



Quédate en casa  
estudia en casa



[www.epdemexico.edu.mx](http://www.epdemexico.edu.mx)

# BIENVENIDOS

CURSO

## VENTILACIÓN MECÁNICA BÁSICO

En un momento iniciaremos la sesión,  
esperamos a que ingresen los compañeros.

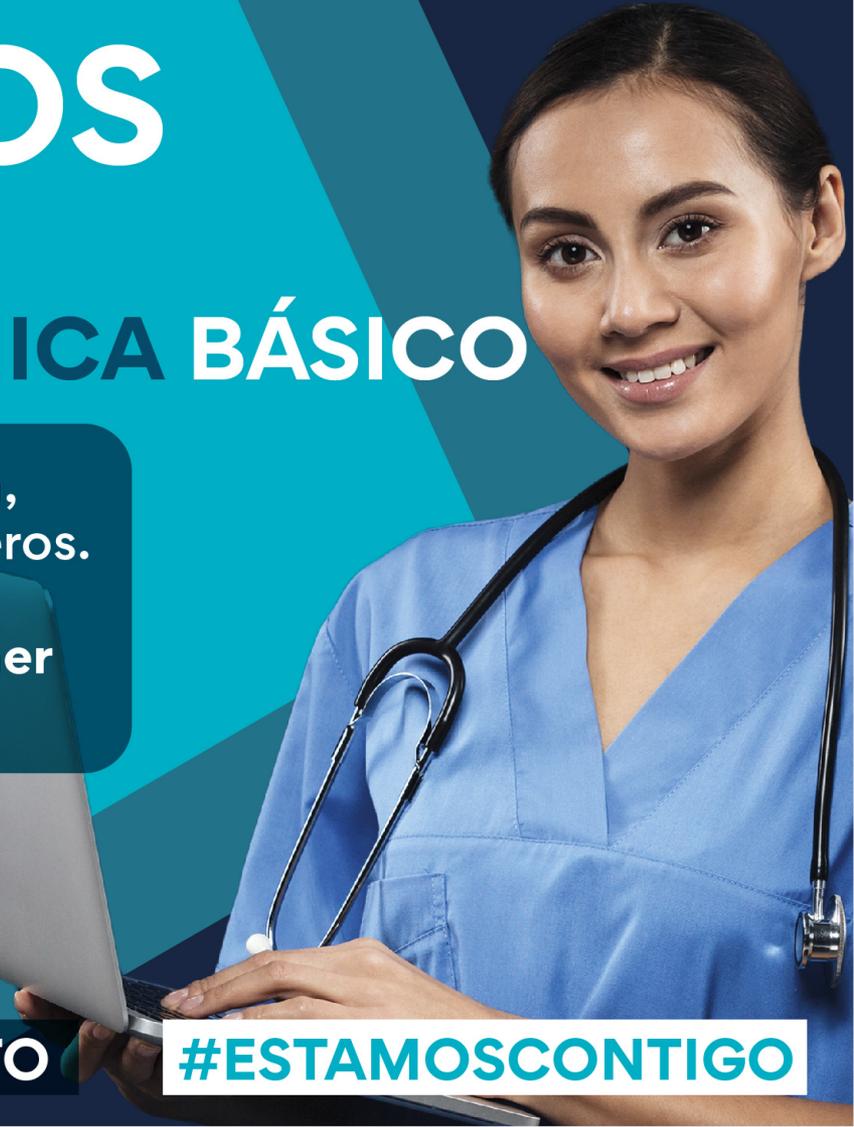
Mientras esperamos favor de mantener  
sus micrófonos en silencio.



#ORGULLO

#RECONOCIMIENTO

#ESTAMOSCONTIGO





**CURSO**  
**VENTILACIÓN**  
**MECÁNICA BÁSICO**

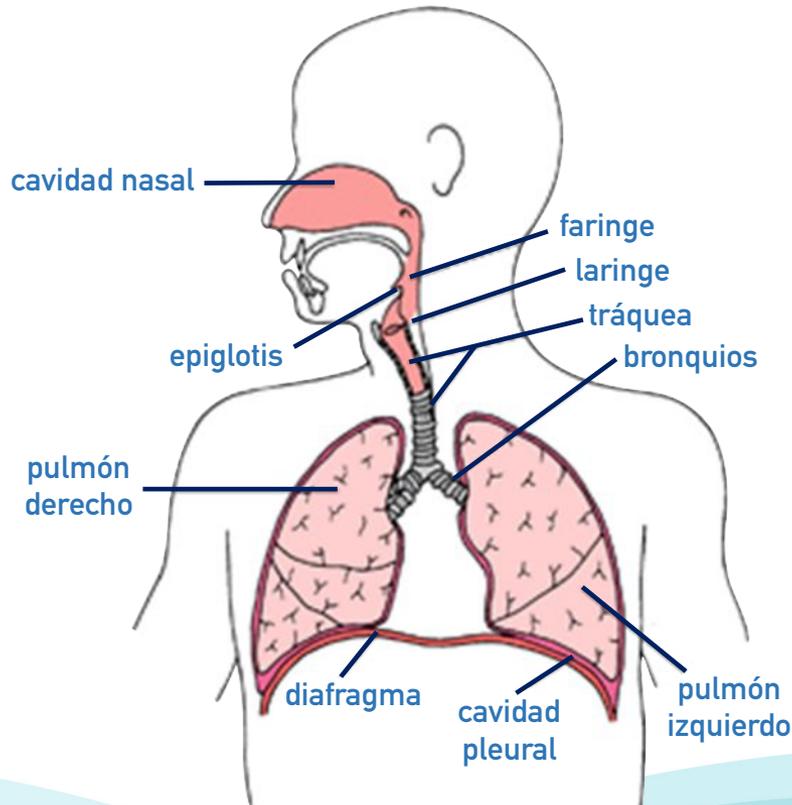


**Fundamentos  
de la ventilación mecánica  
en paciente crítico**

**Dr. Mauro Herrera Cházari**  
Medicina Crítica y Medicina de Urgencias  
EP de México  
IMSS/ SSEP  
Universidad Anáhuac Puebla

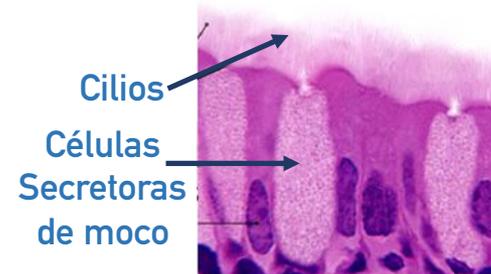
[www.epdemexico.edu.mx](http://www.epdemexico.edu.mx)

# Anatomía y Fisiología del Sistema Respiratorio



Zona de conducción:  
Función de calentar,  
limpiar, humedecer

Epitelio ciliado de la tráquea

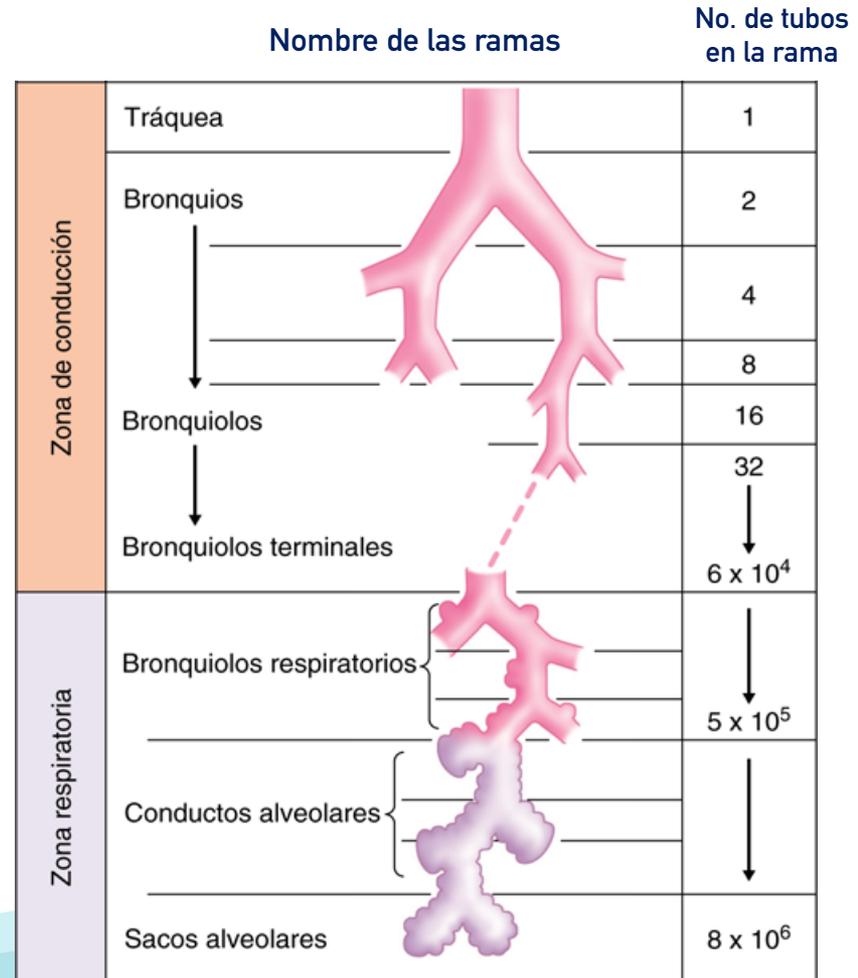


Zona respiratoria:  
Función de  
intercambio de gases

# Anatomía del Aparato Respiratorio

- Vías respiratorias
  - Fosas nasales
  - Faringe
  - Laringe
  - Tráquea
  - Bronquios
  - Bronquiolos
- Pulmones

