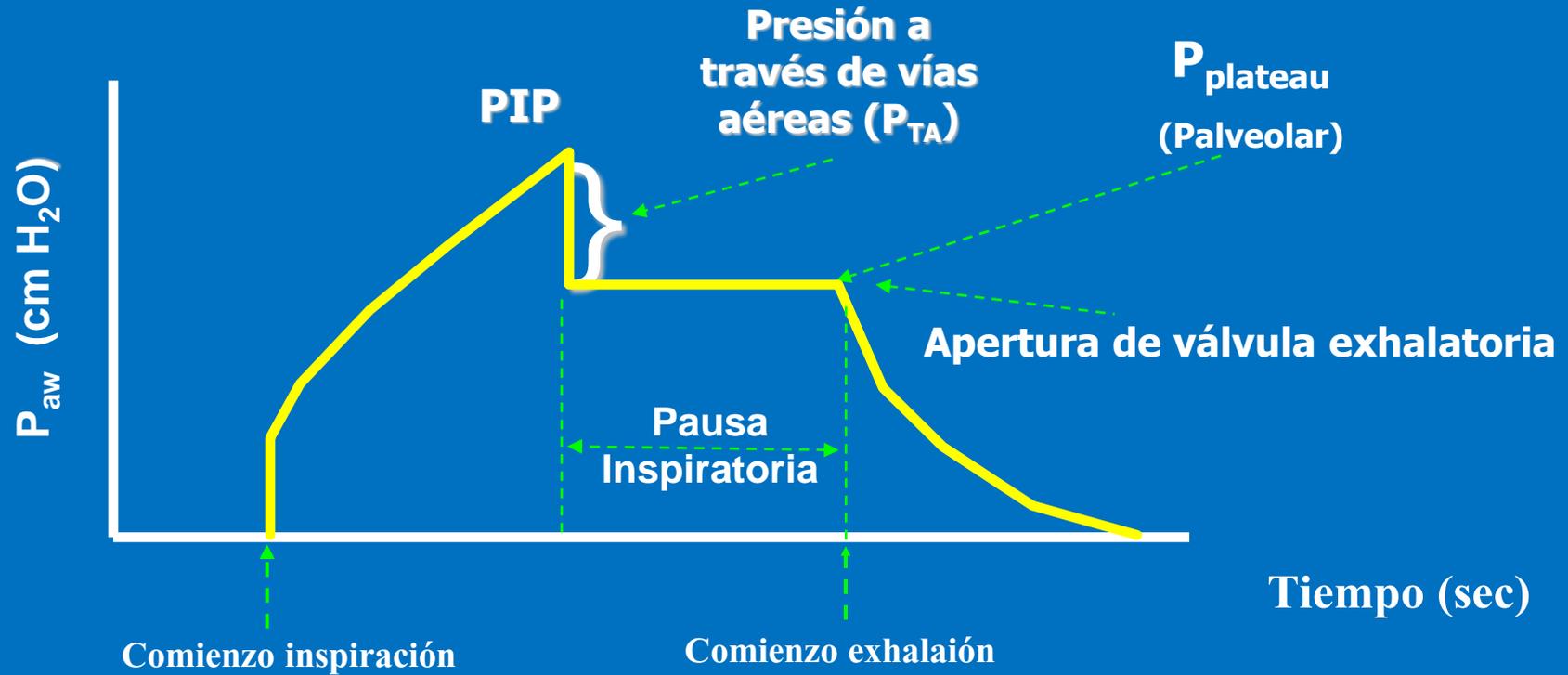
Se mantiene constante el tiempo inspiratorio, variando por tanto el volumen que se entrega y la presión que se genera.



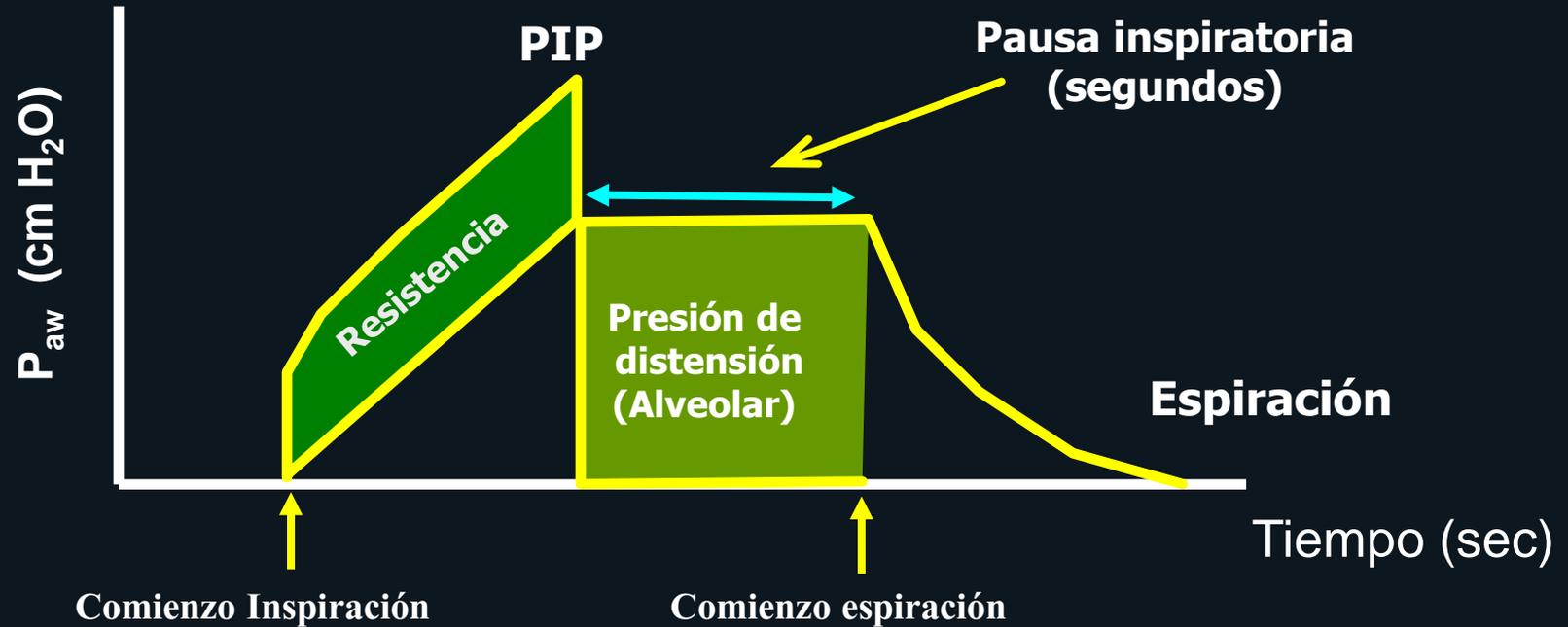
Presión vs. Tiempo



Curva Presión – Tiempo (I)

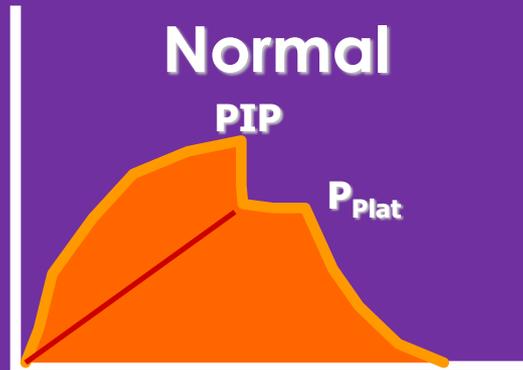


Curva Presión – Tiempo (II)

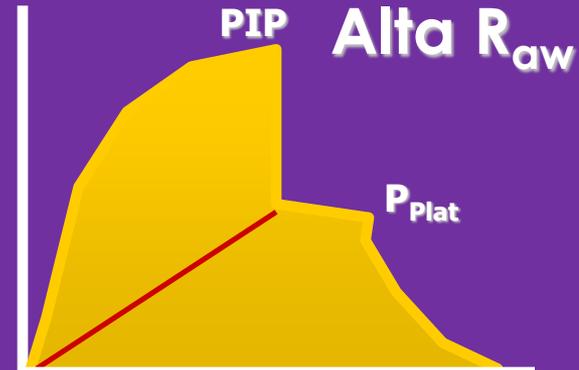


Curva Presión – Tiempo (III)

Paw (cm H₂O)

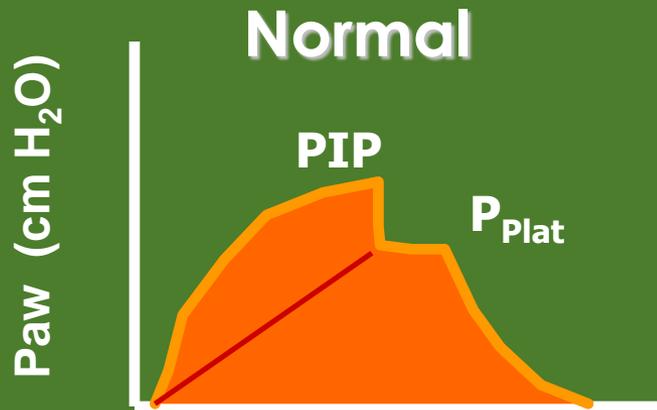


$$R_{aw} = \frac{PIP - P_{pl}}{F_p}$$

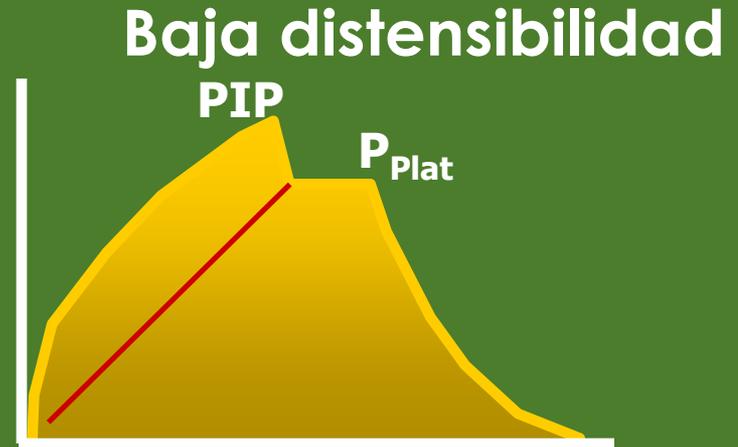


$$R_{aw} = \frac{PIP - P_{pl}}{F_p}$$

Curva Presión – Tiempo (IV)



