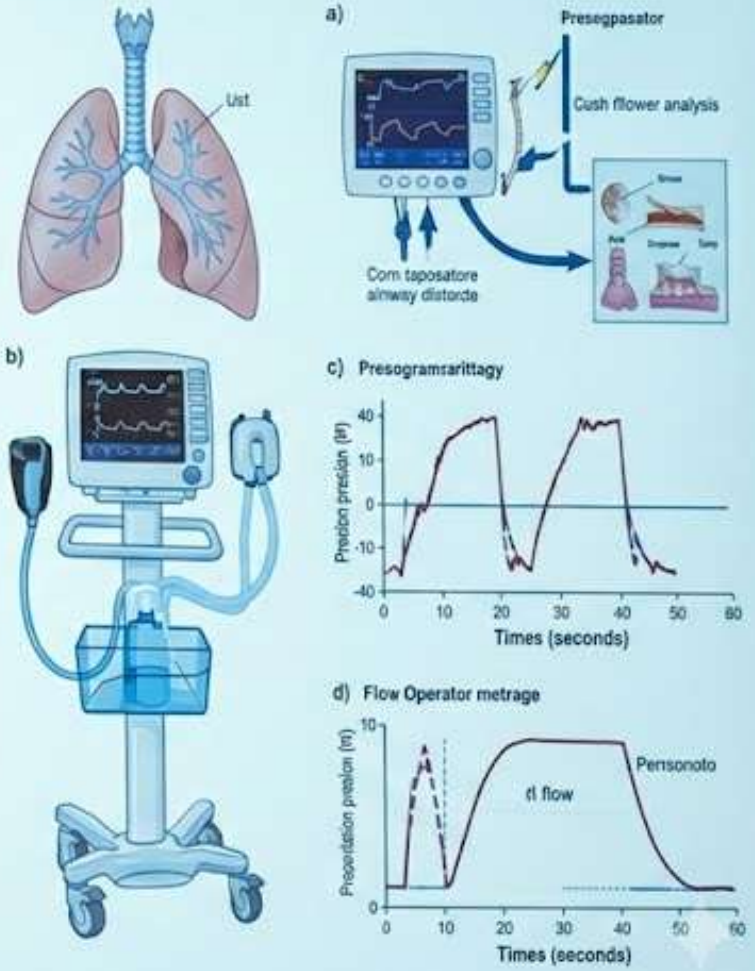
https://jvespana.wixsite.com/vmecanica



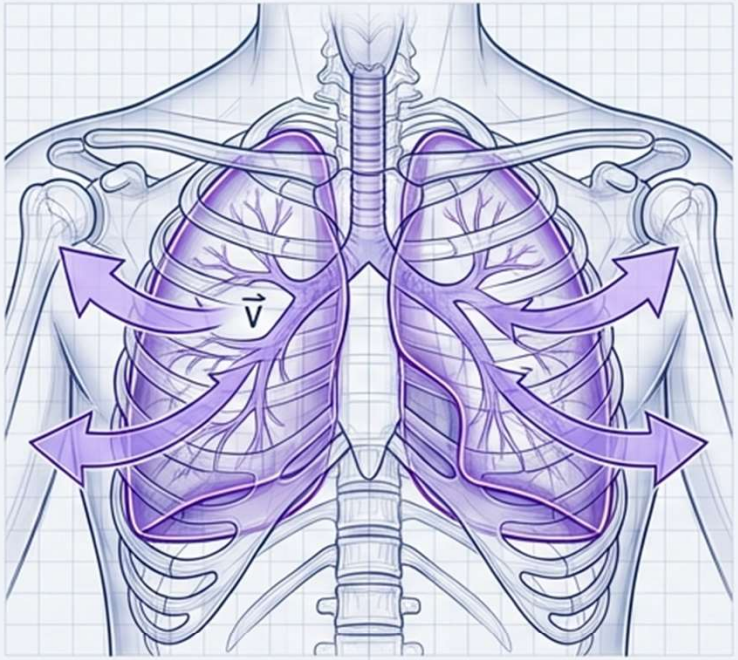
BASES DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA PARTE II



Ponente: JOSÉ V. ESPAÑA P.
Profesor de Ventilación Mecánica

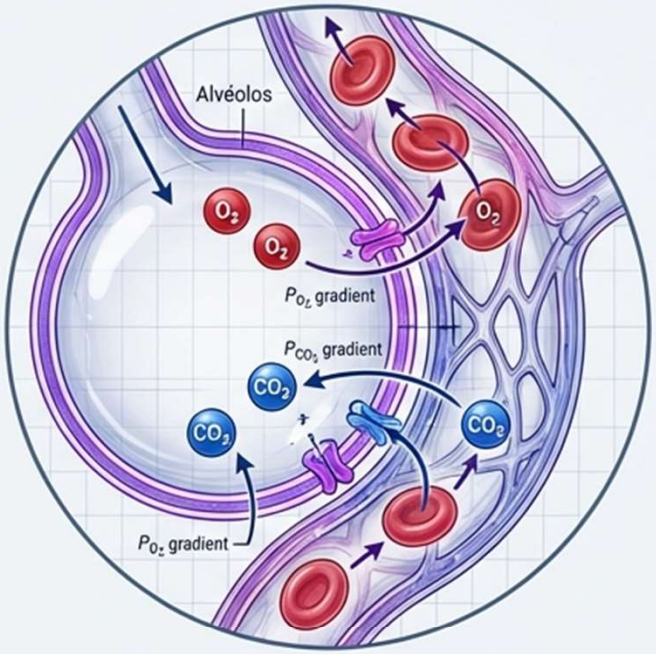
Ventilación vs. Respiración: Una Distinción Vital

Ventilación



Movimiento mecánico de gas hacia adentro y afuera de los pulmones.

Respiración



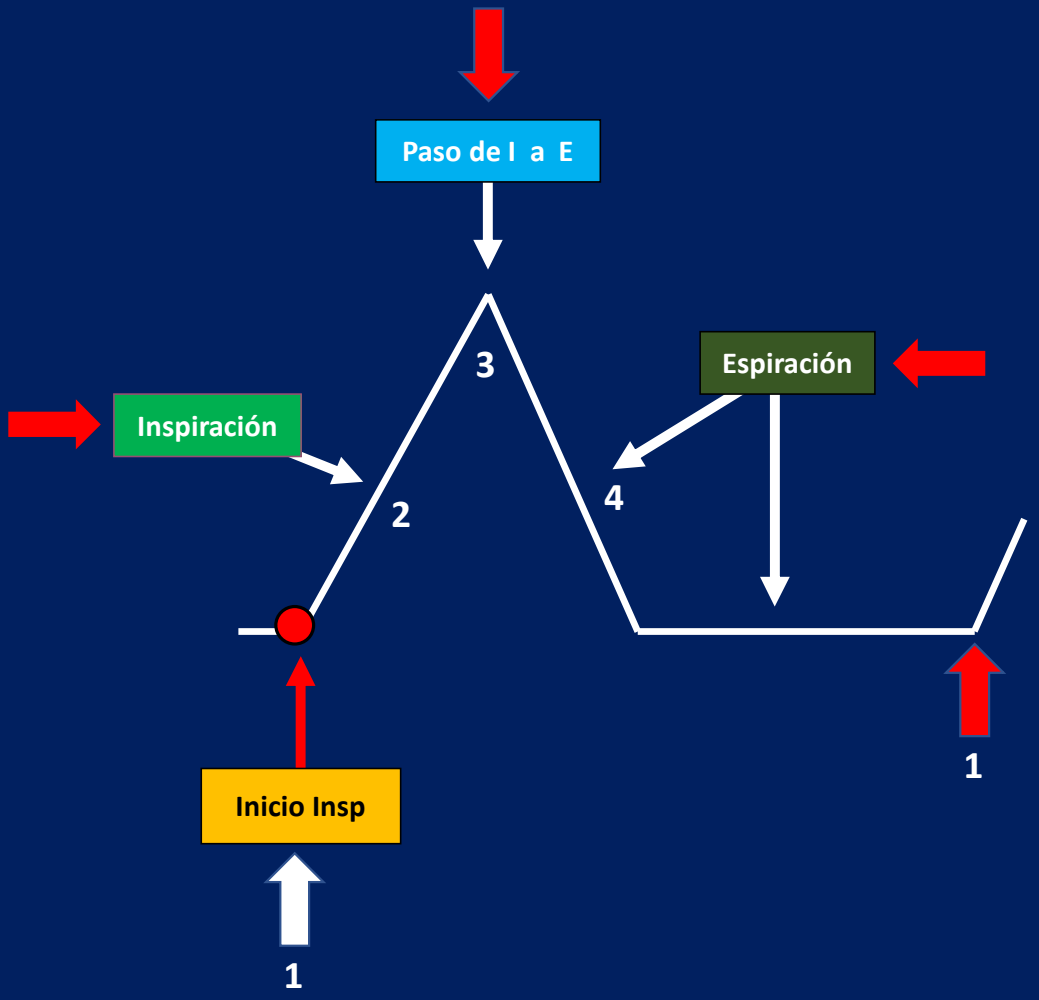
Respiración Externa: Difusión de O_2 y CO_2 entre alvéolos y capilares pulmonares.