	Nombre de las ramas	No. de tubos en la rama
Zona de conducción	Tráquea	1
	Bronquios	2
		4
		8
	Bronquiolos	16
	Bronquiolos terminales	32 ↓ $6 \times 10^4$
Zona respiratoria	Bronquiolos respiratorios	↓ $5 \times 10^5$
	Conductos alveolares	↓
	Sacos alveolares	$8 \times 10^6$



Fuente: Hershel Raff, Michael Levitzky: Fisiología médica. Un enfoque por aparatos y sistemas. [www.accessmedicina.com](http://www.accessmedicina.com)  
Derechos McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

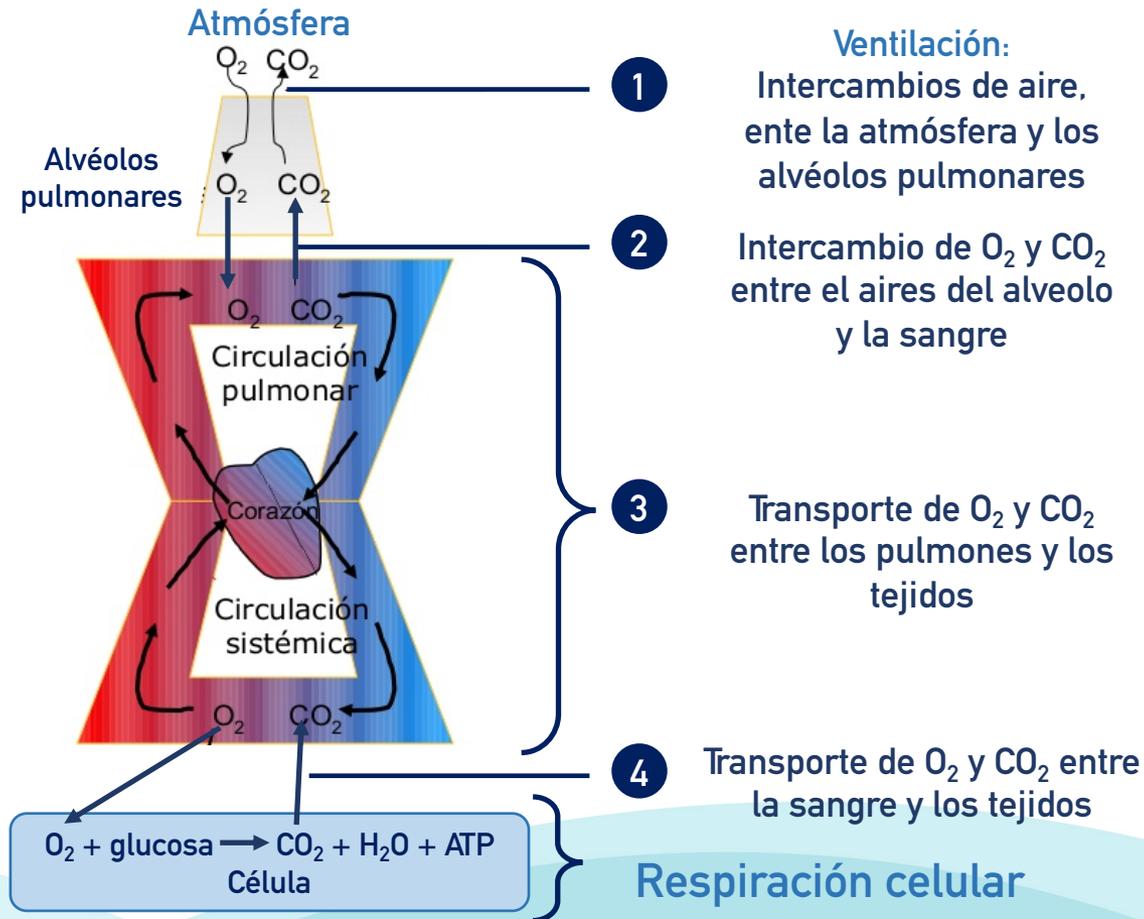
# El proceso Respiratorio

- Ventilación pulmonar, inspiración y espiración.
- Intercambio gaseoso, entre el aire (oxígeno) y sangre.
- Transporte de gases, por la sangre.
- Intercambio gaseoso, entre la sangre y los tejidos.
- Respiración celular.

# Funciones del Aparato Respiratorio

- Distribución del aire.
- Intercambio de gases.
- Filtrar, calentar y humidificar el aire que respiramos.
- Regulación del pH (reteniendo y eliminando  $\text{CO}_2$ ).
- Regulación de la temperatura (por pérdida de agua).
- Conversión/producción de hormonas en el pulmón.
- Producción del sonido (lenguaje oral).

# Etapas de la respiración



# Músculos respiratorios

- **Inspiratorios**
  - Diafragma
  - Intercostales externos, esternocleidomastoideo
- **Espiratorios**
  - Intercostales internos
  - Pared abdominal

**Modifican el volumen de la caja torácica**



# INICIO DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

# Objetivos de la ventilación mecánica

## 1. Mejorar el intercambio gaseoso:

- Ventilación alveolar. Caracterizada por hipercapnea.
- Oxigenación arterial.

## 2. Mantener, restaurar el volumen pulmonar y modificar la relación presión/volumen:

- Mejorar la Capacidad residual funcional (FRC) y volumen de fin de inspiración.
- Aumentar la distensibilidad.
- Prevenir la lesión pulmonar inducida por el ventilador.
- Evitar el atrapamiento aéreo.

# Objetivos de la ventilación mecánica

## 3. Reducir el trabajo respiratorio:

- Disminución de la carga de los músculos y del costo de oxígeno de la respiración.
- Revertir la fatiga de los músculos respiratorios.

## 4. Mejorar la oxigenación tisular:

- Aumentar la disponibilidad de oxígeno en la sangre arterial. Permitir la redistribución de oxígeno hacia tejidos vitales.

# Indicaciones Ventilación Mecánica

- Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda (SIRA).
- Hipoxemia severa:  $PaO_2/FiO_2 < 200$  mmHg o  $< 150$  mmHg
  - Ejemplo:  $PaO_2$  65/  $FiO_2$  60% (0.60)= 108.3.
- Inestabilidad hemodinámica.
- Deterioro neurológico (ECG 8 puntos).
- Aumento del trabajo respiratorio.
- Tórax inestable.
- $FR > 30$  rpm.

# Modos Ventilatorios



# Modos de Ventilación

**Control:** objetivo de ventilación.

- Volumen o Presión.

**Regulación:** cómo se consigue ese objetivo.

- Conseguir un volumen determinado modificando presiones o flujos.

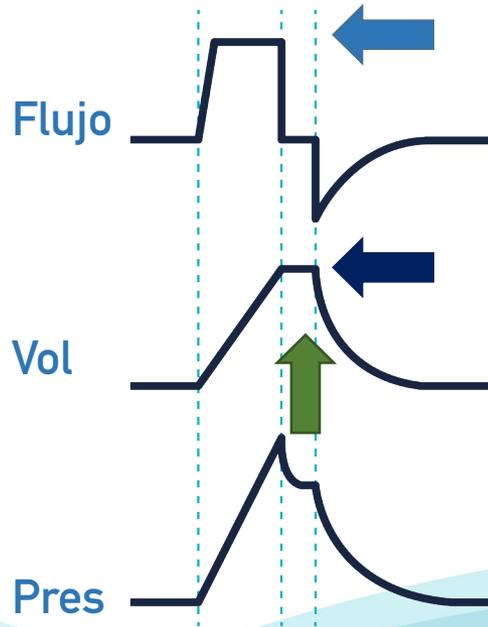
**Ciclado:** cambio entre las fases de la respiración.