$$Crs = \frac{Vt}{P_{pl} - PEEP}$$

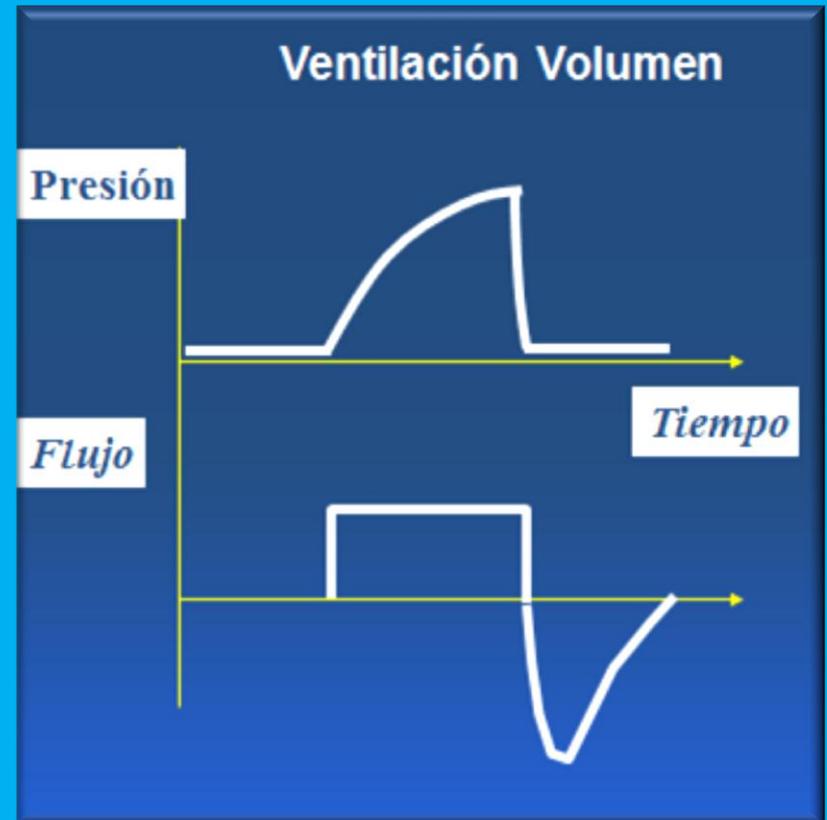


$$Crs = \frac{Vt}{P_{pl} - PEEP}$$

Clasificación

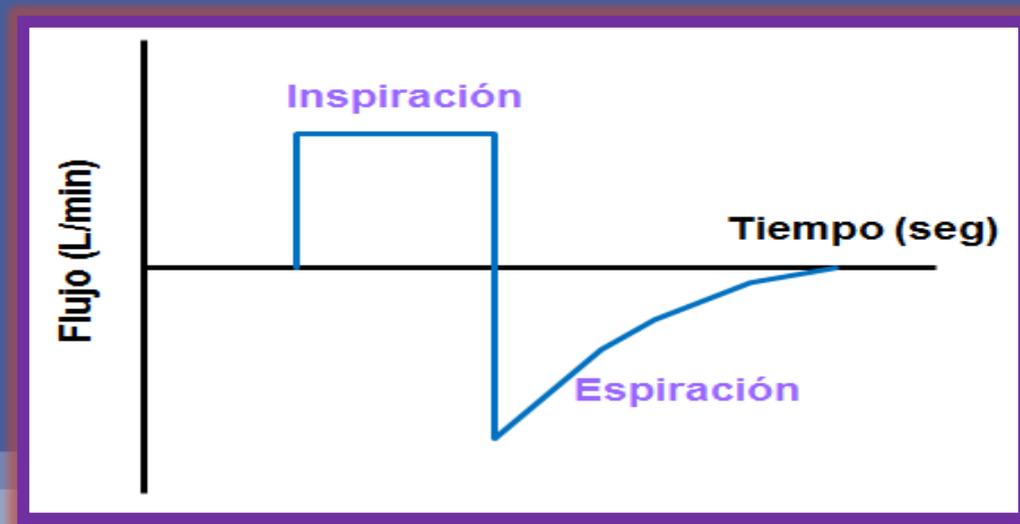
CICLADOS POR VOLUMEN:

Se finaliza la insuflación cuando se ha entregado el volumen programado. Genera alta presión y elevada resistencia interna para proteger el pulmón.

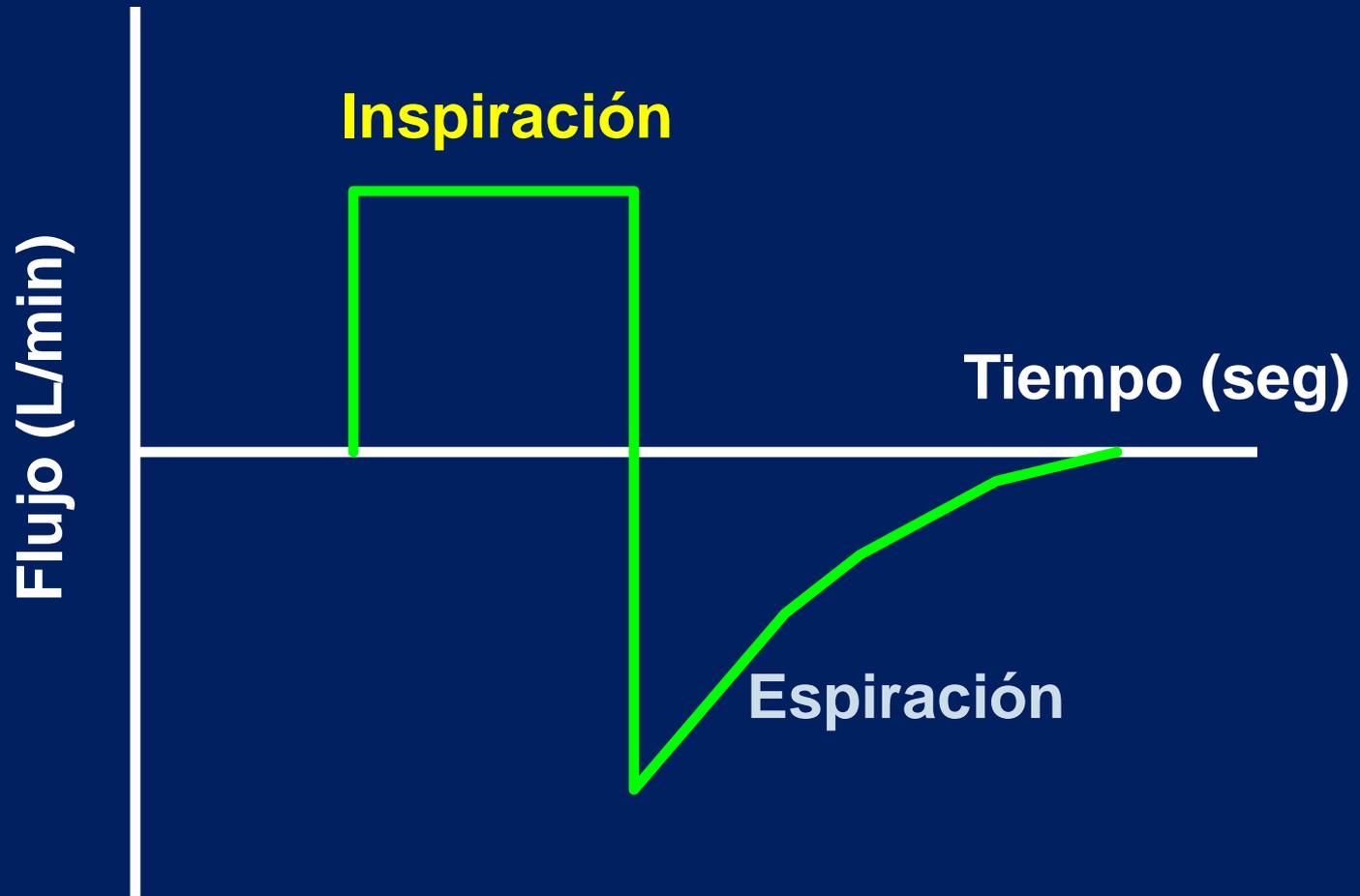


Clasificación

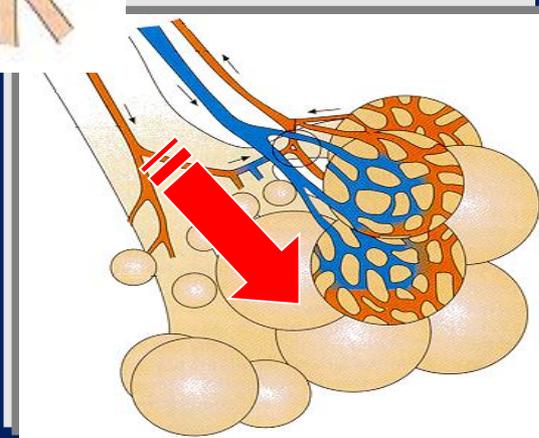
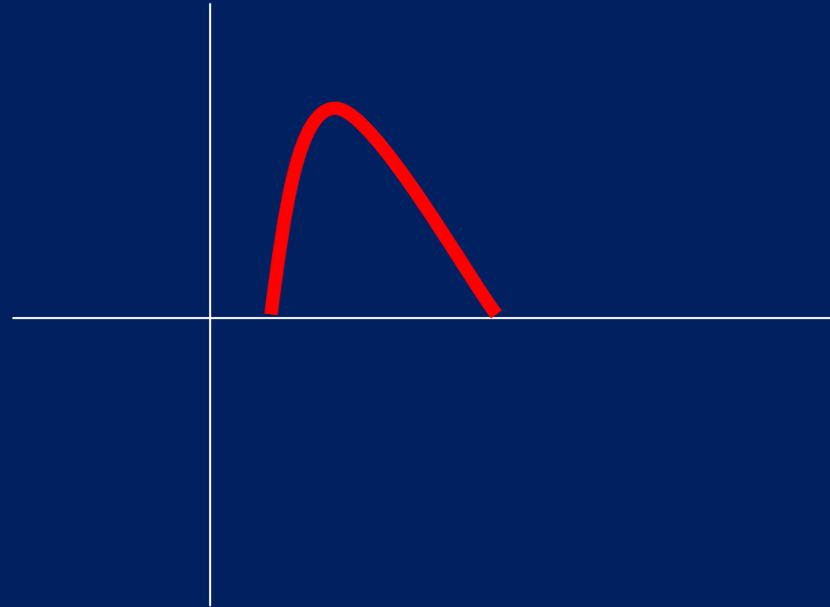
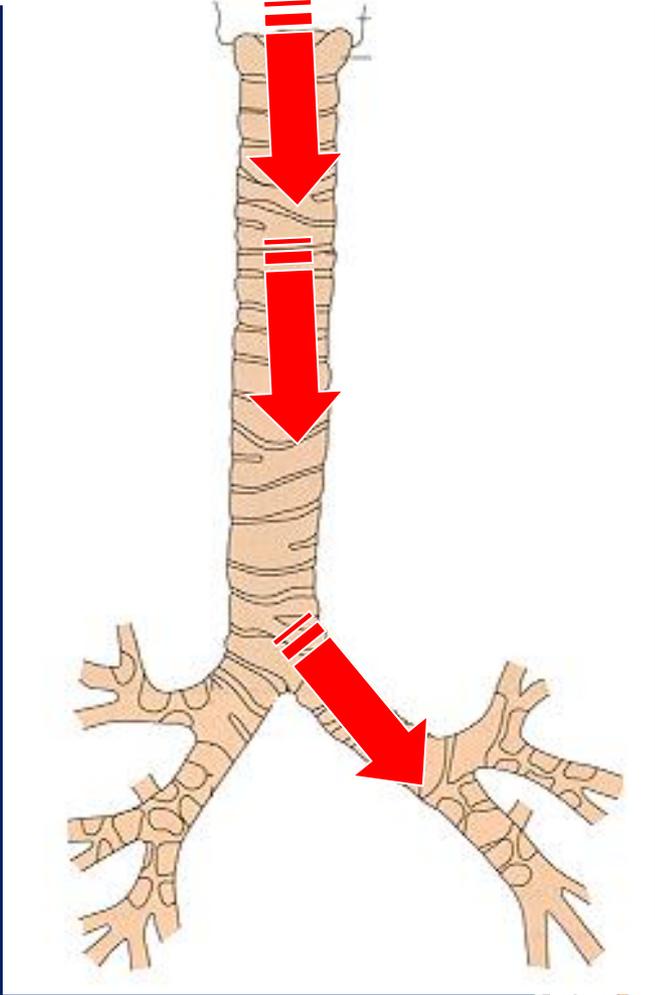
CICLADOS POR FLUJO: El paso a la fase espiratoria ocurre cuando el flujo cae por debajo de un valor determinado. Su inconveniente es que puede no entregarse volúmenes suficientes y no alcanzar frecuencias respiratorias adecuadas.