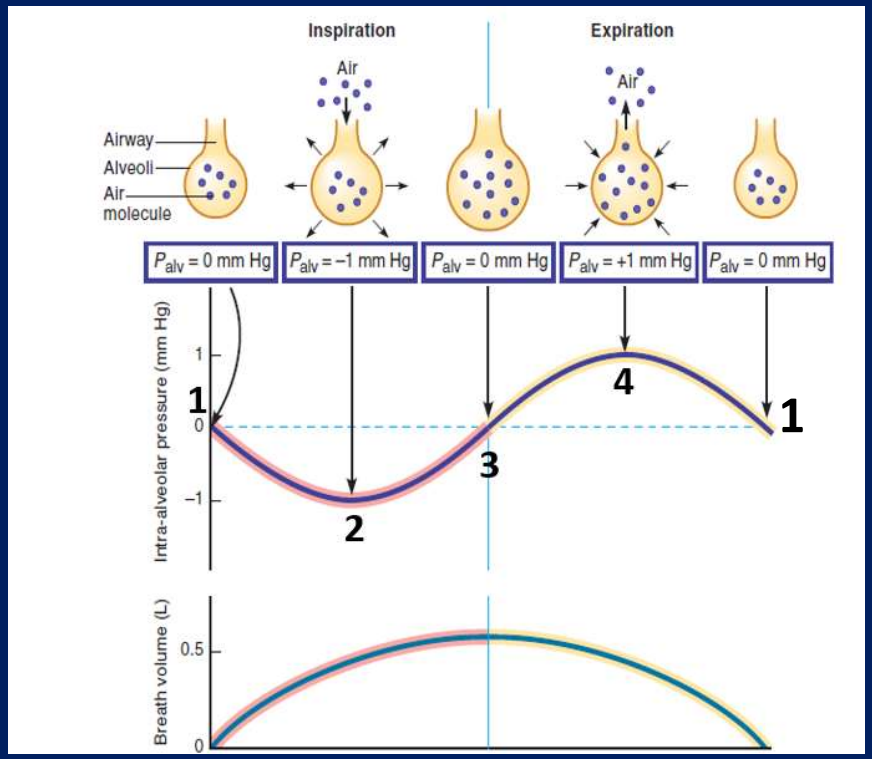
Respiración Interna: Intercambio gaseoso a nivel celular.

Key Insight: La ventilación mecánica apoya el movimiento, pero la respiración depende de la difu

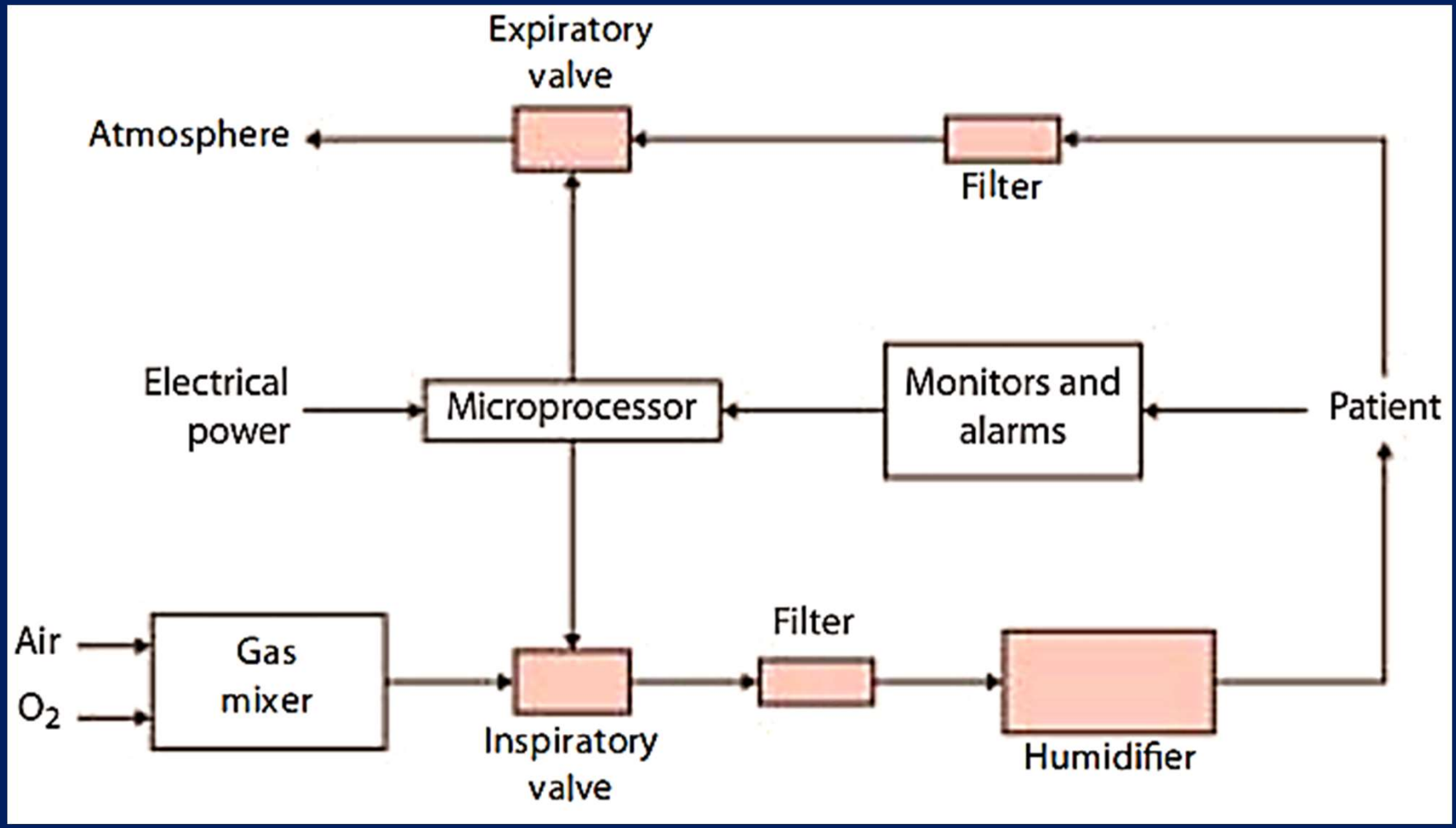
NotebookLM

Las cuatro fases de ambos ciclos ventilatorios

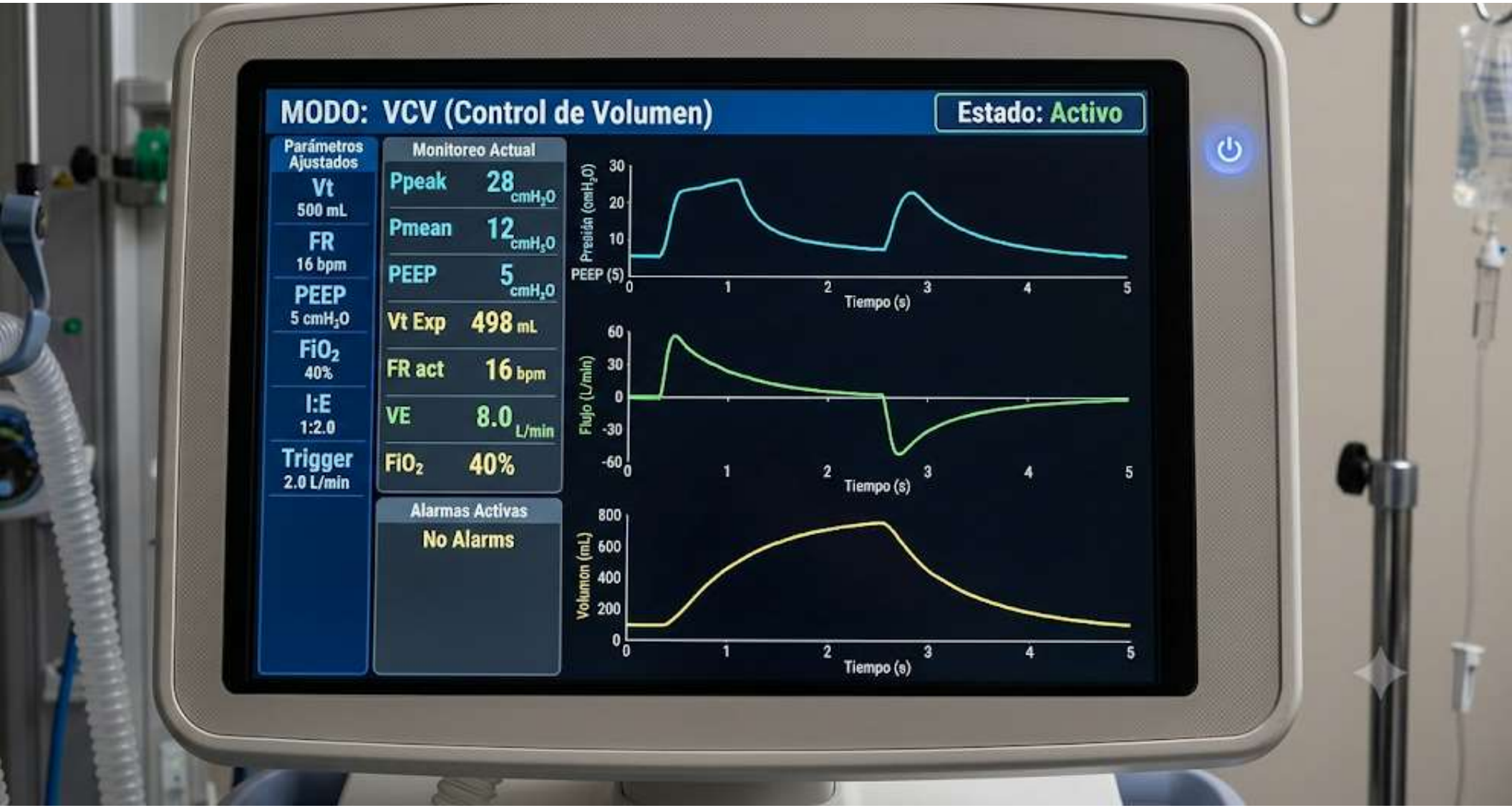




JVEP


Expiratory valve
Atmosphere
Filter
Electrical power
Microprocessor
Monitors and alarms
Patient
Air
O_2
Gas mixer
Inspiratory valve
Filter
Humidifier


MODO: VCV (Control de Volumen)
Estado: Activo
ENTRADA GASES MEDICINALES (PARA VENTILADOR)
OXÍGENO (O_2)
AIRE COMPRIMIDO
TOMA ELÉCTRICA (220V/50Hz)
TOMA ELÉCTRICA (110V/60Hz)
ON
OFF