- Cambio de inspiración a espiración.
- Se ha alcanzado un volumen determinado.
- Ha pasado un tiempo determinado.

# Dos formas de control

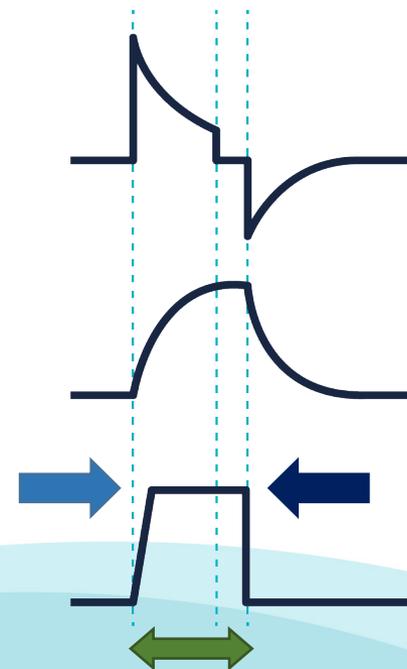
## Volumen

- Reguladora de flujo
- Ciclada por volumen



## Presión

- Reguladora de flujo
- Ciclada por tiempo

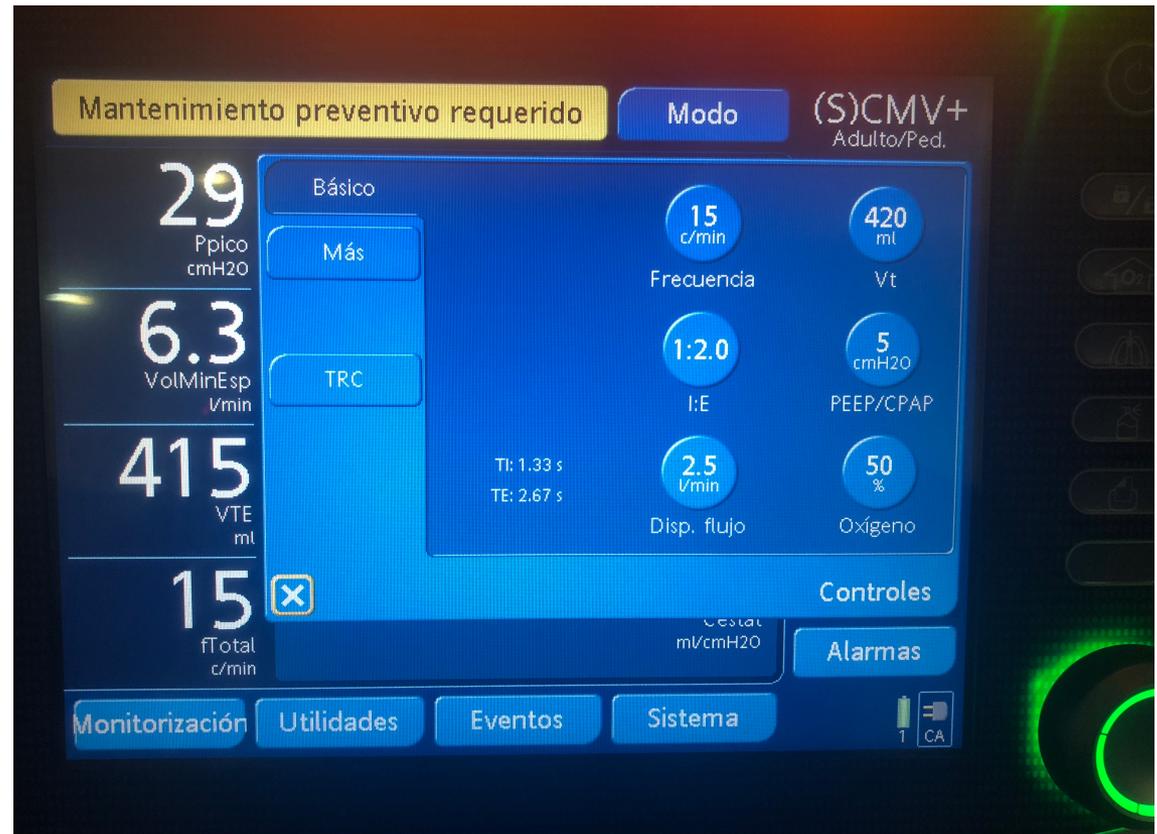


# Variables a programar

- Frecuencia respiratoria.
- Volumen corriente.
- Fracción inspirada de oxígeno ( $F_{iO_2}$ )
- Presión positiva al final de la espiración.
- Sensibilidad o disparo.
- Flujo.
- Tiempo inspiratorio.
- Presión inspiratoria.