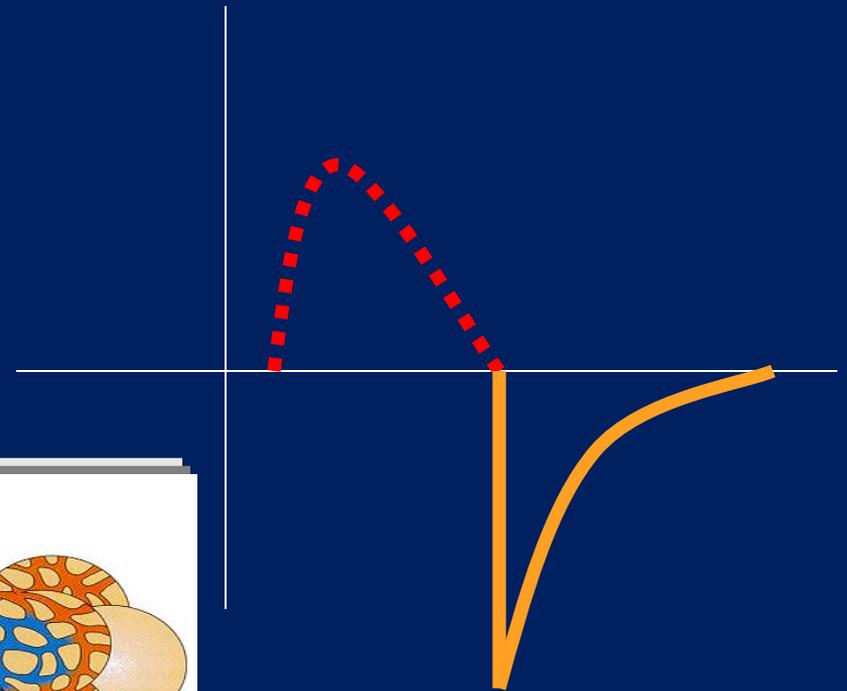
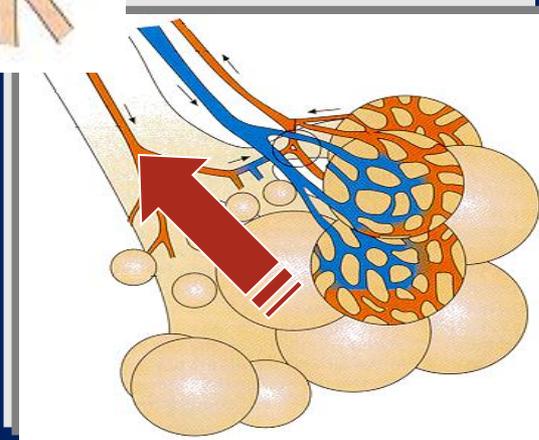
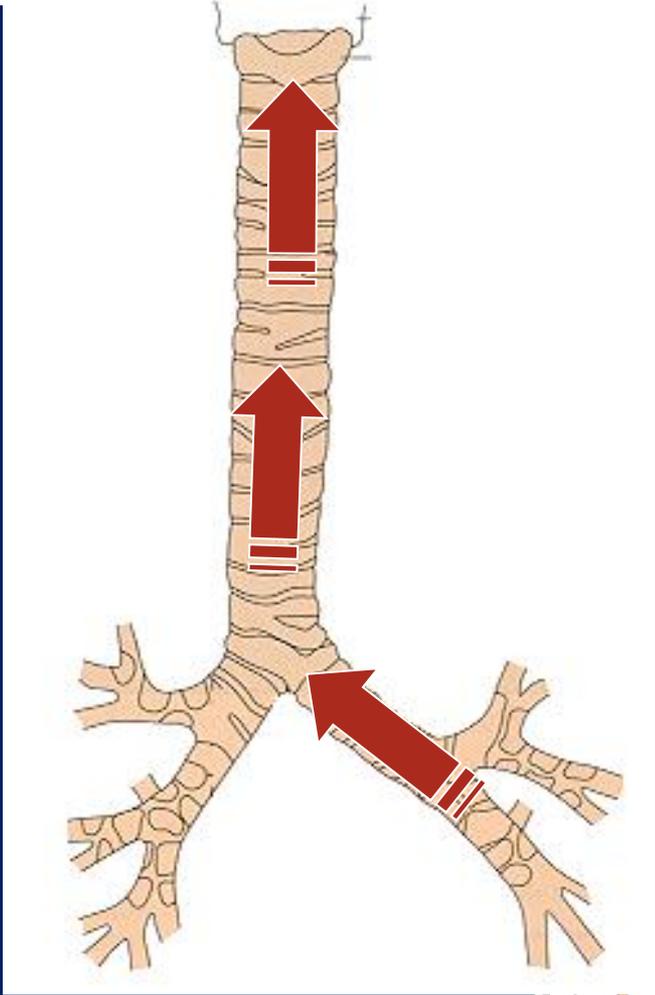
Flujo vs. Tiempo



FORMA DE ONDA : FLUJO

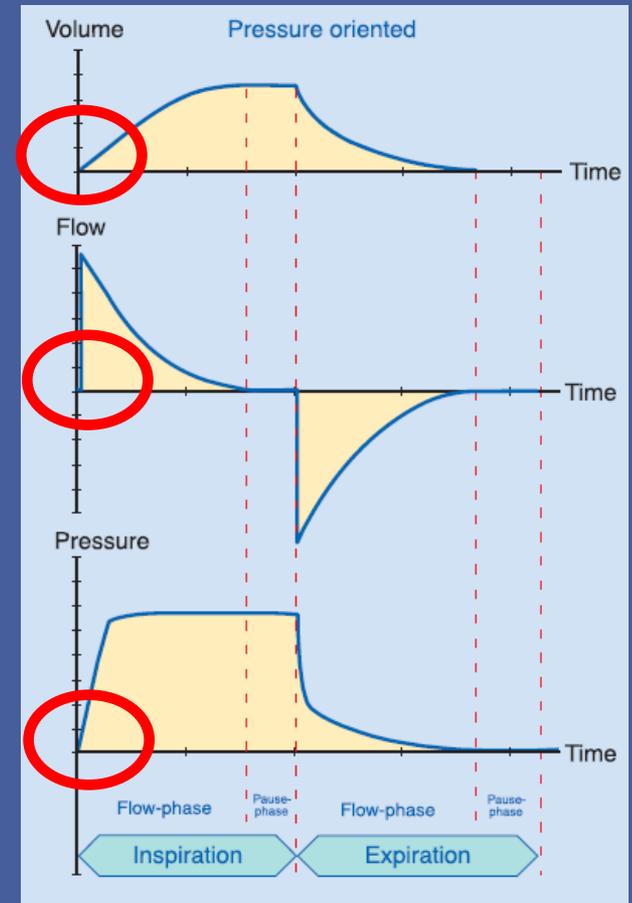


FORMA DE ONDA : FLUJO



Mandos comunes de los ventiladores

Los equipos disponen de un primer mando agrupado con el nombre genérico de «control de sensibilidad inspiratoria» o **trigger**, que permite regular la magnitud del esfuerzo inspiratorio que el paciente debe realizar para iniciar una inspiración.



Parámetros o variables de control que producen la inspiración

1.- Gatillo o trigger: Es un mecanismo con distinto grado de sensibilidad que se activa para iniciar el flujo de gas inspiratorio, al detectar una caída de presión o un cambio de flujo en el circuito respiratorio.

2.- Límite: Gobierna el flujo de gas y permanece constante durante la inspiración. Se limita el flujo (volumétrico) o la presión (barométrico).

3.- Ciclado: El tipo de ciclado interviene en el inicio de la fase de espiración, para ello los respiradores incorporan un sensor ajustado a unos valores específicos en la presión, el volumen, el flujo o el tiempo.

Tipos de Respiracion

1

Controlada:

Disparada por el ventilador de acuerdo a los parametros programados

2

Asistida:

Paciente genera esfuerzo que obliga al ventilador a dar una ventilacion adicional que tendra la misma magnitud de las controladas

3

Espontanea:

Iniciada por el paciente si sobrepasa sensibilidad es realizada en sus totalidad por el paciente o apoyada Presión Soporte

**VENTILOTERAPIA
CONVENCIONAL**

- Ventilación asistido-controlada (ACV)
- Ventilación mandatoria intermitente (IMV)
- Ventilación con presión soporte (PSV)
- Presión positiva al final de la espiración (PEEP)

**VENTILOTERAPIA
ALTERNATIVA**

- Ventilación con liberación de la presión de la vía aérea (APRV)
- Ventilación asistida-proporcional (PAV)
- Ventilación de asa cerrada:
 - PRVC, APV, VCP, Autoflow, VS, FCPRVC, MMV, Automode, ASV.
- Hipercapnea permisiva (PH)
- Optimización por retroalimentación de las respiraciones del ventilador.

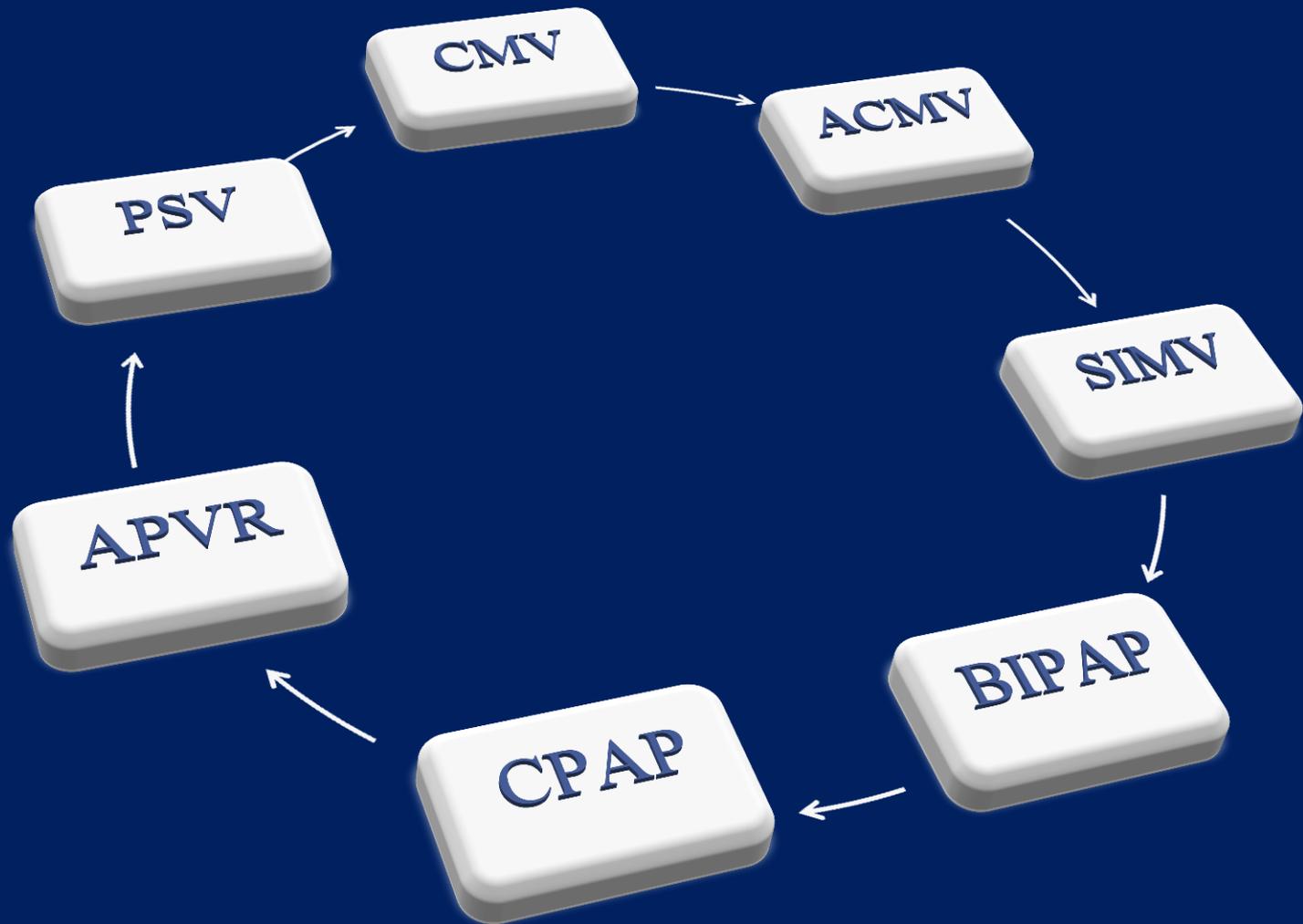
**VENTILOTERAPIA
INVASIVA**

- Ventilación de presión negativa.
- Ventilación de presión positiva

**VENTILOTERAPIA
NO CONVENCIONAL**

- Ventiloterapia de alta frecuencia.
- Oxigenación por membrana extracorpórea y Soporte extracorpóreo de vida.
- Ventilación líquida.
- Insuflación de gas transtraqueal.