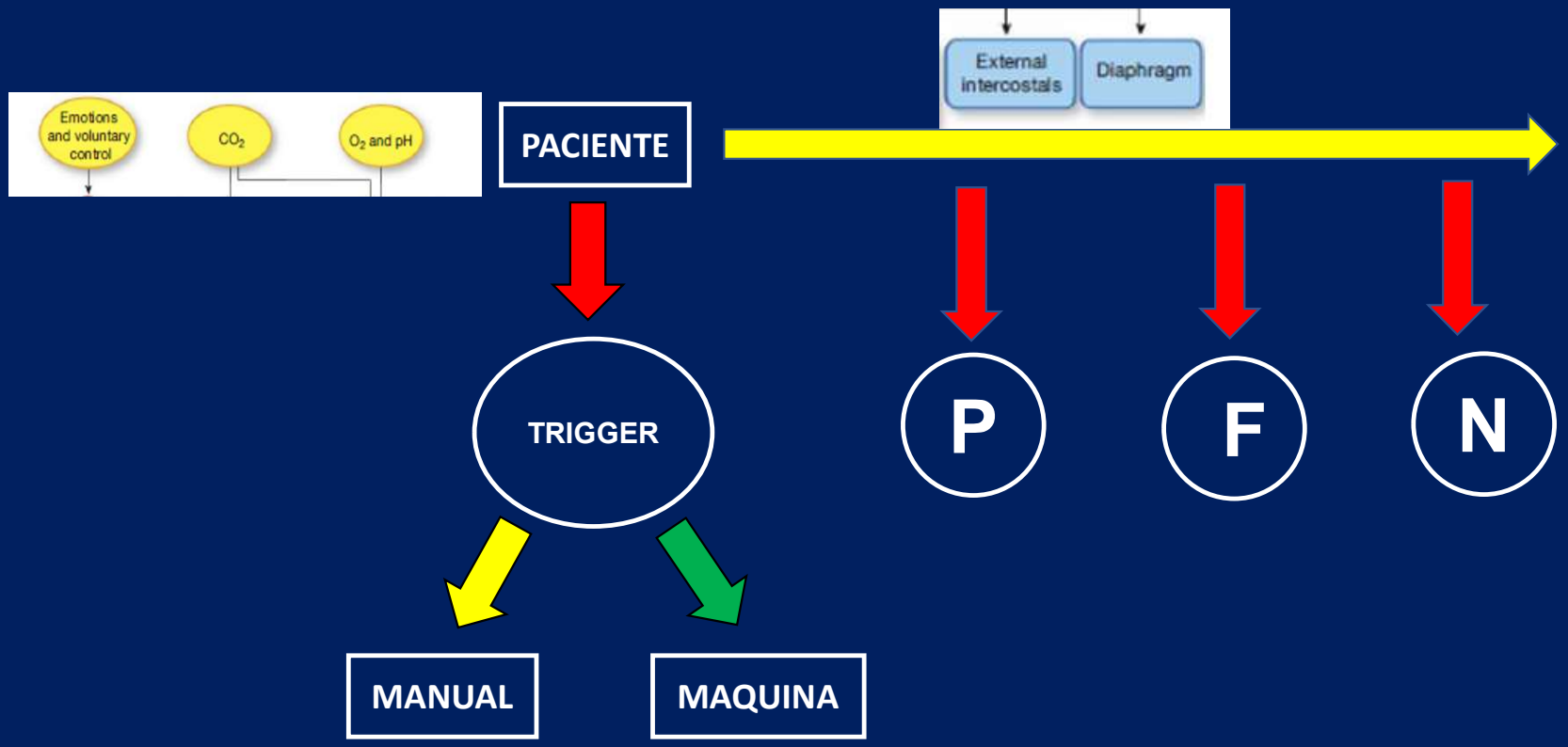

MODO: VCV (Control de Volumen)
Estado: Activo
Parámetros Ajustados
Vt
500 mL
FR
16 bpm
PEEP
5 cmH2O
FiO2
40%
I:E
1:2.0
Trigger
2.0 L/min
Monitoreo Actual
Ppeak 28 cmH2O
Pmean 12 cmH2O
PEEP 5 cmH2O
Vt Exp 498 mL
FR act 16 bpm
VE 8.0 L/min
FiO2 40%
Alarmas Activas
No Alarms
Presión (cmH2O)
PEEP (5)
Tiempo (s)
Flujo (L/min)
Tiempo (s)
Volumen (mL)
Tiempo (s)

Interfases de conección





FASE I : Inicio de la Inspiración

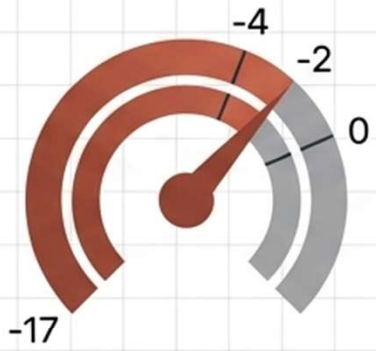


JVEP

Matriz de Triggers del Paciente

Presión (Neumático)

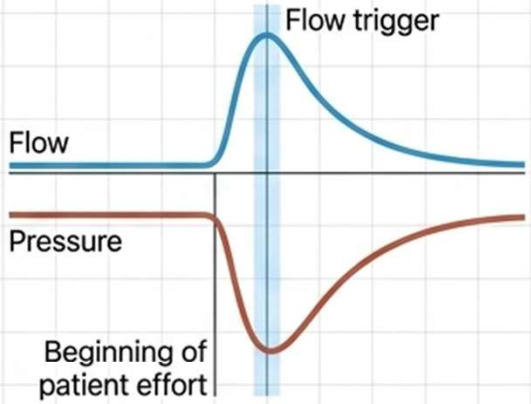
El ventilador responde a una disminución en la presión de la vía aérea.



Sensibilidad: Ajustable (ej. -2 cmH2O).
Retardo: Alto.

Flujo (Neumático)

Detecta un cambio en el flujo basal (diferencia entre flujo de salida y de retorno).



Sensibilidad: Ajustable (ej. 2 L/min).
Retardo: Medio.

Neuronal / NAVA (Biológico)

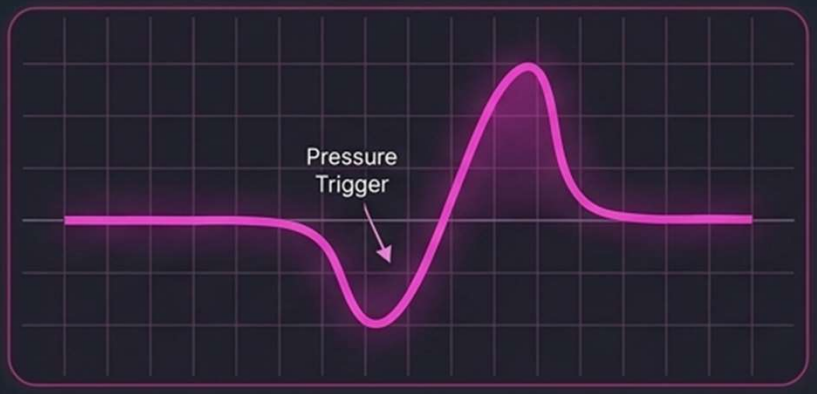
Detección de la actividad eléctrica del diafragma (Edi).



Sensibilidad: Señal eléctrica directa.
Retardo: Nulo (Sincronía instantánea).

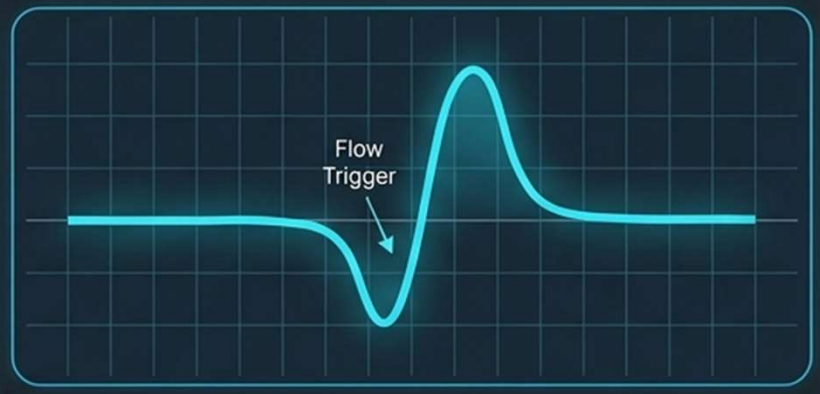
NotebookLM

Disparo por Presión



- **Mecanismo:** El esfuerzo del paciente crea presión negativa en el circuito cerrado.
- **Detección:** El ventilador lee una caída (Ej. Sensibilidad configurada a -2 cmH2O) e inicia el disparo.
- **Limitación:** Requiere mayor esfuerzo muscular para romper la válvula.

Disparo por Flujo

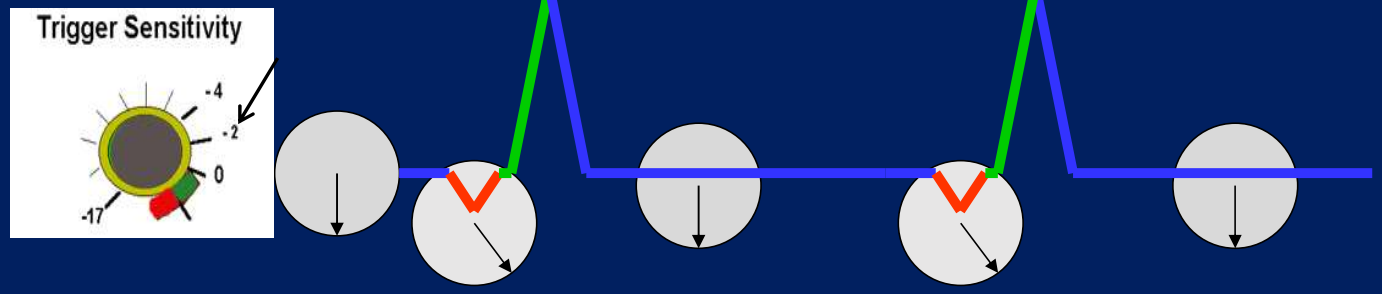


- **Mecanismo:** El circuito mantiene un flujo base continuo. La inspiración del paciente roba parte de este flujo.
- **Detección:** El ventilador compara el flujo de salida vs. flujo de retorno. Al notar la diferencia, dispara.
- **Ventaja:** Más sensible, menor esfuerzo requerido por el paciente.

NotebookLM

Mecanismo de inicio de la Inspiración por el paciente .