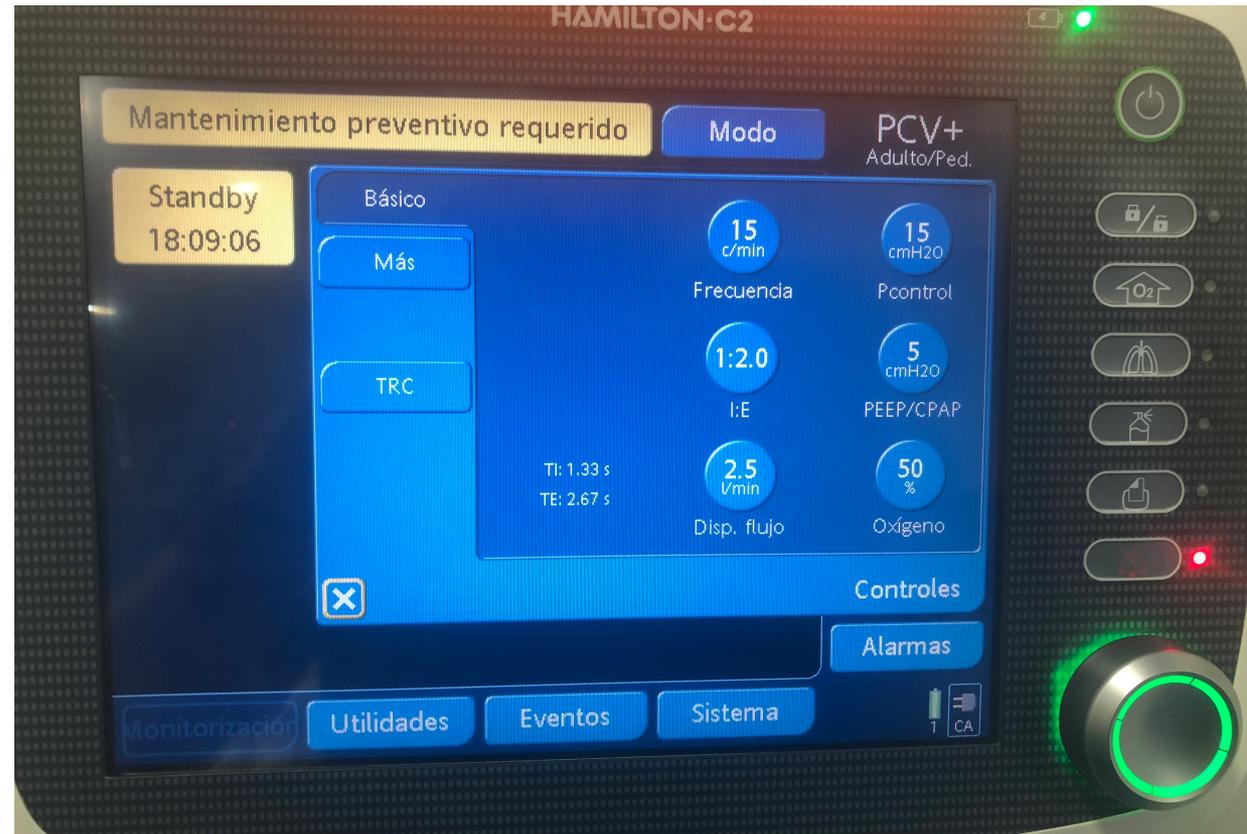
# Modo AC por volumen

- $V_t$
- FR
- PEEP
- Relación I:E
- Disparo por flujo
- $FiO_2$



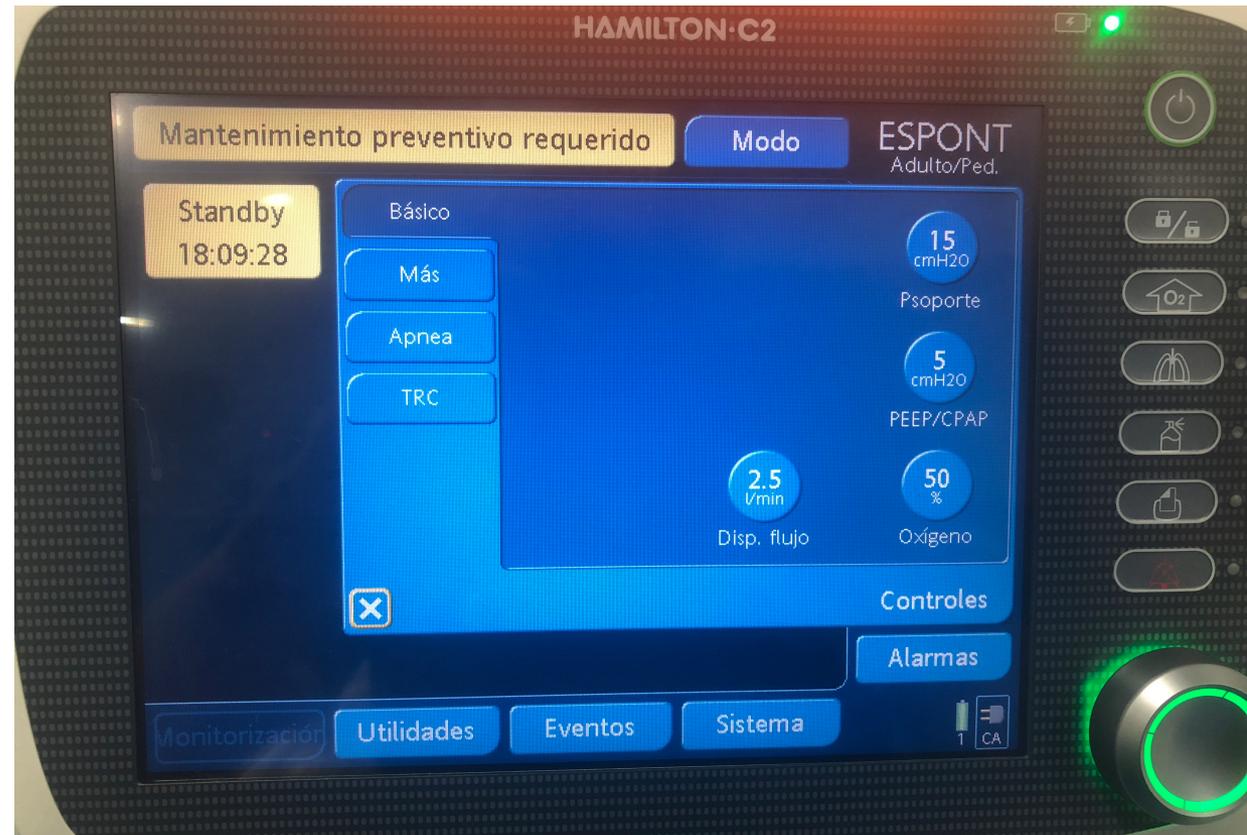
# Modo AC por presión

- Presión control
- FR
- PEEP
- Relación I:E
- Disparo por flujo
- FiO<sub>2</sub>



# Modo espontáneo

- Psoporte
- PEEP
- Disparo por flujo.
- FiO2
- ES un modo de destete de la VM



# Parámetros comunes en VM

## FiO<sub>2</sub>

- Mezcla de oxígeno y aire.
- A niveles altos puede ser tóxico.
- Favorece el colapso alveolar (FiO<sub>2</sub> 100%).

## Frecuencia respiratoria

- Tiempo inspiratoria.
- Pausa
- Tiempo espiratorio
- Relación I:E (inspiración:espiración)
  - Normal: 1:2, 1:1.5.

# Parámetros comunes en VM

## Tiempo inspiratorio

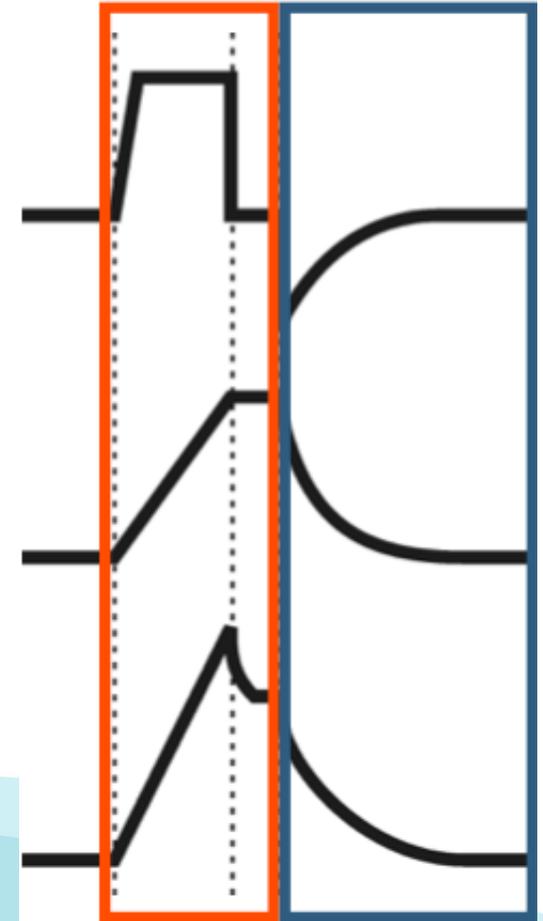
- Se genera el llenado pulmonar.
- Mediante una generación de presión o de flujo.
- El pulmón está sometido a una presión positiva.

## Pausa inspiratoria

- El flujo es cero.
- El pulmón está en condiciones estáticas.
- El volumen no cambia.
- La presión baja a una presión meseta.
- El tiempo de pausa se incluye dentro de la inspiración.

## Fase espiratoria:

- Hay liberación de presiones.
- El pulmón se vacía mediante la generación de un flujo espiratorio.
- La espiración es un FENÓMENO PASIVO.



# Variables a programar en un ventilador mecánico

1. Volumen tidal o volumen corriente
2. PEEP
3. Disparo
4. FiO<sub>2</sub>
5. Relación Inspiración : Espiración (I:E)

# Volumen corriente / Volumen tidal

**SDRA: peso predicho**

- $(\text{Talla cm} - 152.4) \times 0.91 + 50$       **HOMBRES**
- $(\text{Talla cm} - 152.4) \times 0.91 + 45.5$       **MUJERES**

**PESO IDEAL (enfermos con talla <152.4):**

- $\text{Talla (m)}^2 \times 21.5$       **MUJERES**
- $\text{Talla (m)}^2 \times 23$       **HOMBRES**

**4 – 8 ml/kg peso predicho (iniciar con 6 ml/kg)**

- Presión positiva al final de la espiración.
- Evita el colapso alveolar de aquellos alveolos que ya han sido abiertos.
- Hace más homogénea a la ventilación.
- Redistribuye el edema alveolar.