Modos Ventilatorios



Modos Ventilatorios

CMV: Ventilación mecánica controlada

IPPV: Ventilación con Presión Positiva Intermitente

ACMV: Ventilación mecánica asisto-controlada

SIMV: Ventilación mandatoria intermitente sincronizada

BiPAP: Ventilación con dos niveles de presión

APRV: Ventilación con liberación de presión en la vía aérea

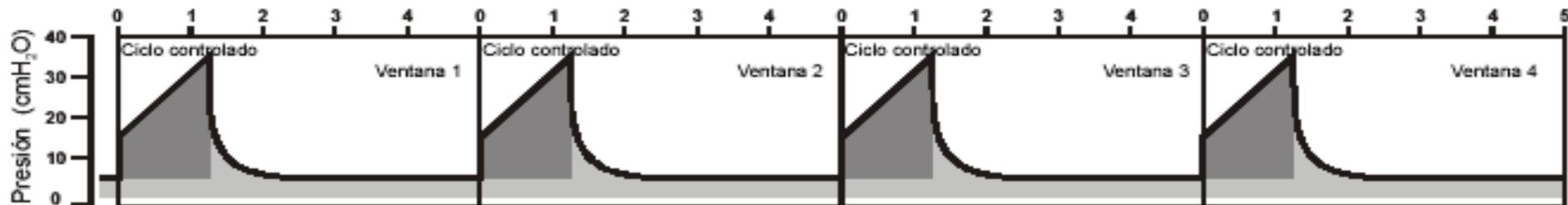
PSV: Ventilación con presión de soporte

CPAP: Presión continua positiva en la vía aérea



Modos básicos

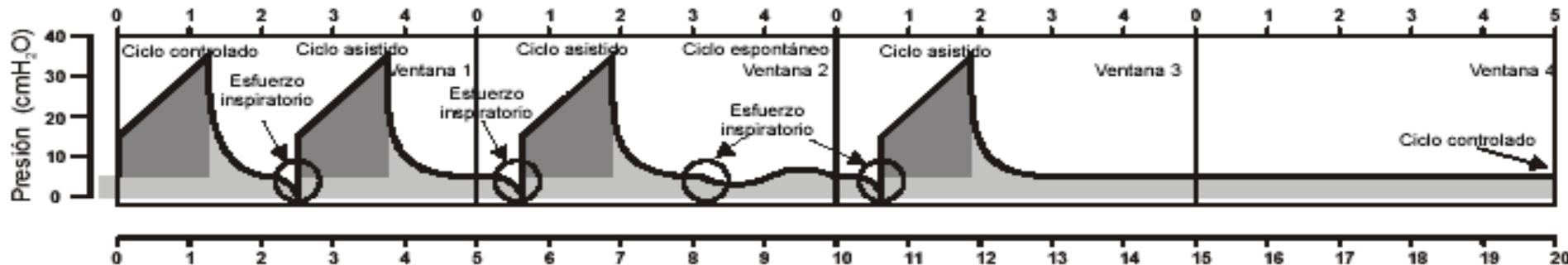
Modo Controlado



Modo Asistido / Controlado



Modo SIMV / (CPAP)

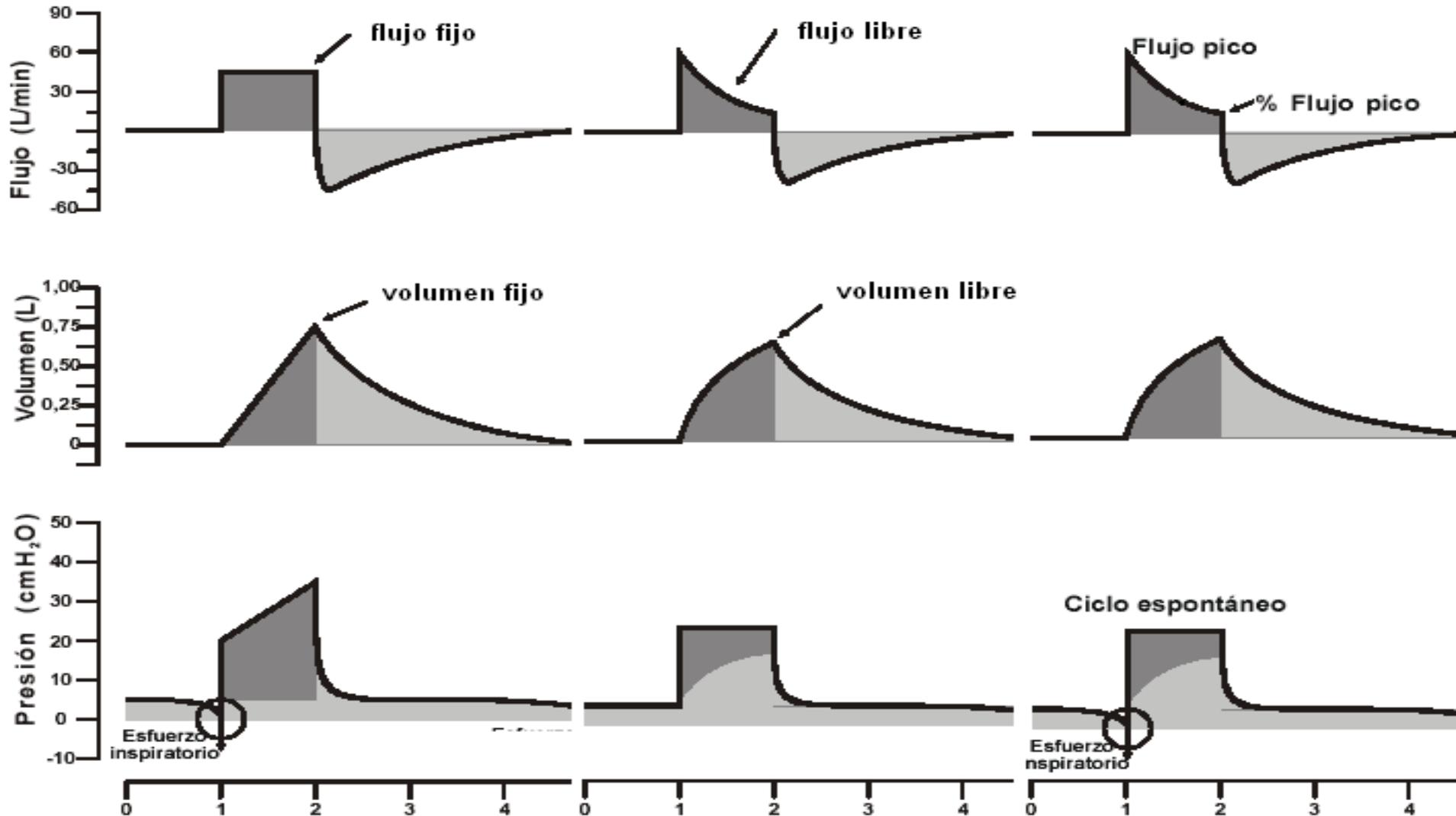


Modos de control

Controlado por volumen

Controlado por presión

Presión soprote



Resumen modos básicos

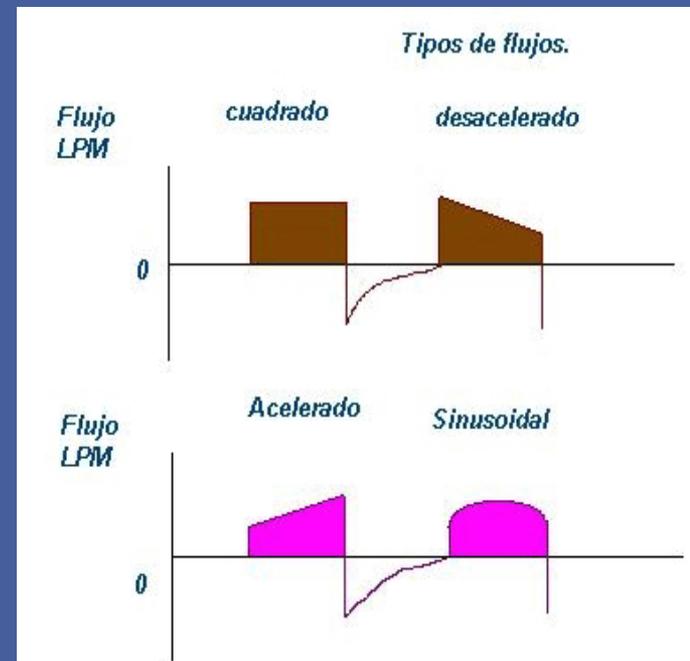
MODO	TIPO DE CICLO		
	Controlado	Asistido	Espontáneo
Controlado	X		
Asist./Cont.	X	X	
SIMV	X	X	X
CPAP			X

Tipos de flujo

Este parámetro está activo únicamente durante la ventilación de volumen.

Consiste en cambiar la forma de distribución del flujo inspiratorio.

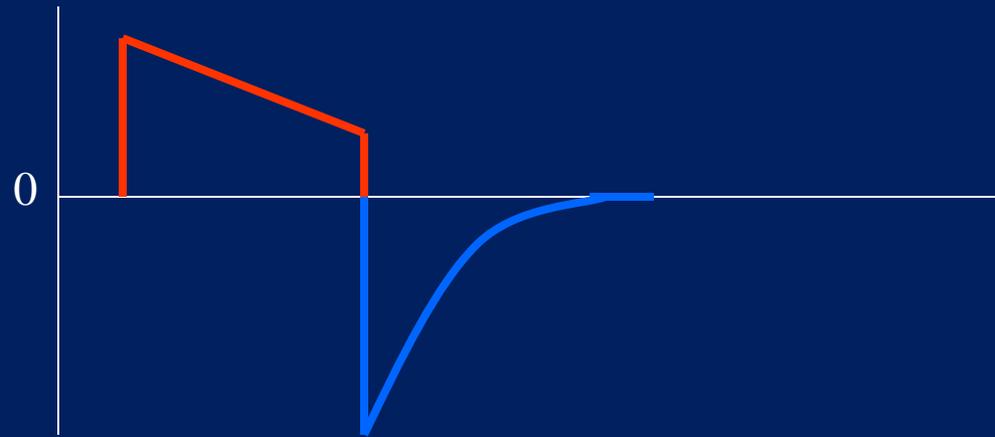
1. Curva constante.
2. Curva desacelerante o rampa.
3. Curva acelerante.
4. Curva sinusoidal.