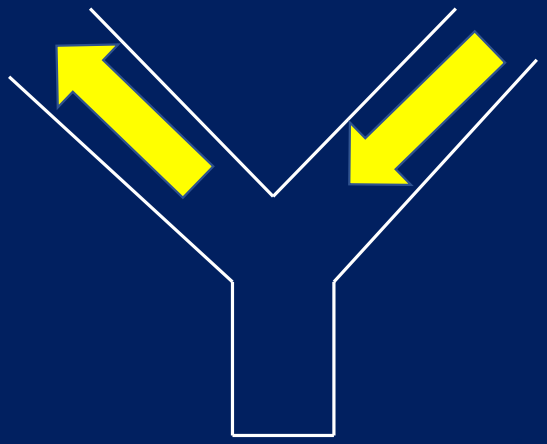
Activando un mecanismo de presión



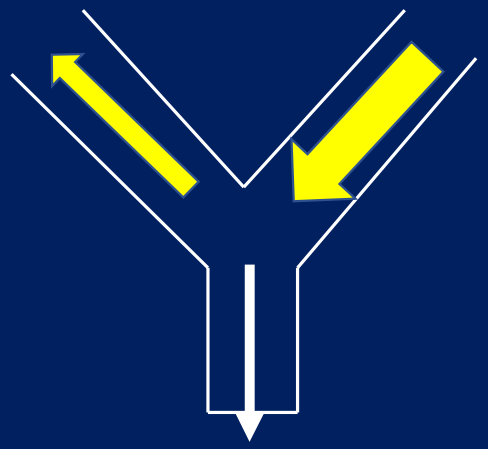
Mecanismo de inicio de la Inspiración por el paciente .

Activando un mecanismo de flujo

Flujo de retorno = Flujo de salida



Flujo de retorno < Flujo de salida



JVEP

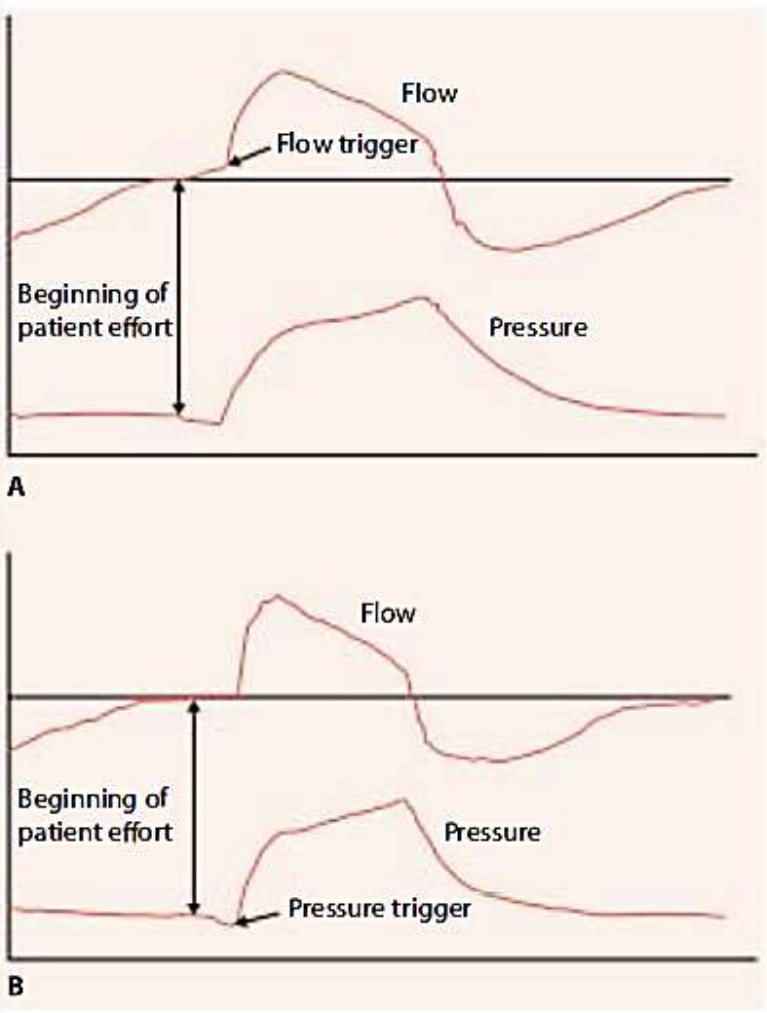


Figure 5-6 Flow (A) and pressure (B) triggering. With flow triggering, the ventilator responds to a change in flow. With pressure triggering, the ventilator responds to a decrease in airway pressure.

JVEP

Mecanismo de inicio de la Inspiración del paciente por flujo.



Mecanismo de inicio de la Inspiración por el paciente .

Activando un mecanismo neuronal



JVEP

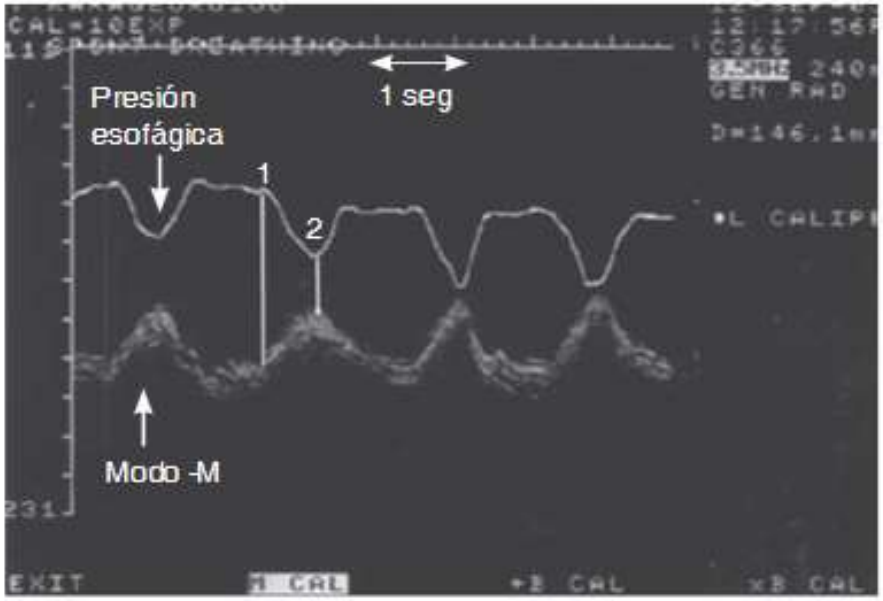
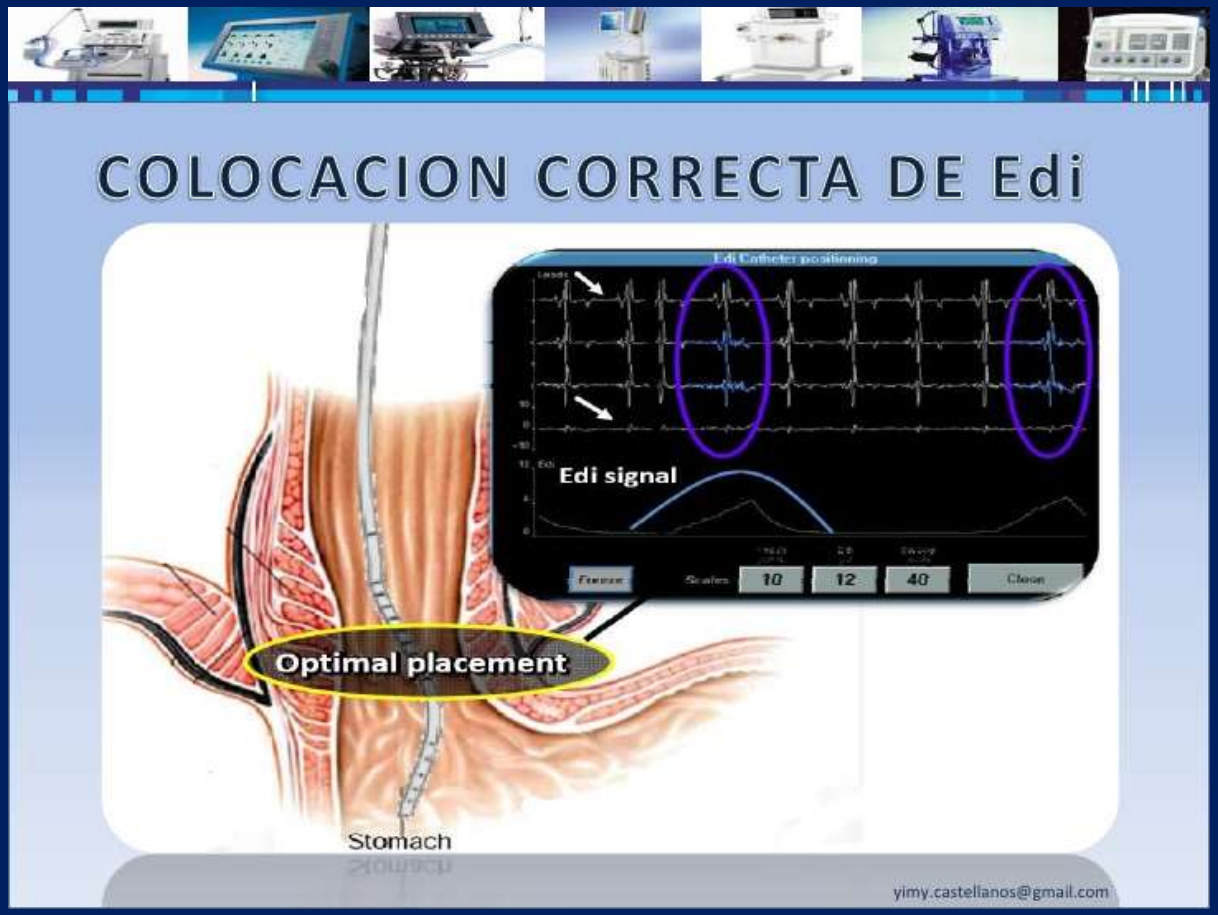
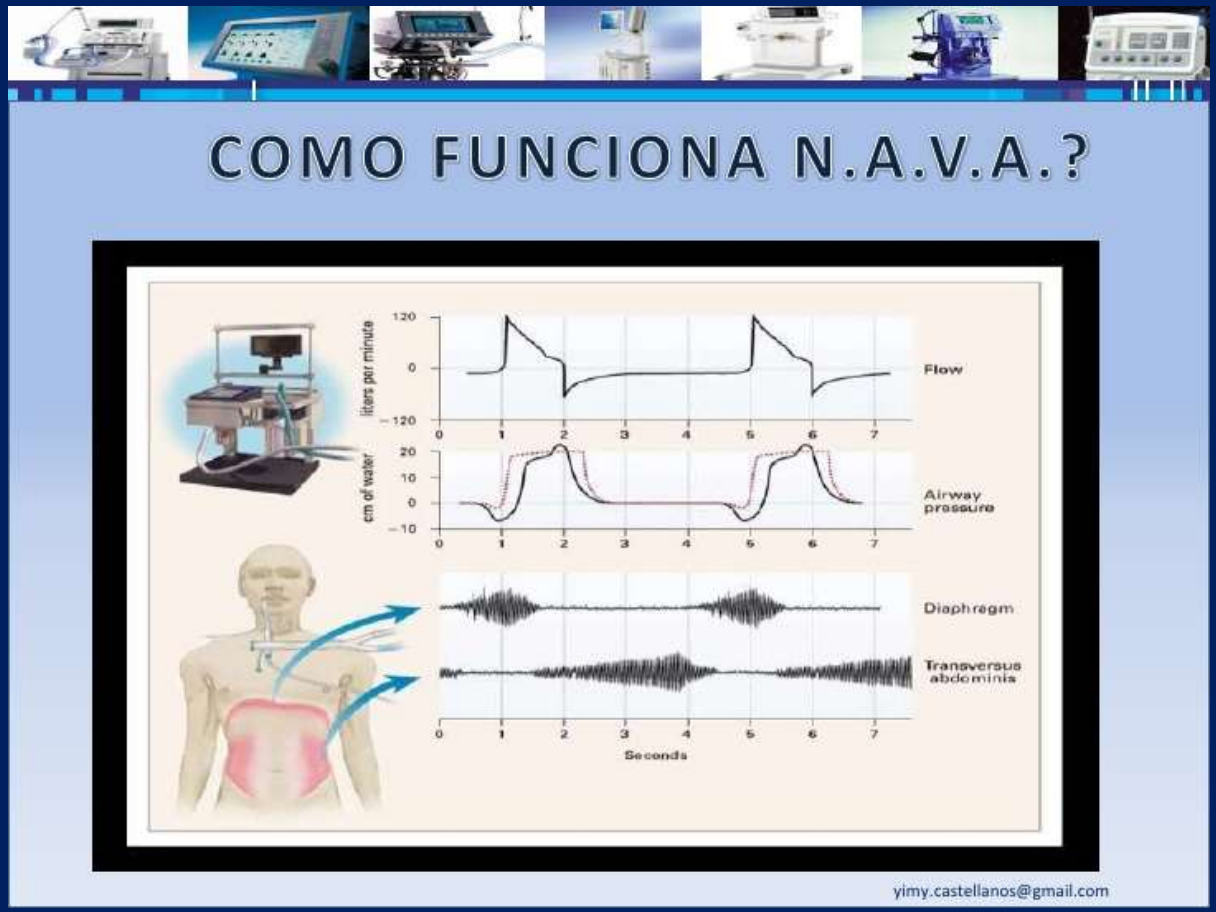