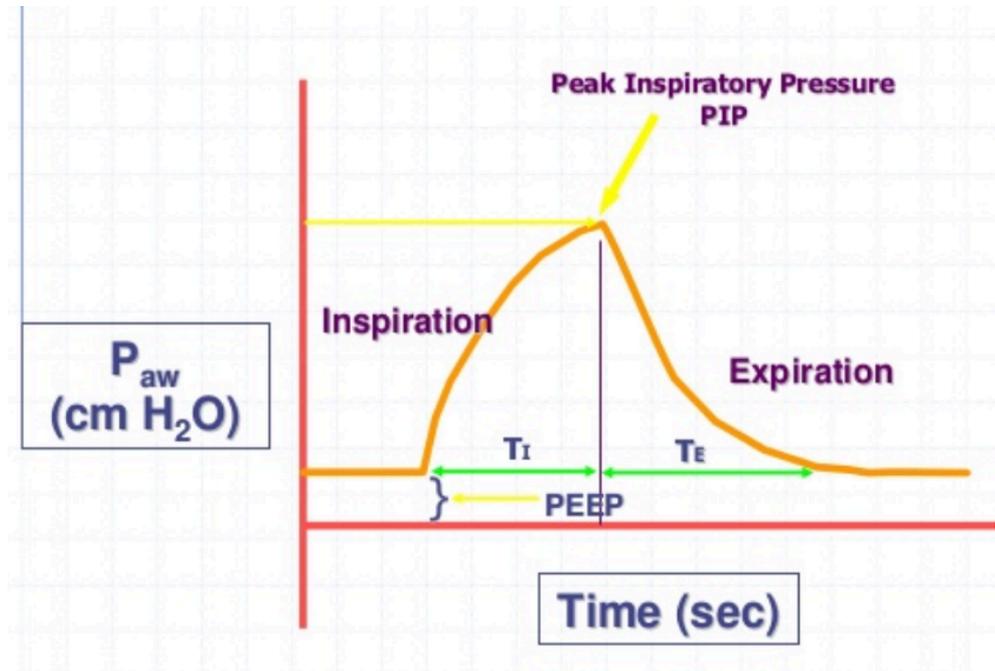


$$C = \Delta V / \Delta P$$



# PEEP

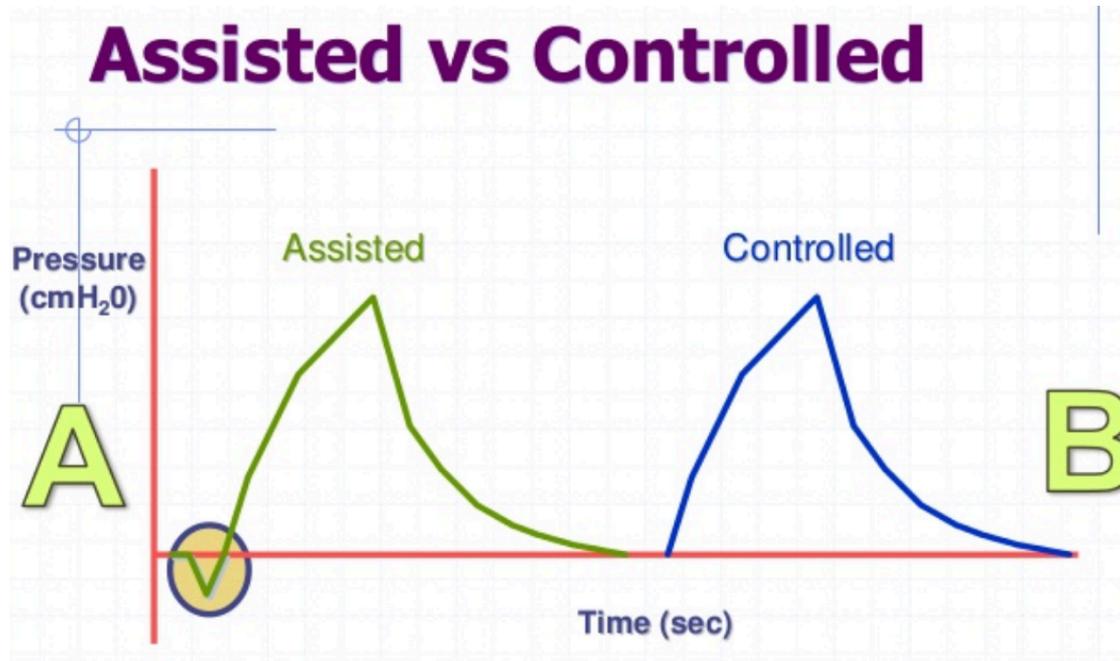
- Iniciar: 5 a 8cmH<sub>2</sub>O.
- Pacientes obesos:
  - Menos volumen residual pulmonar.
  - Mayor tendencia al colapso alveolar.
- IMC 30 – 40: 8 cm H<sub>2</sub>O
- IMC >40: 10cmH<sub>2</sub>O



# Disparo o trigger

- Es la capacidad que tiene el paciente de “disparar” respiraciones adicionales.
- El disparo o trigger DIFERENCIÁ una respiración controlada, de una asistida.
- **RESPIRACIÓN ASISTIDA:** detección de esfuerzos inspiratorios del ventilador mecánico por parte de paciente.

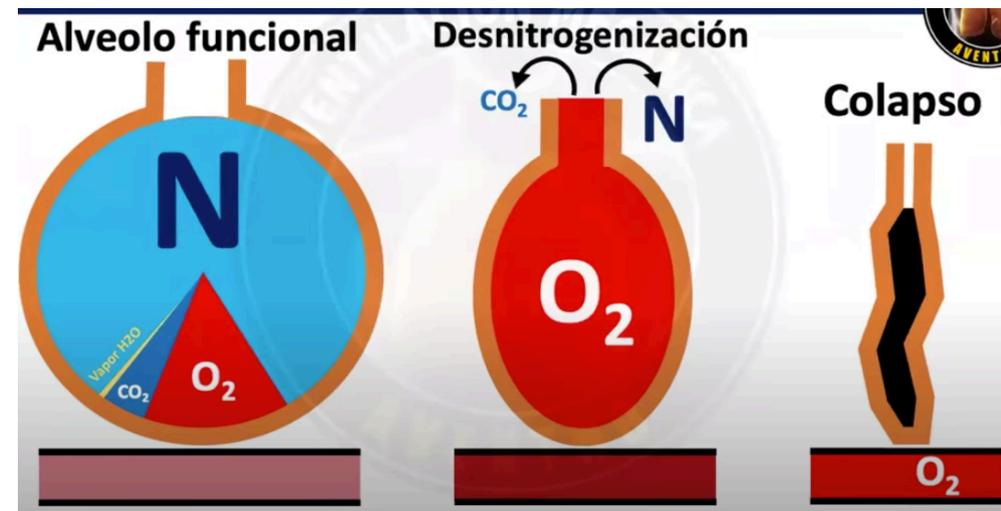
# Disparo o trigger



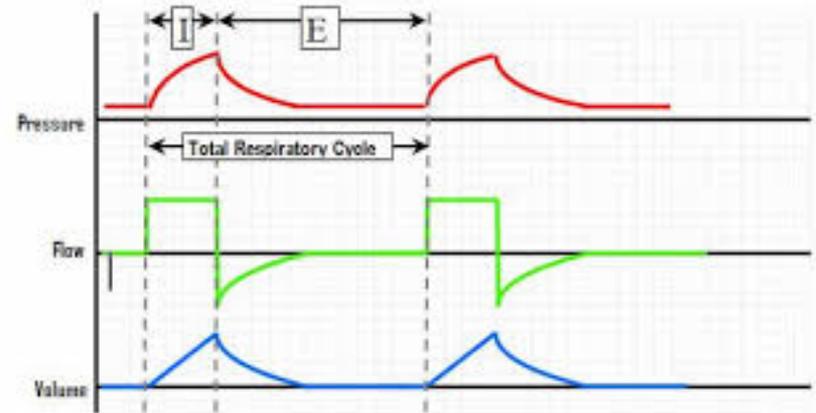
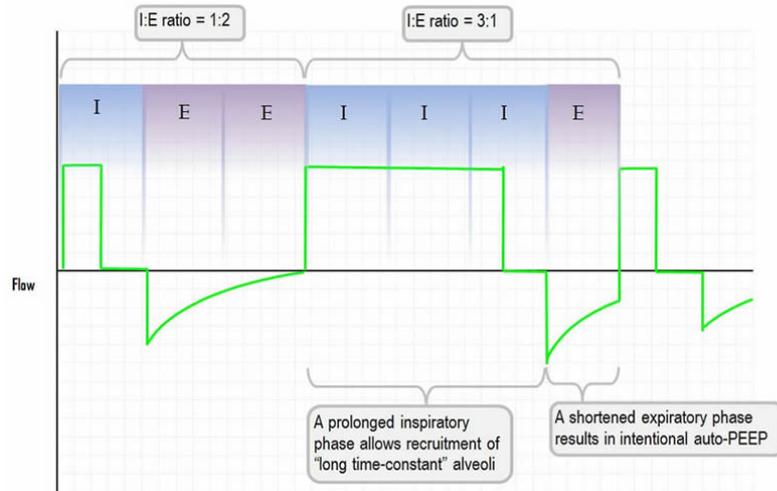
- Por flujo o por presión
- Presión: -0.5 a -2cmH<sub>2</sub>O
- Flujo 1 a 3 L/min

# FiO<sub>2</sub>. Fracción inspirada de Oxígeno

- Mezcla de oxígeno y aire.
- A niveles altos puede ser tóxico.
- Favorece el colapso alveolar (FiO<sub>2</sub> 100%).
- La necesaria para una SaO<sub>2</sub> objetivo: 88 – 94%.
- Disminuir FiO<sub>2</sub> de forma gradual manteniendo SpO<sub>2</sub>.