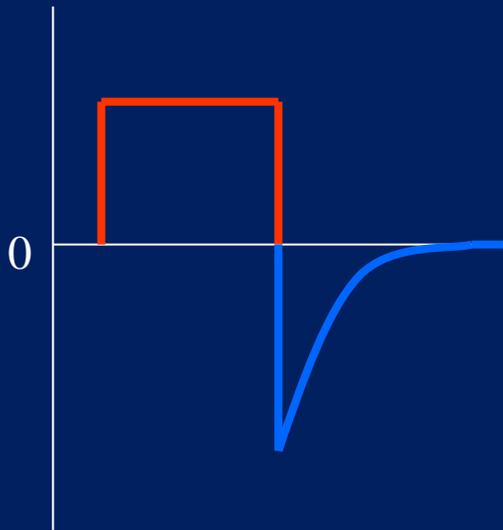
Tipos de flujo

- 😊 Onda de flujo cuadrada: El flujo es constante.
- 😊 Onda de flujo decelerante: El flujo es un alto en el inicio hasta alcanzar la presión programada y decae durante el resto de la inspiración.
- 😊 Onda de flujo acelerado: El flujo es lento al principio y acelera durante la inspiración.
- 😊 Onda sinusoidal: El flujo es inicialmente lento, se acelera en el resto de la inspiración manteniéndose y desciende progresivamente. Es semejante a la respiración normal.

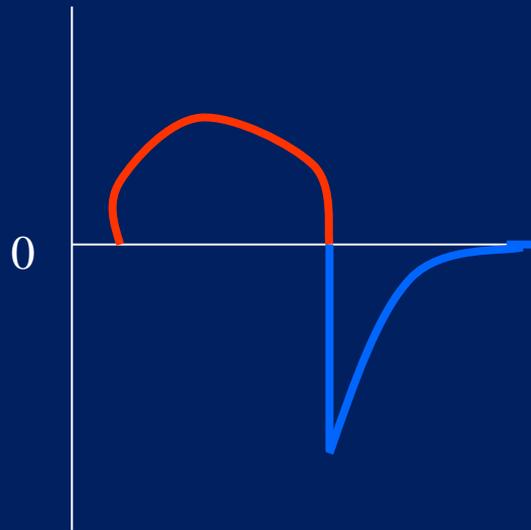
FORMAS DE ONDA



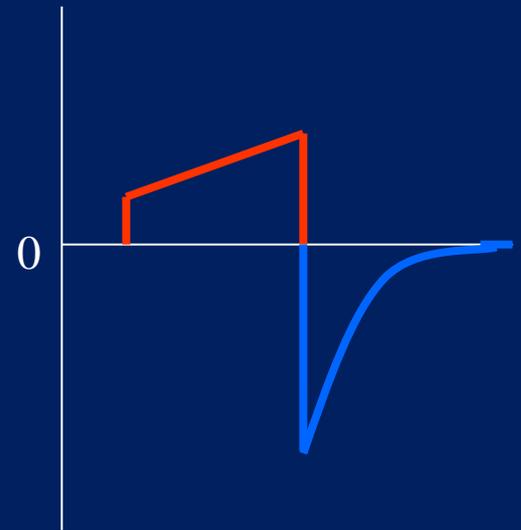
DESCENDENTE - FISIOLOGICA



CUADRADA



SINUSOIDAL

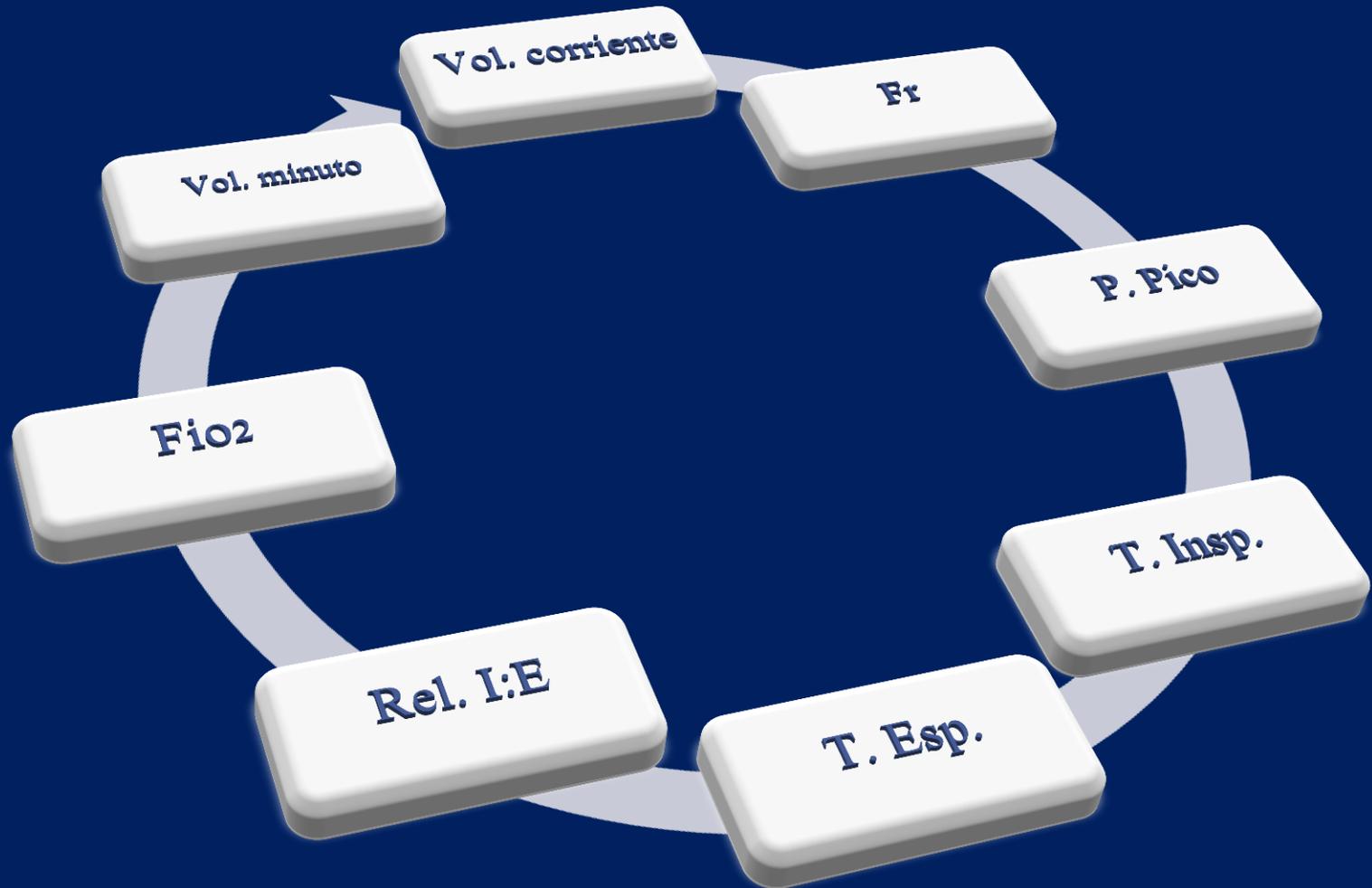


ASCENDENTE

Parametros del Respirador

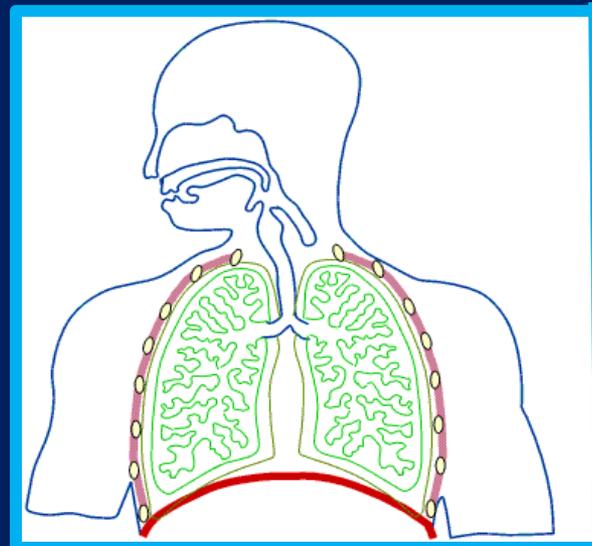
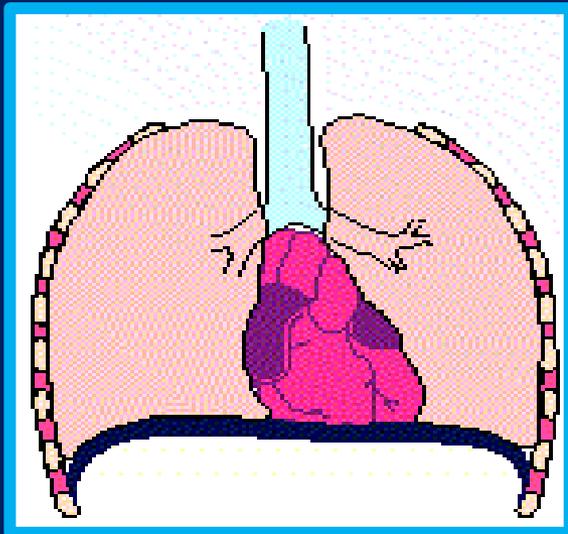


Parámetros



Volumen Corriente (VC)

Sus valores van de 6 a 8 ml/kg, se usan los valores más bajos en situaciones de alto riesgo de Barotrauma o Volutrauma y para evitar la sobredistensión alveolar.



Frecuencia respiratoria (Fr)

Oscila entre 8 a 15 ciclos/min, se ajustará para mantener la PaCO₂ deseada.

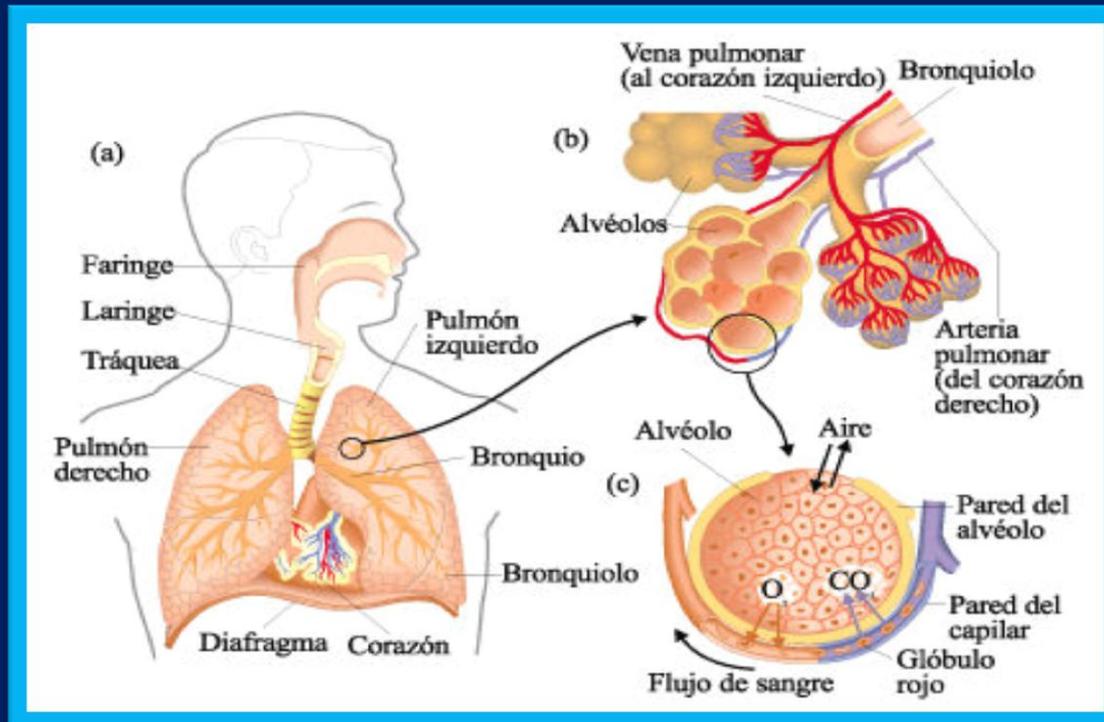
- ✓ Normal: 12-16 por minuto
- ✓ En niños hasta 20 por minuto.
- ✓ En lactantes hasta 30 por minuto.