Figura 7. *Evaluación simultánea de la presión esofágica y ultrasonido diafragmático en la que se muestra la correlación y sincronización del comienzo de la contracción diafragmática y presión esofágica línea vertical 1. La segunda línea vertical 2 indica el final de la inspiración y la caída de presión máxima esofágica.*

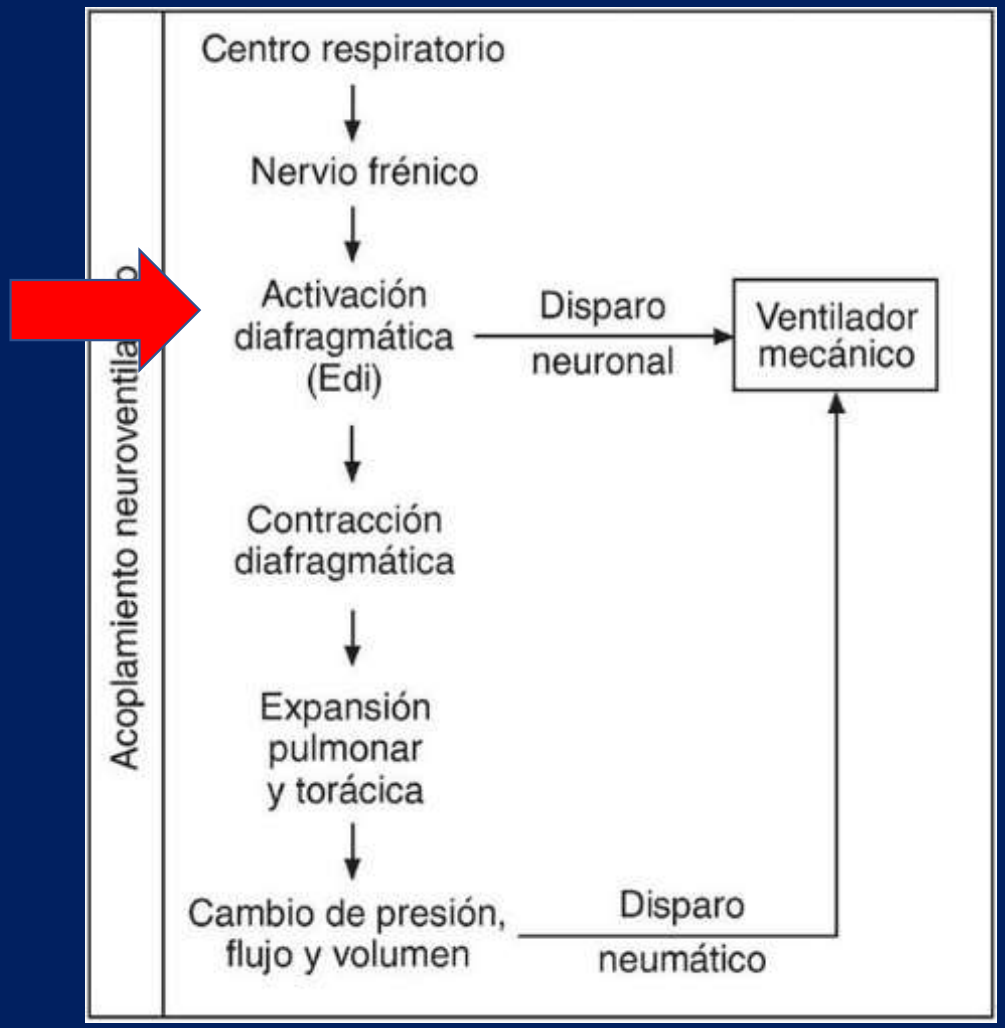
Ventilación asistida ajustada neuronalmente



Ventilación asistida ajustada neuronalmente

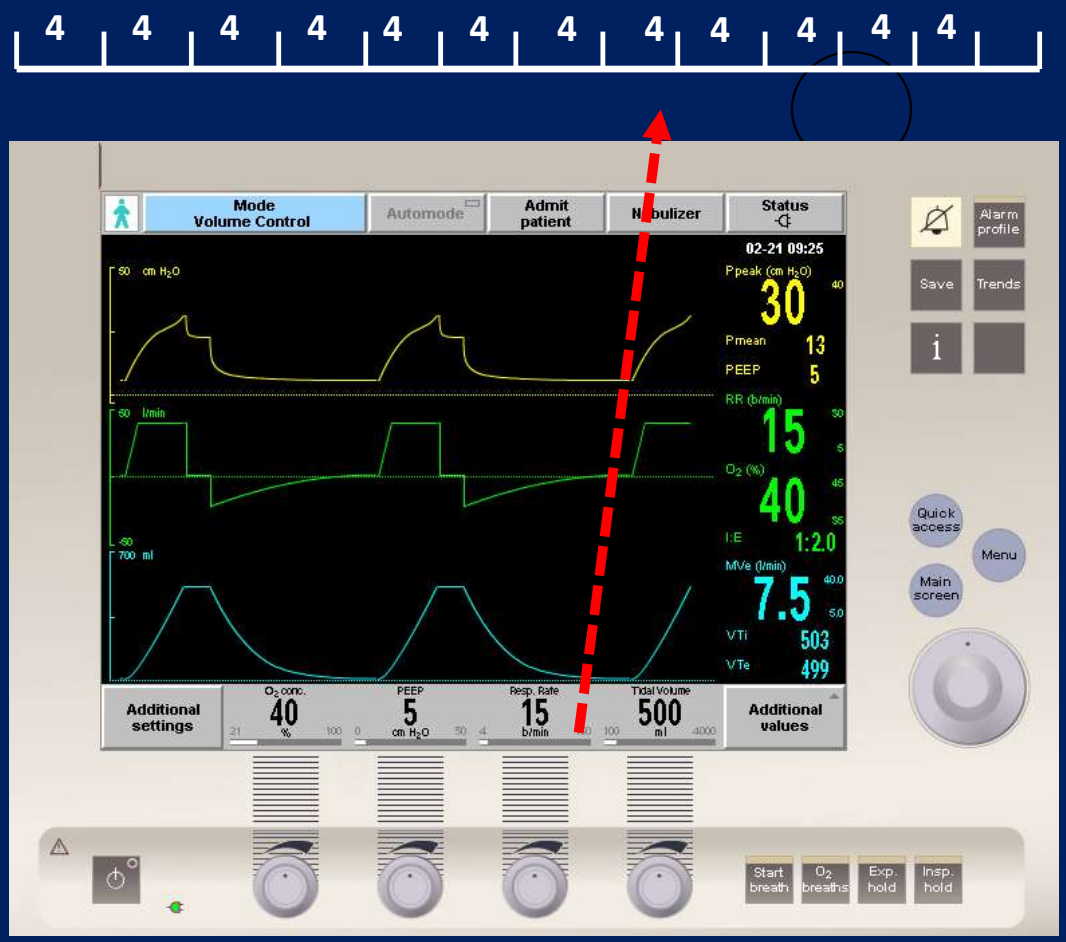


Ventilación asistida ajustada neuronalmente



JVEP

Mecanismo de inicio de la Inspiración del paciente por el ventilador.