# Relación inspiración: espiración (I:E)



Condicionada por:

- Frecuencia respiratoria
- Flujo inspiratorio
- Pausa inspiratoria

# Frecuencia respiratoria. Volumen Minuto

- FR inicial: 12 a 20 por min.
- META:  $p\text{CO}_2$  objetivo.
- Volumen Minuto:  $V_t \times \text{FR}$ .
- La FR se ajusta de acuerdo a los niveles de  $\text{CO}_2$  reportados en la gasometría arterial.

# Volumen Minuto y ajuste de CO<sub>2</sub>

$$FR = \frac{(FR \text{ actual} \times CO_2 \text{ actual})}{CO_2 \text{ esperado}}$$

Ejemplo:

$$FR = \frac{(17 \text{ rpm} \times 50 \text{ mmHg})}{35 \text{ mmHg}}$$

$$FR = 24 \text{ rpm}$$

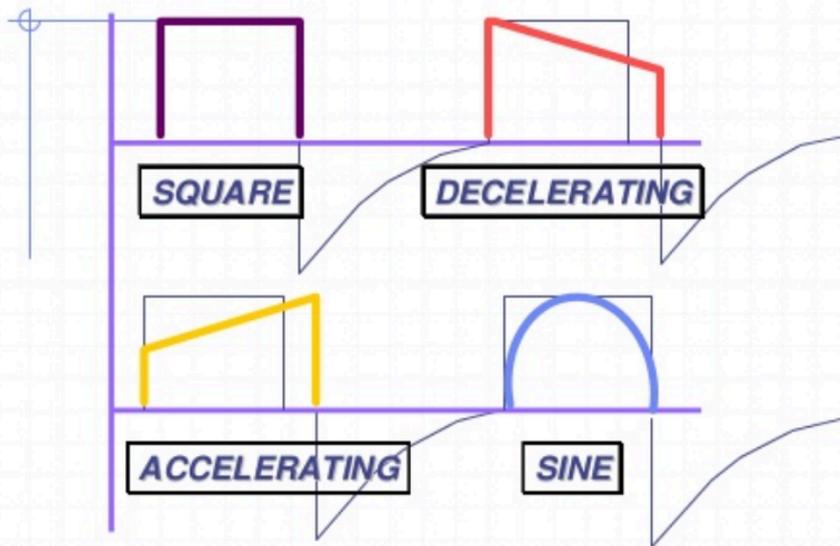
# Volumen Minuto y ajuste de CO<sub>2</sub>

$$V_t = \frac{(V_t \text{ actual} \times \text{CO}_2 \text{ actual})}{\text{CO}_2 \text{ esperado}}$$

$$V_t = \frac{(350 \text{ ml} \times 50 \text{ mmHg})}{35 \text{ mmHg}}$$

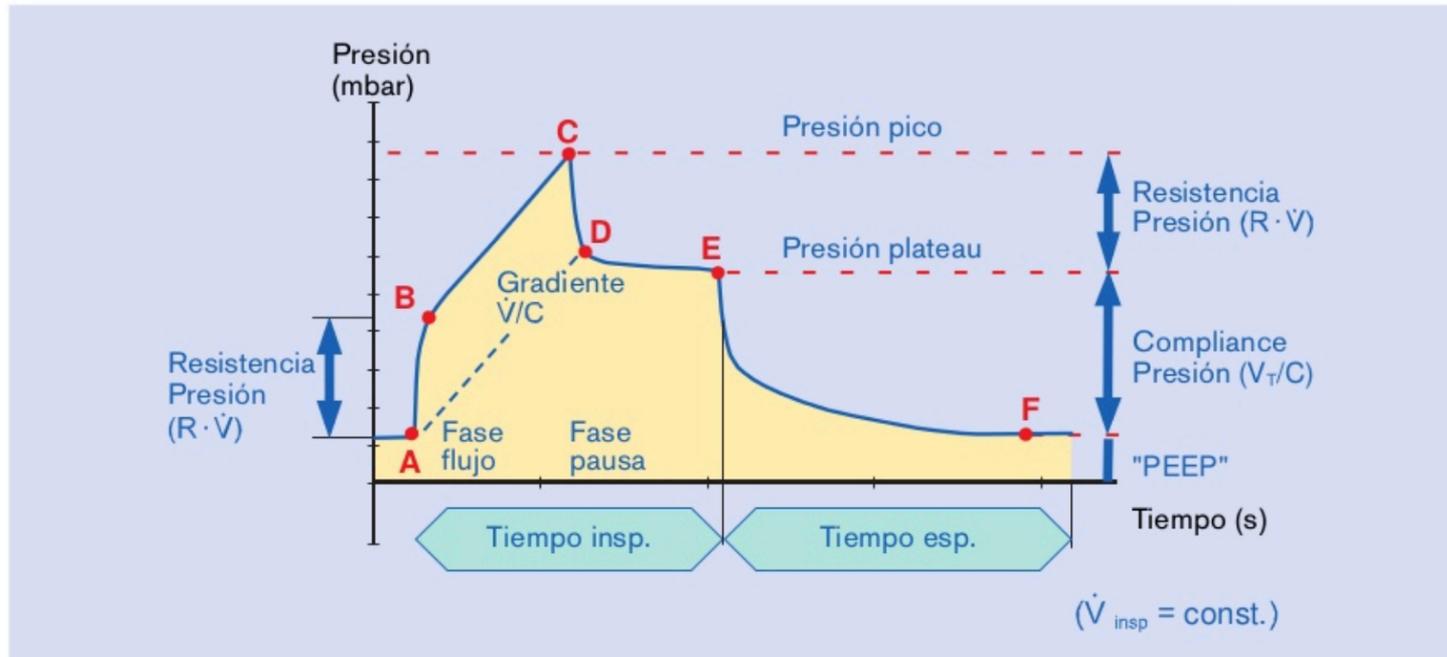
$$V_t = 500 \text{ ml}$$

## Flow Patterns

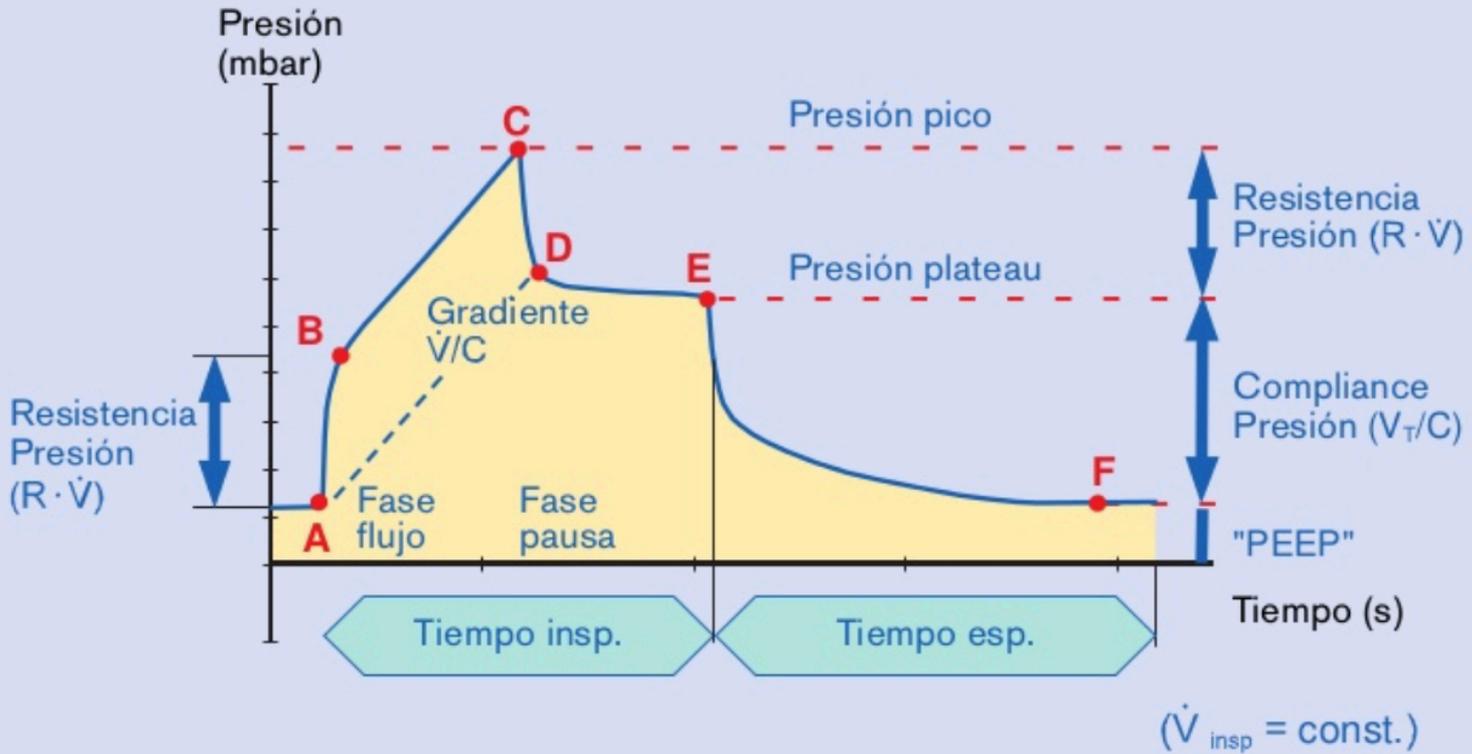


- Es la velocidad con la que ingresa el volumen tidal al paciente.
- Es un parámetro que modifica la I:E.
- Parámetro inicial: 25 a 60 L/min.
- Volúmenes pequeños, requieren flujos pequeños.