- Patología restrictiva Patología restrictiva: Requieren Fr. Altas.
- Patología obstructiva Patología obstructiva: Requieren Fr. más bajas (para evitar el atrapamiento aéreo).

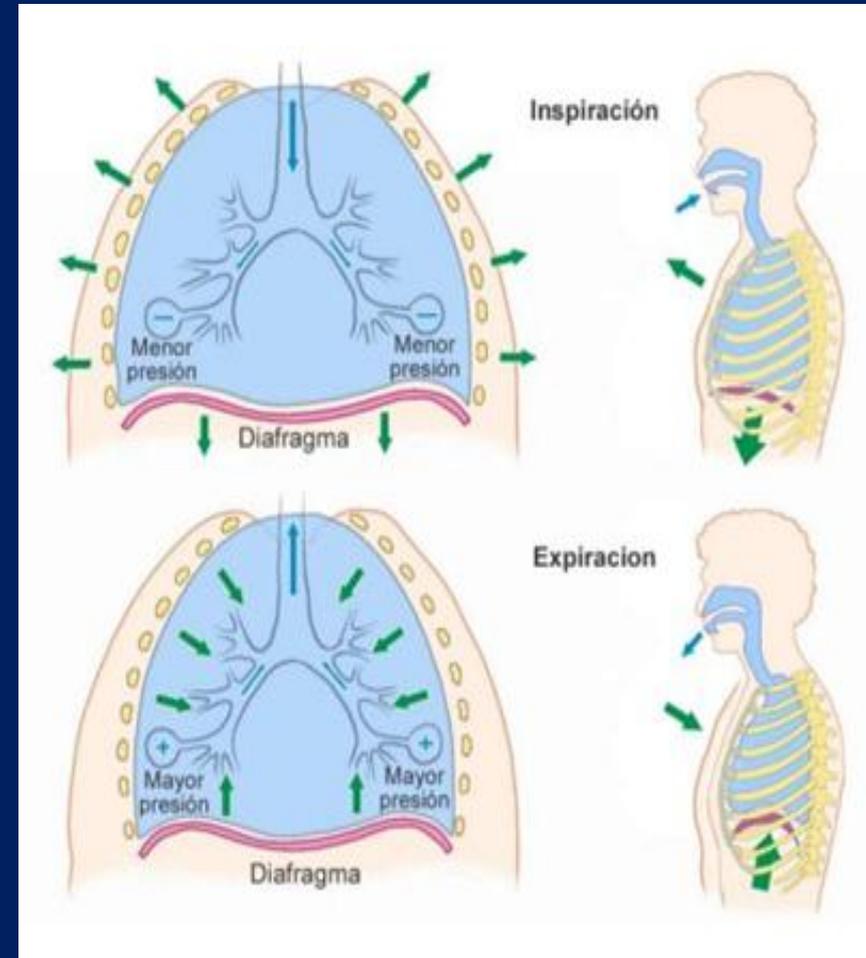
Oxigenación

Fracción inspirada de oxígeno (FiO₂): Se debe usar la FiO₂ mínima que permita una PaO₂ igual o mayor de 60 mmHg.



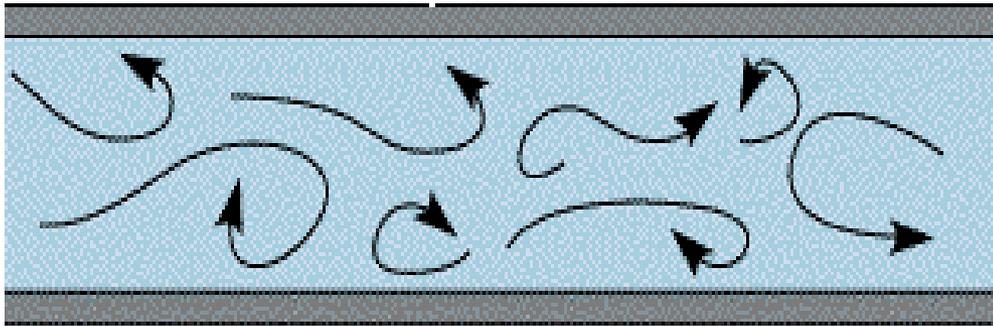
Relación I:E

Relación de la duración entre la inspiración y la espiración (I:E): Lo normal es 1:2, en situaciones de obstrucción al flujo aéreo se usan relaciones I:E más bajas (1:3) para prolongar el tiempo espiratorio y disminuir el atrapamiento aéreo. En situaciones graves del SDRA se pueden usar relaciones I:E invertidas, 2:1.

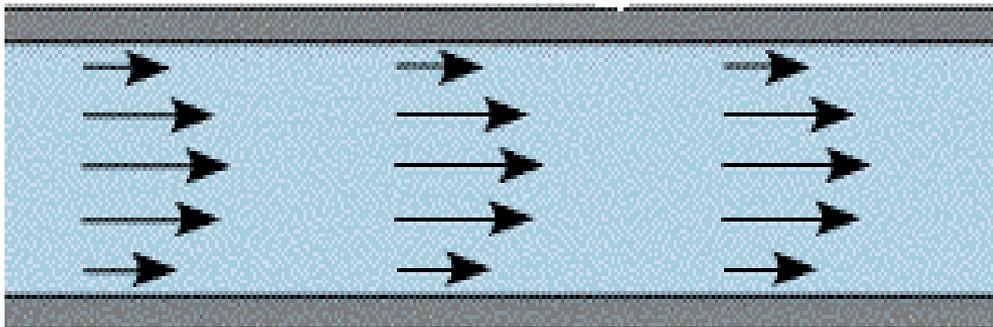


Flujo inspiratorio (V_i): 40-60 l/min

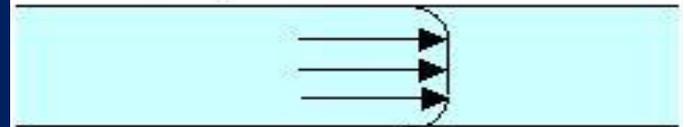
Flujo Turbulento



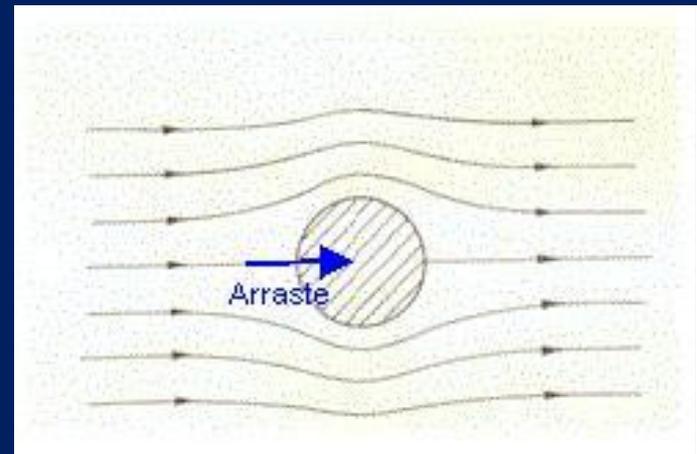
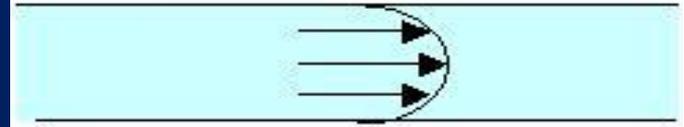
Flujo Laminar



Pequeña Viscosidad

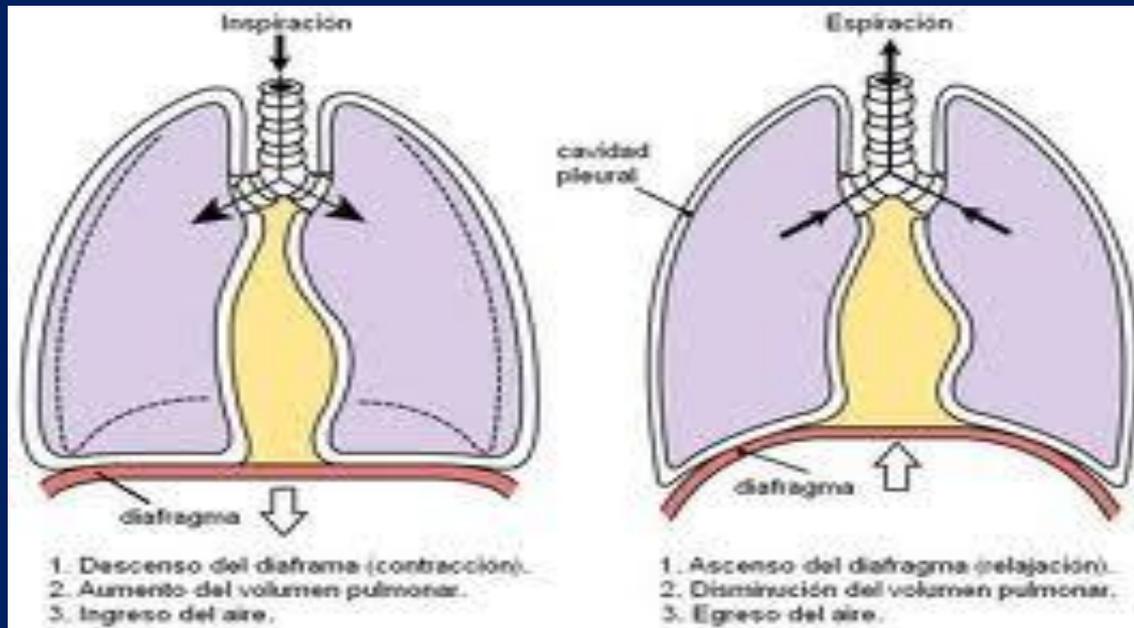


Gran Viscosidad



Presiones respiratorias

La presión alveolar debe estar por debajo de 30 cm H₂O que corresponde a una presión meseta menor de 35 cm H₂O y a una presión pico menor de 45 cm H₂O.