JVEP

Mecanismo de inicio de la Inspiración del paciente manualmente.



Modalidades de Disparo: ¿Quién (o qué) inicia el ciclo?



Por Tiempo (Ventilador)

Mecanismo:
Automático, basado en Frecuencia Respiratoria programada.

Característica:
El ventilador no es sensible al esfuerzo.



Por Presión

Umbral:
Caída de -0.5 a -2 cm H2O en la rama inspiratoria.

Característica:
Exige mayor esfuerzo del paciente para romper el circuito cerrado.



Por Flujo

Umbral:
Descenso de 1 a 3 L/min en el flujo basal.

Característica:
Más sensible. Requiere menos trabajo respiratorio que la presión.



Neural (NAVA)

Mecanismo:
Actividad electromiográfica del diafragma (Edi) vía catéter esofágico.

Característica:
Sincronía neural perfecta. El impulso cerebral despolariza el diafragma y dispara la máquina.

NotebookLM

Inicio de la ventilación



Paciente

Máquina.

Que mecanismo ?

Presión.

Flujo.

Especial.

JVEP

FASE II: Construyendo la Inspiración

Tipo de Flujo

¿Cómo viaja el gas en el tiempo (Cuadrado vs. Desacelerado)?



Pausa Inspiratoria

¿Hay retención del aire al final de la entrega para optimizar intercambio?



Relación I:E

¿Cómo se distribuye la arquitectura del tiempo total?



Variable Limitada

¿Qué techo de seguridad clínico es inquebrantable (Presión o Volumen)?



NotebookLM

I Tipos de flujo inspiratorio



Arquitecturas de Insuflación: Flujo Cuadrado vs. Decelerado

Flujo Cuadrado / Constante

Flujo



Presión



- Entrega volumen igual en todo momento.
- Presiones pico más altas.
- Empeora la distribución del gas.

Flujo Decelerado

Flujo



Presión



- Mayor volumen al inicio.
- Presión máxima controlada.
- Mejor distribución del gas e intercambio gaseoso.

NotebookLM


Básico
Más
TRC
Paciente
0,80
TI
15
Frecuencia
0
Pausa
440
VI
5
Forma flujo
PEEP/CPAP

JVEP

Flujo Desacelerado

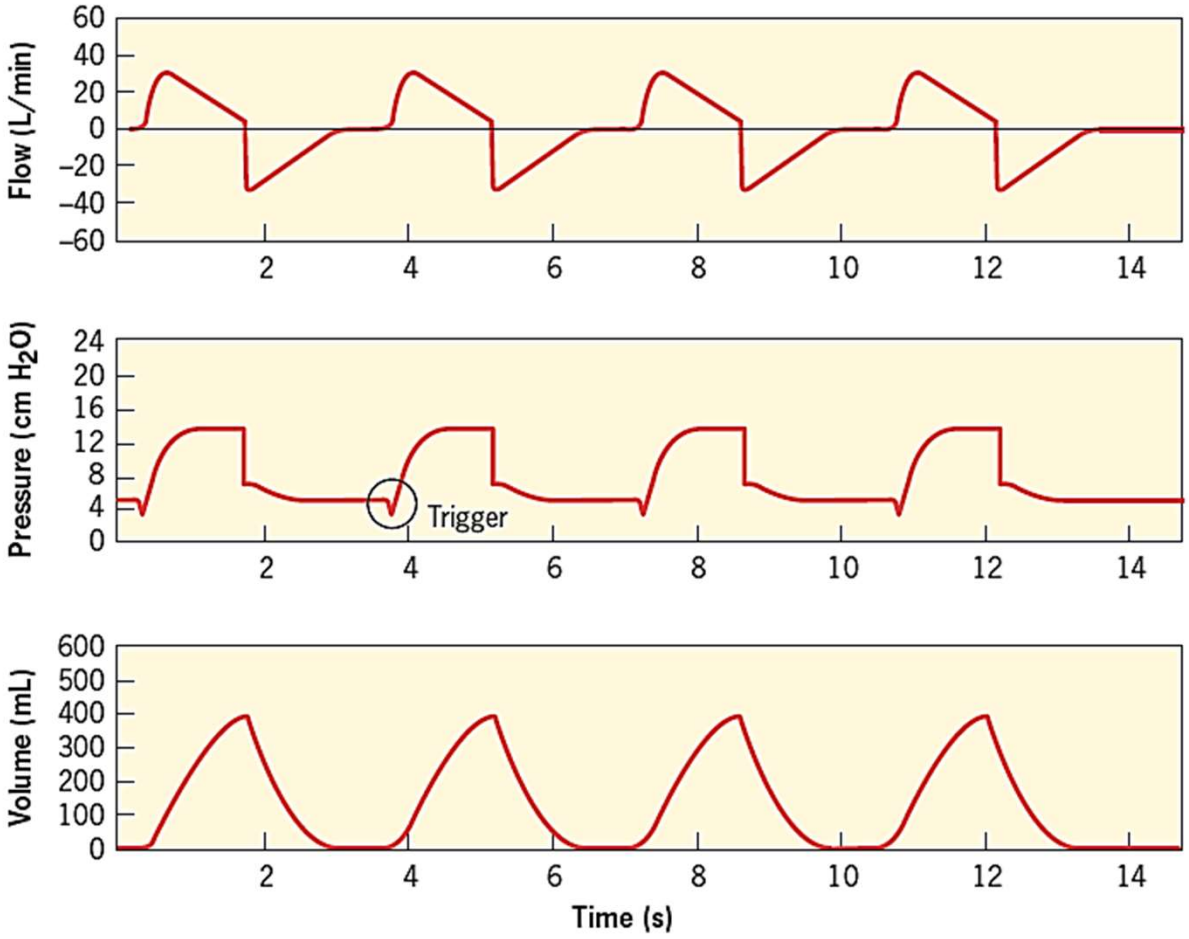
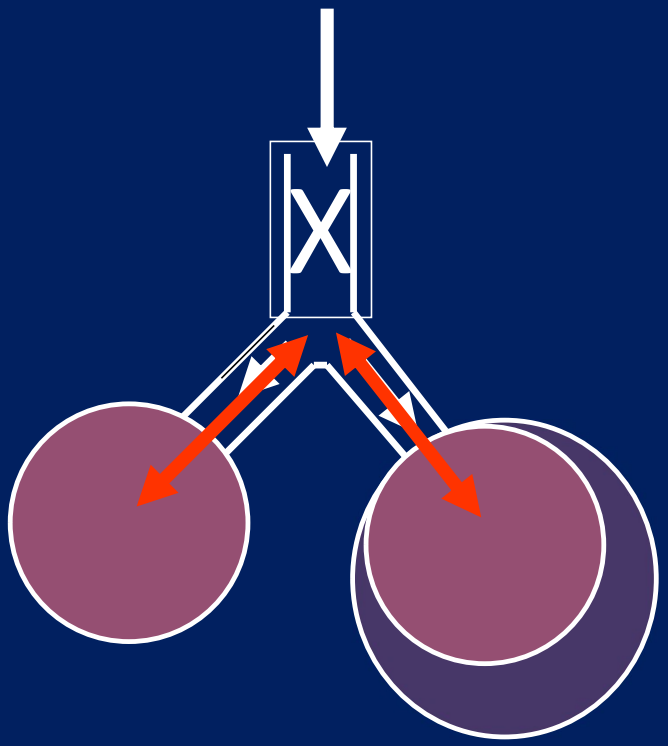


FIGURE 22–9 Pressure support ventilation.

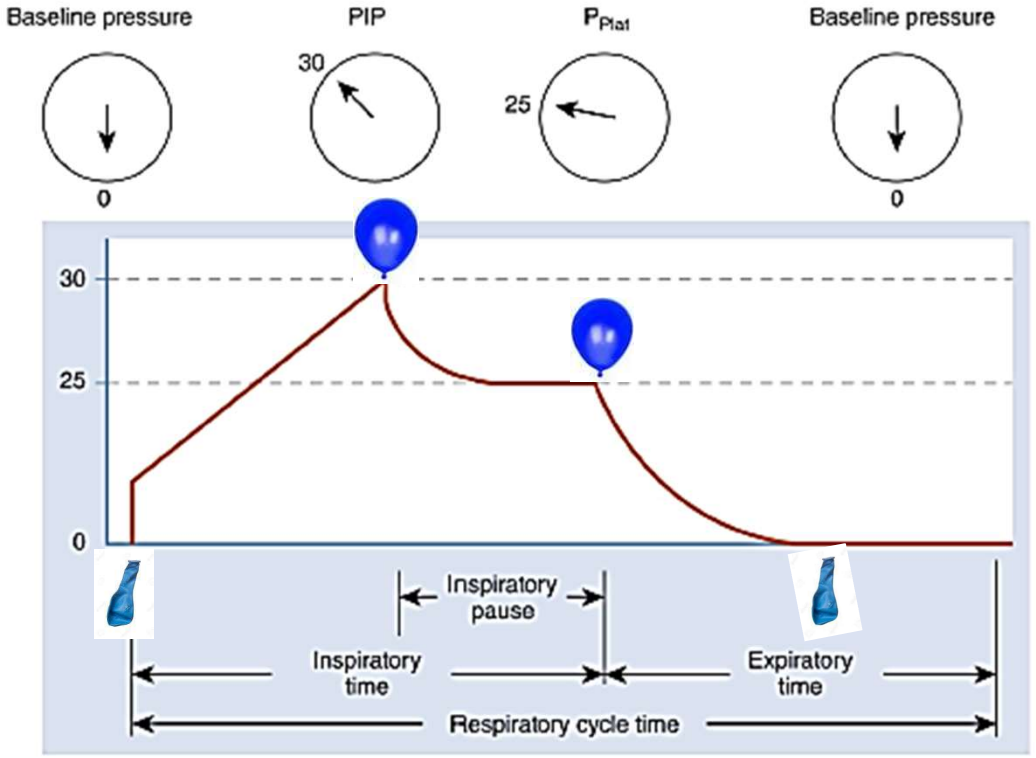


JVEP

II Pausa Inspiratoria



JVEP



(Tidal volume [V_T] = 500 mL; inspiratory flow rate = 60 L/min = 1 L/sec)