# Pausa Inspiratoria



- Sirve para medir presión meseta.
- Valores: 0.2 a 0.5 seg.





# MONITORIZACIÓN BÁSICA DEL PACIENTE VENTILADO

# Introducción

1. Consideraciones iniciales y exploración física
2. Pulsioximetría
3. Capnografía
4. Gasometría arterial y venosa
5. Consideraciones finales

# Consideraciones iniciales y exploración física

- Observar el tórax en busca de asincronias.
- Sedación y analgesia óptimas.
- Interrupción diaria de la sedación si el paciente se encuentra en condiciones.
- Valorar presencia de secreciones y realizar una técnica adecuada de aspiración.

# Oximetría de pulso

- Monitorean de forma no invasiva la saturación de oxígeno de la sangre.
- Monitoreo continuo e instantáneo de la oxigenación.
- Detección temprana de hipoxia antes de que ocurran otros signos como cianosis, taquicardia o bradicardia.
- Reducen la frecuencia de punciones arteriales y el análisis de gases sanguíneos.

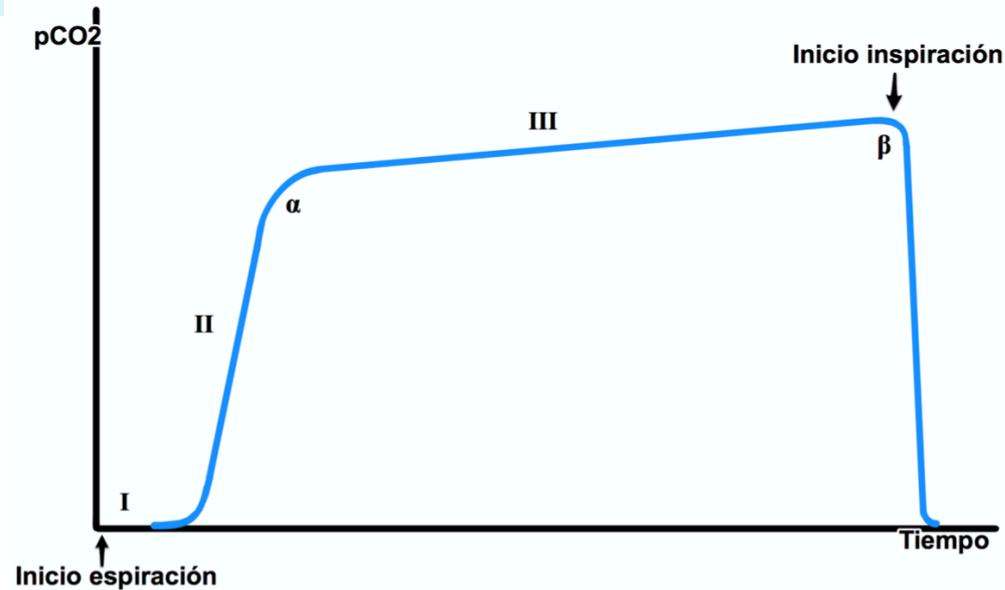


# Oximetría de pulso

- Forma parte de la monitorización esencial del paciente crítico.
- Escasas complicaciones asociadas.
- Tiempo de respuesta ante un cambio: es mayor si se coloca en extremidades.

SpO <sub>2</sub>	PaO <sub>2</sub>
100	677
98	100
95	80
90	60
80	48
73	40
60	30
50	26

# Capnografía



- Mide el CO<sub>2</sub> espirado.
- Tipos de capnografía: colorimétrica, absorción de infrarrojos.
- Tres fases:
  - Fase 1: al comienzo de la exhalación. Salida de gas del espacio muerto anatómico.
  - Fase 2: Mezcla de aire del espacio muerto con los alveolos profundos.
  - Fase 3: Meseta, presión media del CO<sub>2</sub> alveolar.

# Capnografía: Indicaciones

- Estimación no invasiva de PaCO<sub>2</sub>.
- Intubación esofágica o mala colocación del tubo endotraqueal.
- En reanimación cardiopulmonar:
  - Detección de respiración espontánea de la circulación.
  - Monitorizar la calidad de las compresiones torácicas.

- Permite detectar:

Hipoxemia

Hipercapnia

Hipocapnia

# Hipoxemia

Mecanismo de hipoxemia	Causas
<b>Oxigenación inadecuada debido a causas extrínsecas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>FiO_2 \downarrow</math></li> <li>• Hipoventilación secundaria a patología NM</li> </ul>
<b>Enfermedad pulmonar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipoventilación secundaria a <math>\uparrow R</math> de VA o <math>\downarrow C</math></li> <li>• Alteración V/Q</li> <li>• Alteración difusión</li> </ul>
<b>Shunt veno-arterial</b>	Shunt derecha-izq cardiaco
<b>Transporte inadecuado de <math>O_2</math> a los tejidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anemia o Hb anormal</li> <li>• Shock circulatorio</li> <li>• Insuficiencia circulatoria local</li> <li>• Edema tisular</li> </ul>
<b>Uso inadecuado de <math>O_2</math> por parte de los tejidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intoxicación de E de oxidación celular (<math>:C\equiv N:</math>)</li> <li>• <math>\downarrow</math> capacidad capacidad metabólica para uso de <math>O_2</math> por toxicidad, déficit vitamínico... (ej. déficit de complejo vitamínico B)</li> </ul>

# Hipercapnia

Mecanismo de hipoxemia	Causas
<b>Oxigenación inadecuada debido a causas extrínsecas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>FiO_2 \downarrow</math></li> <li>• Hipoventilación secundaria a patología NM</li> </ul>
<b>Enfermedad pulmonar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipoventilación secundaria a <math>\uparrow R</math> de VA o <math>\downarrow C</math></li> <li>• Alteración V/Q</li> <li>• Alteración difusión</li> </ul>
<b>Shunt veno-arterial</b>	Shunt derecha-izq cardiaco
<b>Transporte inadecuado de <math>O_2</math> a los tejidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anemia o Hb anormal</li> <li>• Shock circulatorio</li> <li>• Insuficiencia circulatoria local</li> <li>• Edema tisular</li> </ul>
<b>Uso inadecuado de <math>O_2</math> por parte de los tejidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intoxicación de E de oxidación celular (<math>:C\equiv N:</math>)</li> <li>• <math>\downarrow</math> capacidad capacidad metabólica para uso de <math>O_2</math> por toxicidad, déficit vitamínico... (ej. déficit de complejo vitamínico B)</li> </ul>

# Hipocapnia

## Causas de hipocapnia

Patología psiquiátrica (ansiedad, estrés...)

Patología del SNC (ACV, HSA,  
meningoencefalitis)

Hipoxemia

Patología respiratoria (fase inicial)

Embarazo

Hipertiroidismo

Fármacos: doxapram, AAS (intoxicación  
salicialatos...)