Parámetros

Parámetros	Valores
V. corriente	0,5 litros
Ppico	35 cmH2O
PEEP	5 cmH2O
F. respiratoria	15 resp. X min.
T. inspiratorio	1 seg.
T. espiratorio	3 seg.
Relación I:E	1:3
Volumen minuto	$V_c \times F. \text{ resp} = 7,5\text{l}/\text{min}.$

Monitorización ventilatoria

Alarma

Modo

Presión

Ppico

Flujo

Plateau

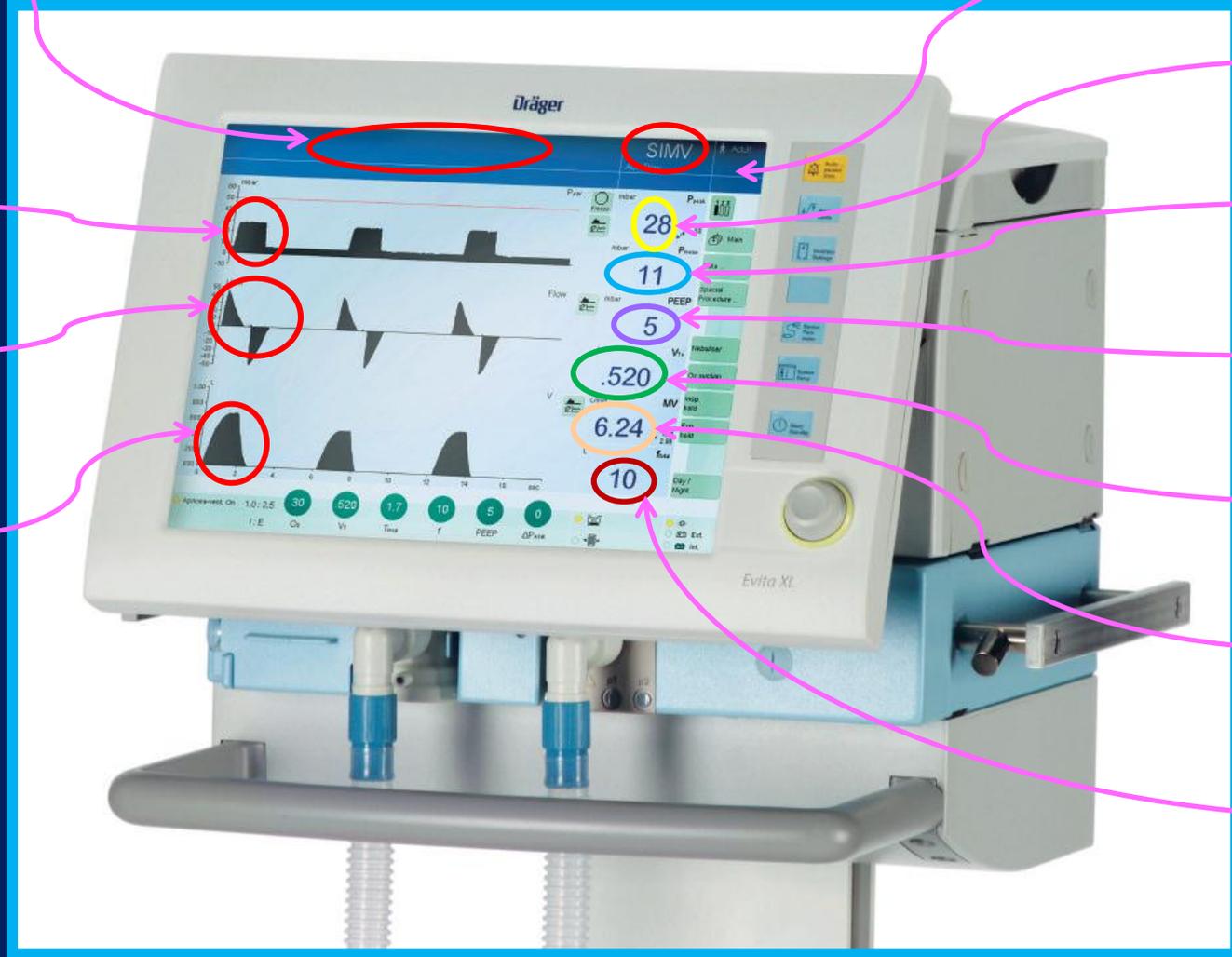
Volumen

Peep

Vt

Vol. Min.

Fr



Measured Values

Peak Flow (L/min) **T_I** spont. (s) **I:E** spont. **T_E** (s) **f_{total}** (bpm) **V_T** (L) **Ṽ_E** (L/min)

48 **1:5.0** **5.0** **10** **0.400** **4.00**

Max **30** Max **0.600**
 Min **0.200**

Category ADL

Modo: VCV

BAT FULL

Paw

40

Peak 22

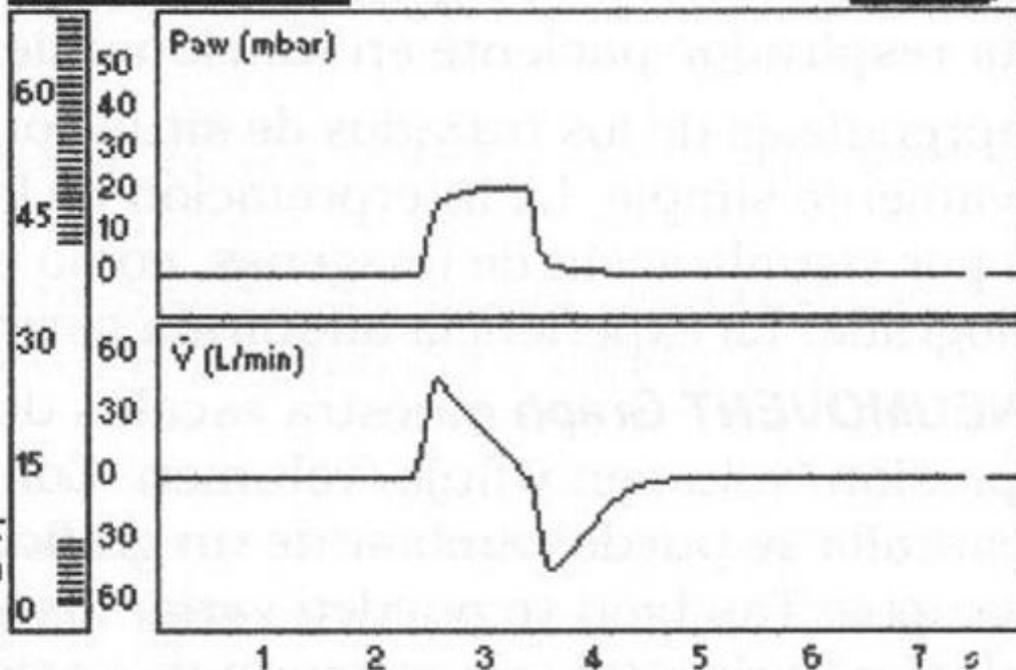
Plateau

Mean 3

Base 0

Oxygen Monitor 50%

Max **60**
 Min **40**



Pressure Limits

High Insp. Pressure

Pressure Control (PCV) (above PEEP)

Pressure Support (PSV) (above PEEP)

PEEP/CPAP (reference value)

Low Insp. Pressure

0.50 **1.00** **1:5.0** **10** **0.400** **3.0** **L/min**

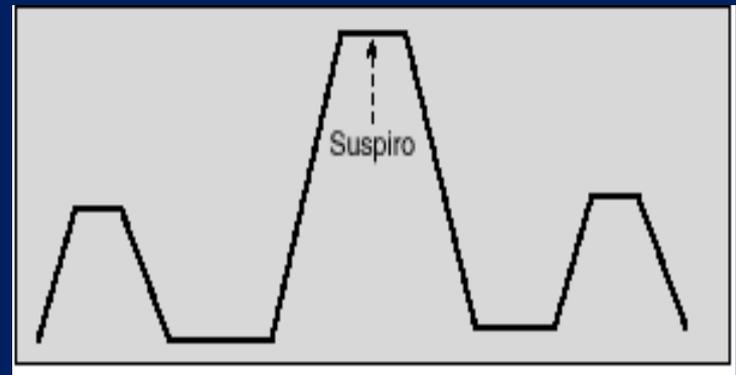
F_{IO2} **Inspiratory Time** **I:E Ratio** **Machine Rate** **Volume** **Sensitivity**

Suspiro

☺ El pulmón, para mantener una función adecuada, precisa inspiraciones profundas periódicas. Los individuos sanos.



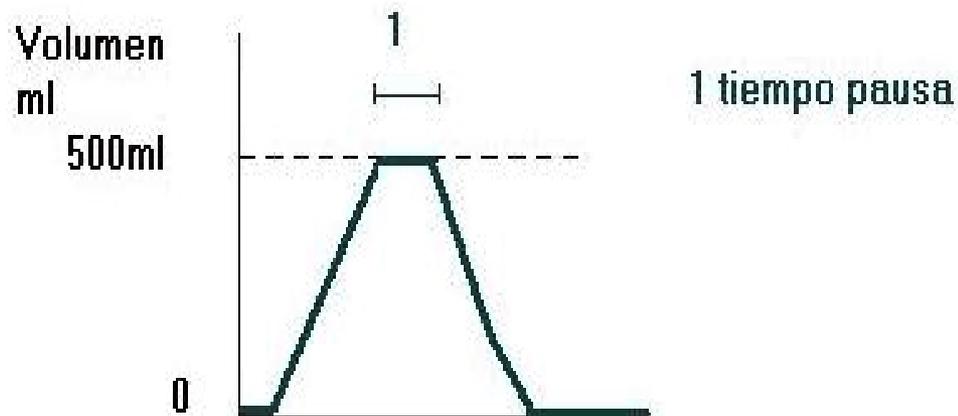
☺ Las inspiraciones profundas corrigen esta tendencia probablemente insuflando los espacios aéreos colapsados.



Suspiro

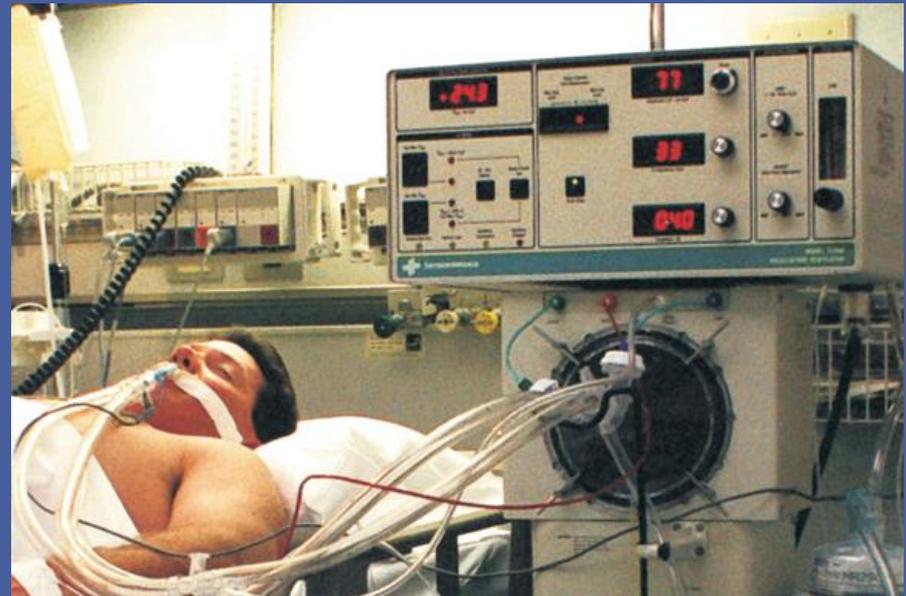
- ☹️ Previene disminución de la compliance y shunt pulmonar por atelectasia causadas por VM.
- ☹️ No se recomienda emplear cuando se maneje un volumen tidal o presión positiva espiratoria elevados de forma constante.

Ventilación limitada por volumen con pausa inspiratoria.