Static total compliance C $\frac{\Delta V}{\quad}$ $\frac{V_T}{\quad}$ $\frac{500}{\quad}$

Dynamic compliance C_{dy}

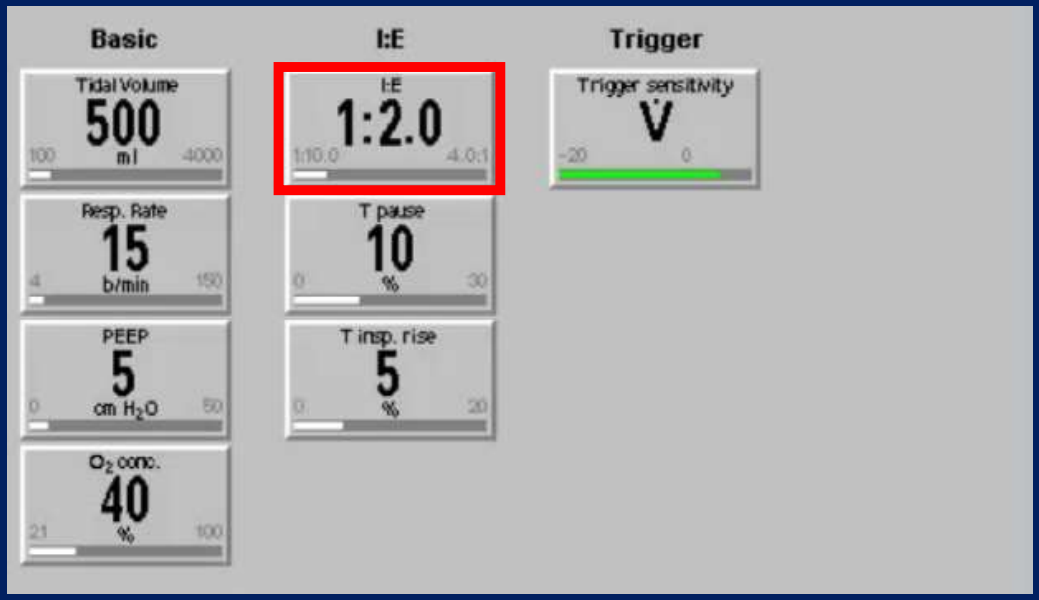
Pausa Inspiratoria

$$\text{Airway resistance } (R_{aw}) = \frac{PIP - P_{plat}}{\text{inspiratory flow rate}} = \frac{30 - 25}{1\ \text{L/sec}} = 5\ \text{cm}\ H_2O/\text{L/sec}$$

JVEP

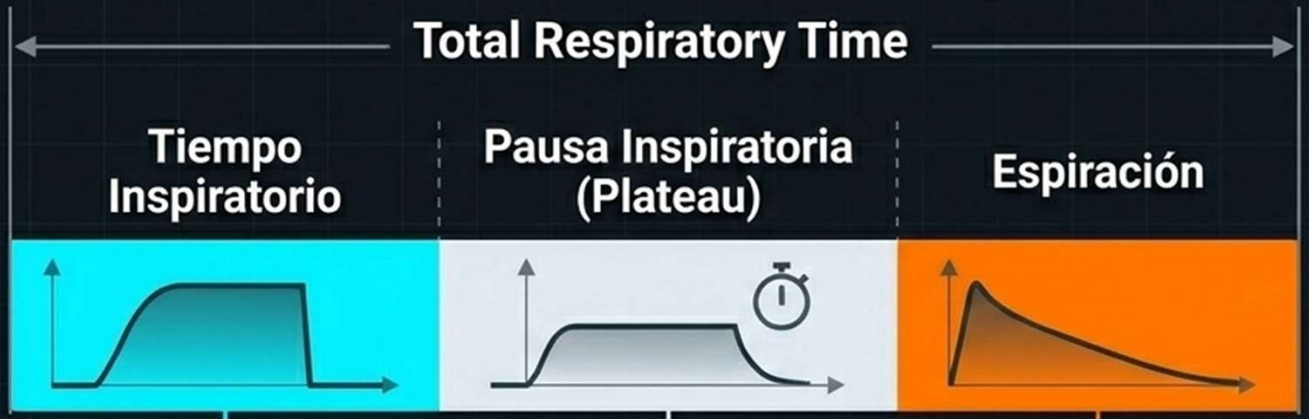
III Relación Inspiración - Espiración

Relación Inspiración espiración



JVEP

La Arquitectura del Tiempo (Pausas y Relación I:E)



El bloque de entrega activa de gas.

Flujo cero, pero la válvula espiratoria sigue cerrada. Fundamental para medir la presión estática alveolar y permitir el intercambio gaseoso.

Salida pasiva. Debe ser suficientemente larga para evitar atrapamiento aéreo.

Matemática Clínica

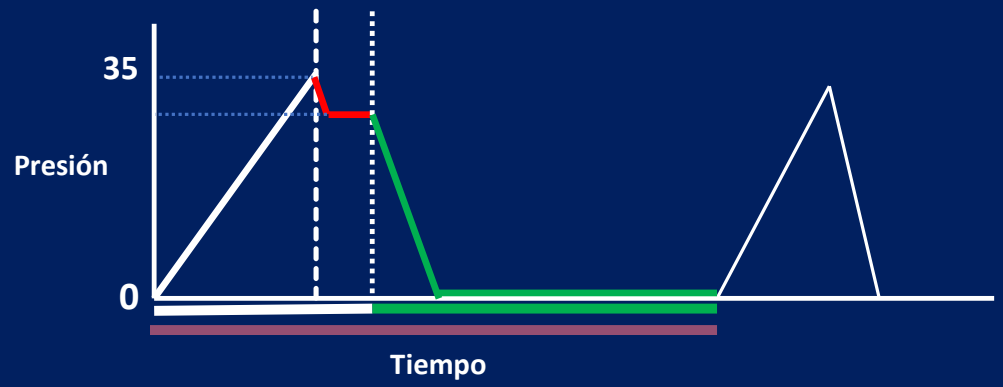
Si FR = 15, el ciclo total dura 4 segundos.

Con una Relación I:E de 1:2, la Inspiración (y pausa) toma ~1.3s, y la Espiración toma ~2.6s.

NotebookLM

Relación Inspiración - Espiración

60 / FR = TRT Inspiración | Inspiración
Pausa Inspiratoria
Espiración



JVEP

IV Variables Inspiratorias que podemos limitar



Limitación de Variables

Los valores de estas variables no pueden ser excedidas en ningún momento durante la inspiración del paciente

Presión como Variable limitada

El limite superior de presión no puede ser superado en inspiración

Ej. Ventilación con control de presión o Ventilación con soporte de presión

Volumen como variable limitada

El volumen colocado no puede ser superado en inspiración

Ej. Ventilación limitada por volumen

JVEP

Variables Limitadas (El Techo de Seguridad)

Límite de Presión (Ej. PCV)

La Regla Inquebrantable

La presión máxima configurada **NUNCA** es superada en inspiración.

La Variable Consecuencia

El volumen entregado varía dependiendo de la distensibilidad (compliance) pulmonar del paciente.

Límite de Volumen (Ej. VCV)

La Regla Inquebrantable

El volumen objetivo configurado **NUNCA** es superado.

La Variable Consecuencia

La presión en la vía aérea varía según la resistencia que ofrezca el paciente.

NotebookLM

Como es la inspiración



1.- Tipo de flujo

2.- Tiene pausa

3.- Rel I:E

4.- Variable Limitada

Mecanismos Universales de Ciclado



Tiempo: Típico en **presión controlada**.
Ej: Finaliza a los 1.0 segundos.

Flujo: Clásico en Presión Soporte. Cícla cuando el flujo cae a un 25% del pico.

Manual: Intervención directa del operador.

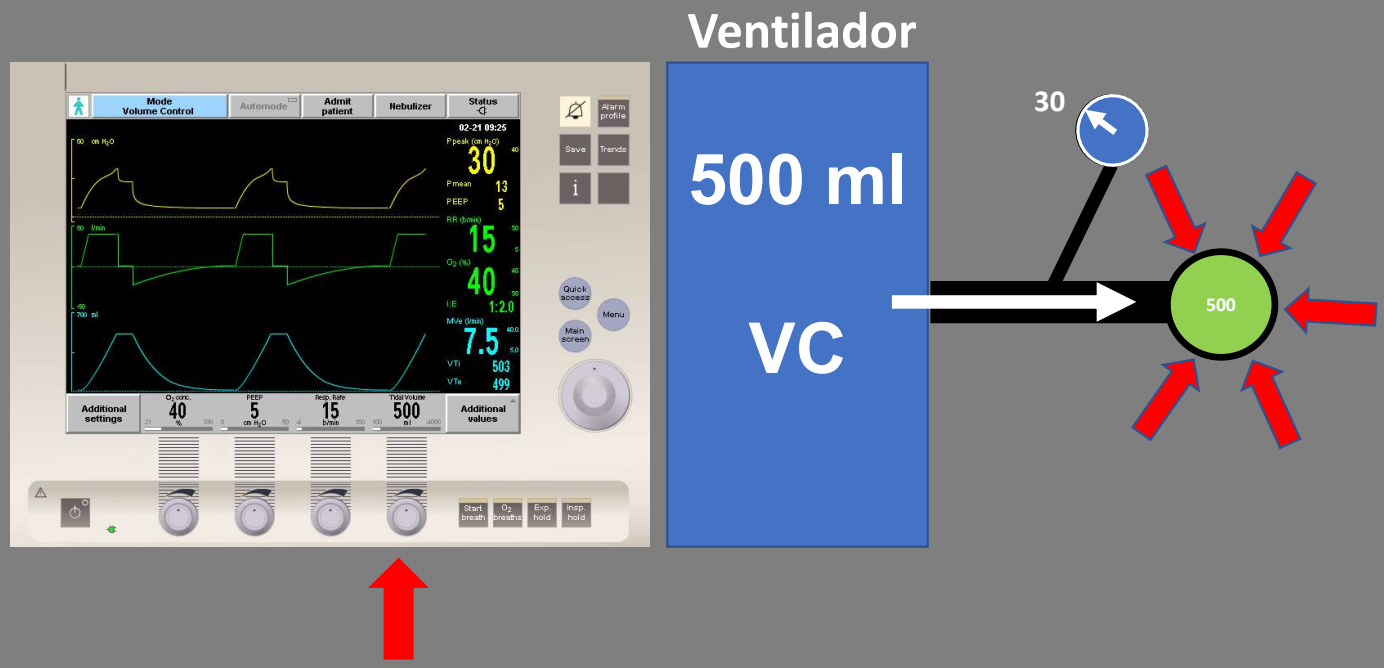
N.A.V.A.: Ciclado biológico sincronizado por la caída de la señal neural.