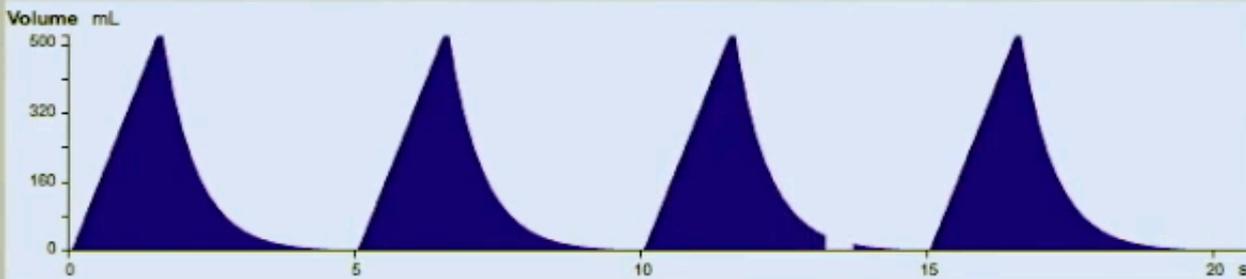
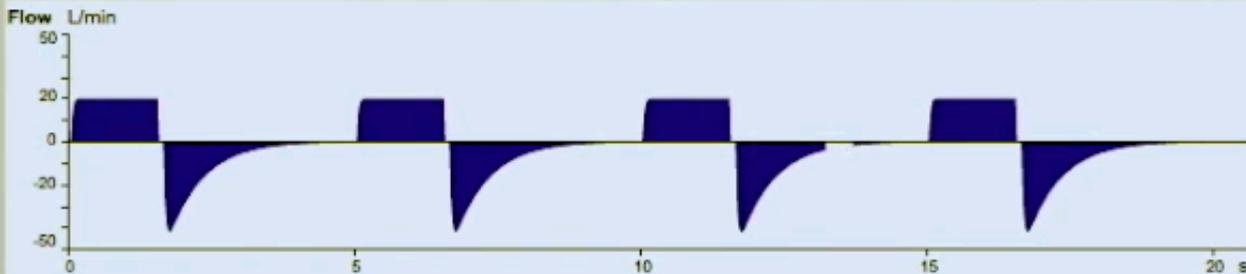
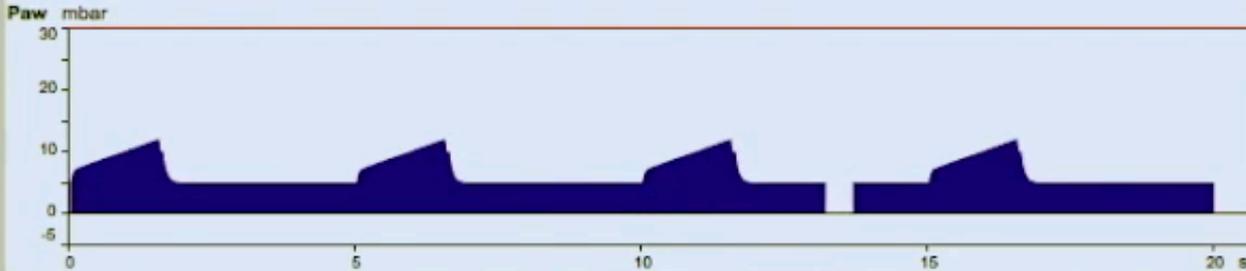
<b>Alcalosis respiratoria aguda</b>	<b>Bic est = 24</b>
<b>Alcalosis respiratoria crónica</b>	<b>Bic est = 24</b>

# Consideraciones

- La gasometría (arterial y venosa) nos proporciona información fiable del intercambio gaseoso de nuestro paciente
- Uso de monitorización continua (pulsioxímetro y capnografía) evita la extracción repetida de muestras de sangre
- Los cambios en la composición del gas inspirado tras cambios en el ventilador tardan aprox 20 min en reflejarse en una gasometría
- Cambio de SpO<sub>2</sub> y etCO<sub>2</sub> son más rápidos

20:37:35

VC-AC



FI<sub>O</sub><sub>2</sub> Vol%

**21**

Pmean mbar

**6.5**

PEEP mbar

**5.0**

MVe L/min

**6.23**

9.00  
4.80

RR /min

**12**

15

VT mL

**500**

1000

- Views...
- Export screenshot
- Trends/Data...
- Special procedures

VC-AC

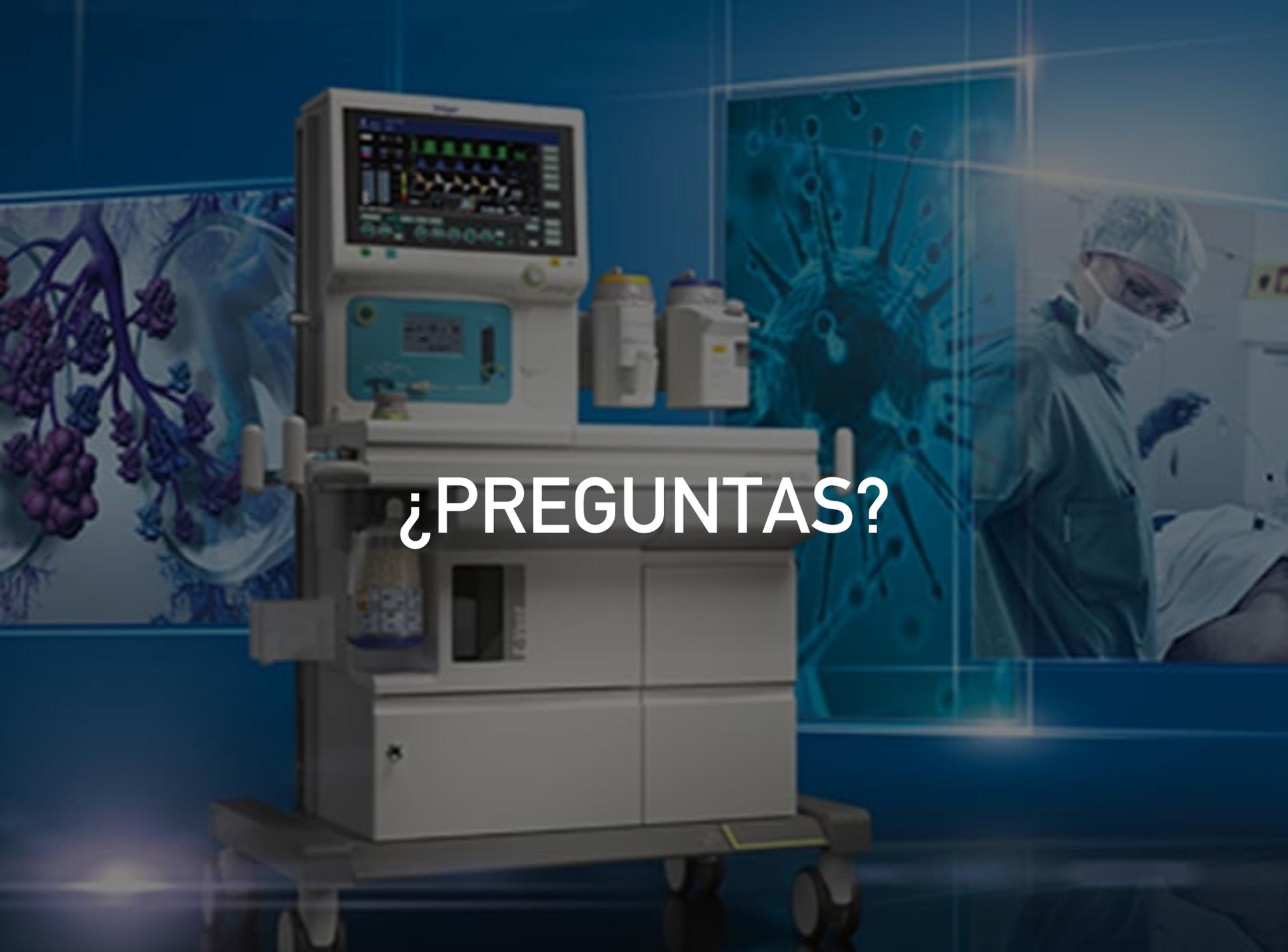
VC-AC control panel with six circular gauges:

- FI<sub>O</sub><sub>2</sub>: 21
- VT: 500
- TI: 1.70
- RR: 12.0
- PEEP: 5.0
- Flow: 20

- System
- Start

# Conclusiones

- Identificar oportunamente a los pacientes que requieren ventilación mecánica.
- Diferentes patologías pueden condicionar distres respiratorio.
- Importante conocer los parámetros a programar en un ventilador mecánico.
- Iniciar la programación de la ventilación mecánica de forma adecuada.

A composite image with a blue tint. In the foreground, a dialysis machine is on a cart. In the background, a surgical team in scrubs and masks is visible. On the left, there are anatomical diagrams of the human circulatory system. The text '¿PREGUNTAS?' is overlaid in the center.

**¿PREGUNTAS?**