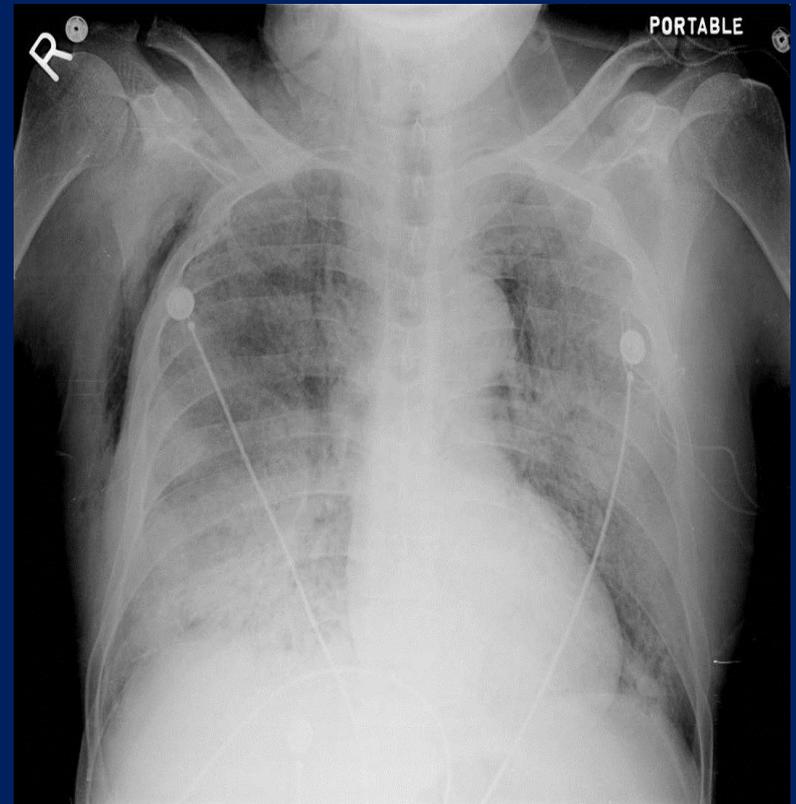
COMPLICACIONES ASOCIADAS A LA VM

- ☺ Infecciones por pérdida de defensas naturales
- ☺ Lesiones glóticas o traqueales (edemas, fistulas)
- ☺ Aumento de secreciones
- ☺ Neumotórax
- ☺ Neumomediastino
- ☺ Enfisema Subcutáneo
- ☺ Neumonía (acumulo de secreciones)



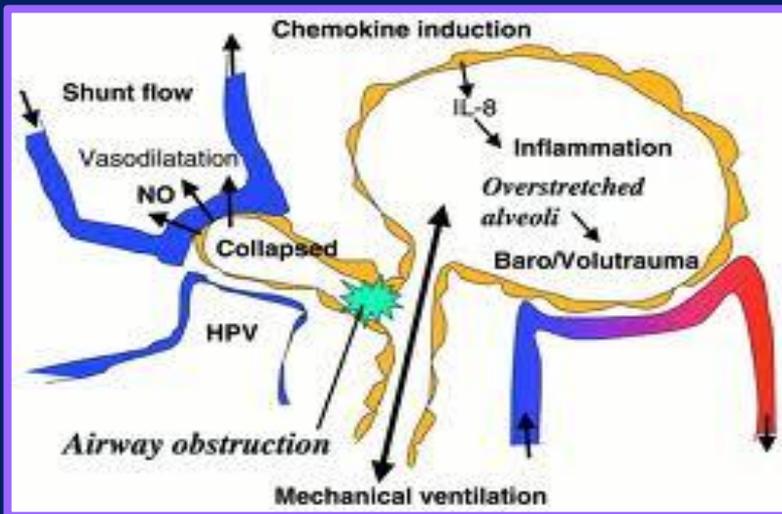
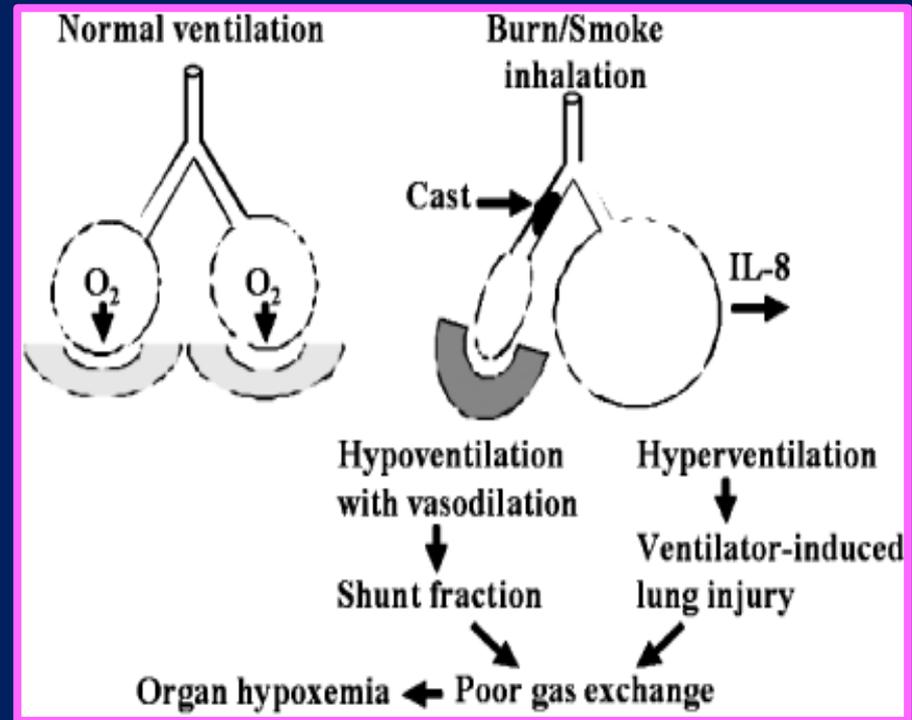
Complicaciones de la ventilación mecánica

Barotrauma: Se relaciona a un incremento de la presión (>30 cm H₂O) como por ejm. neumomediastino, neumotórax, enfisema subcutáneo, neumopericardio, neumoretroperitoneo, enfisema intersticial pulmonar y embolismo gaseoso sistémico .



Complicaciones de la ventilación mecánica

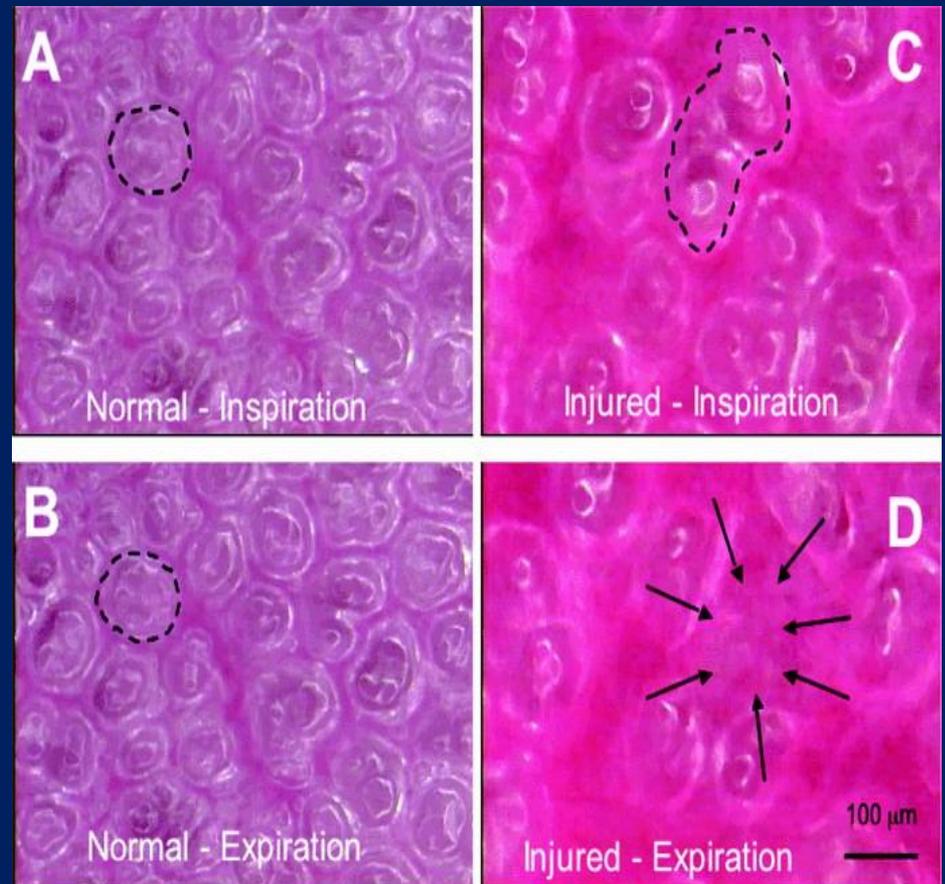
Volutrauma: Se relaciona a sobredistención de los alvéolos por altos volúmenes programados
Ejemplo: Edema pulmonar



Complicaciones de la ventilación mecánica

Atelectrauma:

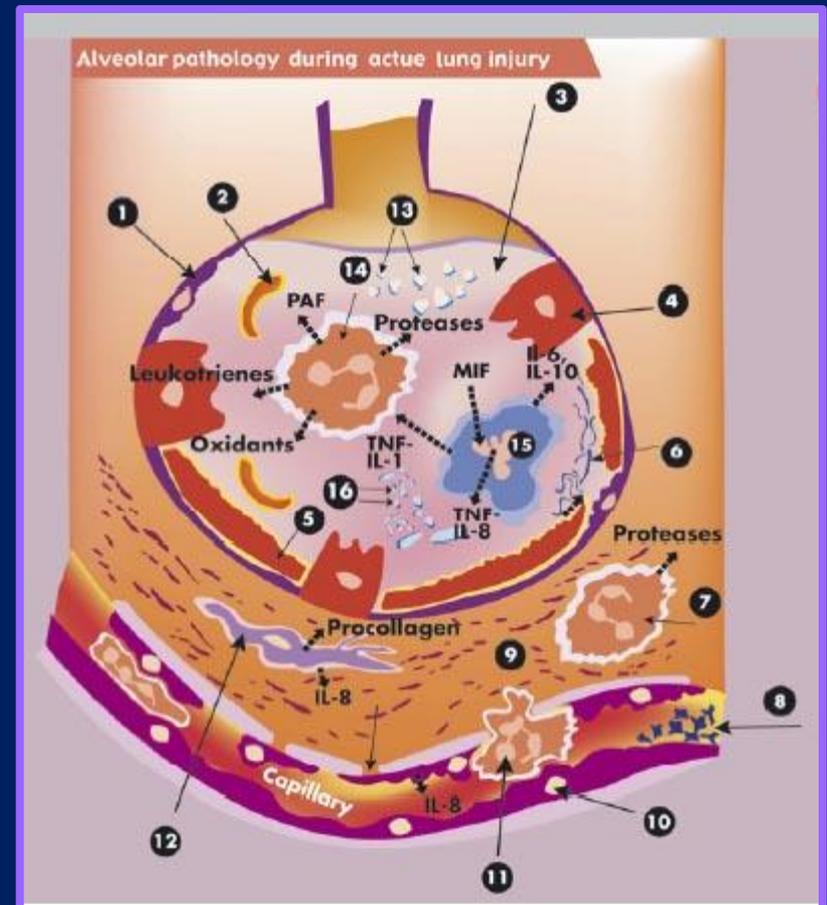
Relacionado a la programación de bajos volúmenes tidales.



Complicaciones de la ventilación mecánica

Biotrauma:

La producción de numerosos mediadores inflamatorios los cuales juegan un papel importante en el comienzo y propagación de la lesión pulmonar.



Complicaciones de la ventilación mecánica

VILI

IPPV with high volume and pressure induces pulmonary edema.



nl lung

after 5'

after 20'

GRACIAS