Presión: Mecanismo de seguridad de alarma máxima.

Volumen:
Ciclado al entregar exactamente los ml programados.

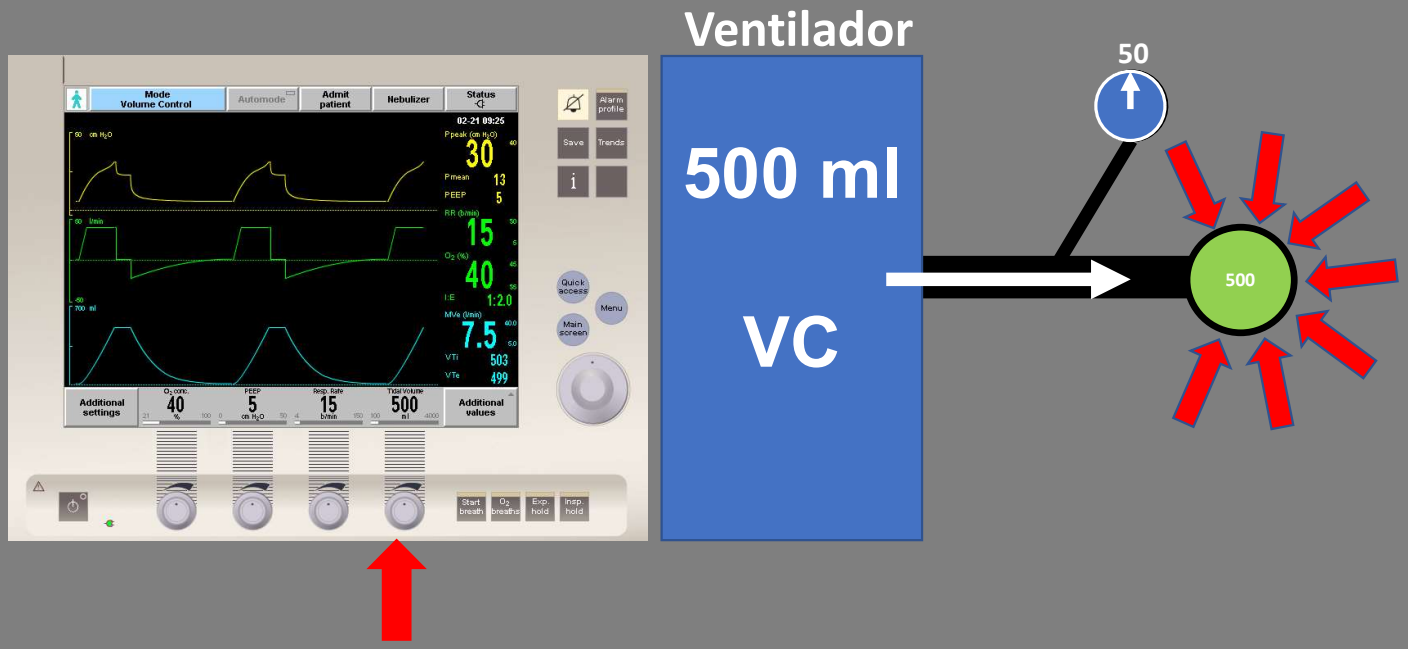
NotebookLM

Ventilador de Volumen (Fase Inspiratoria)

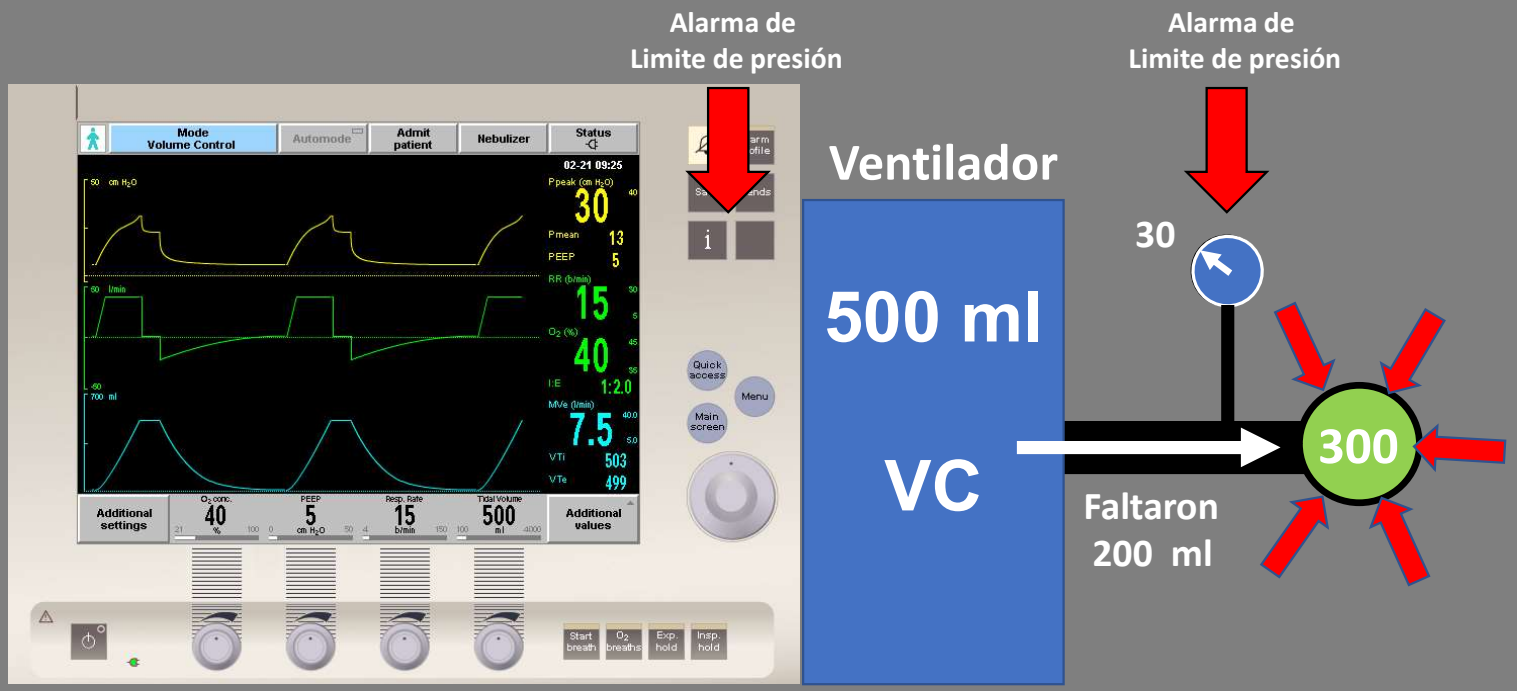


Ventilador de Volumen (Fase Inspiratoria)

Volumen fijo y presión variable

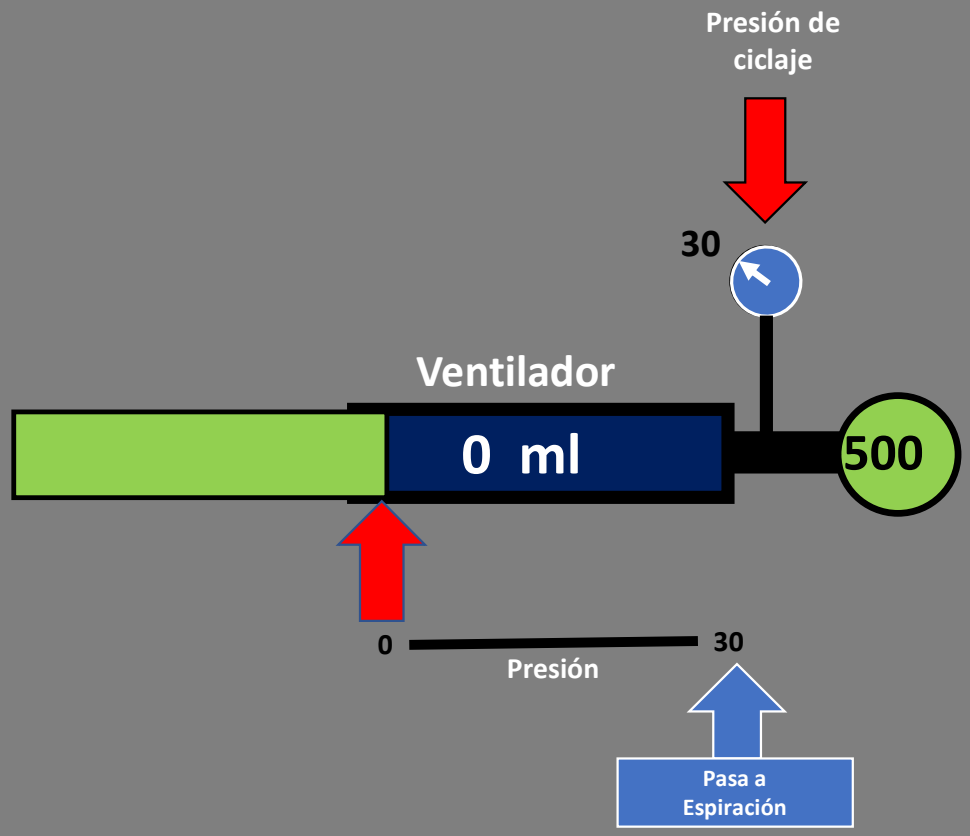


Ventilador de Volumen (Fase Inspiratoria)
Alcanza limite de presión
Ventilador ciclado por presión



JVEP

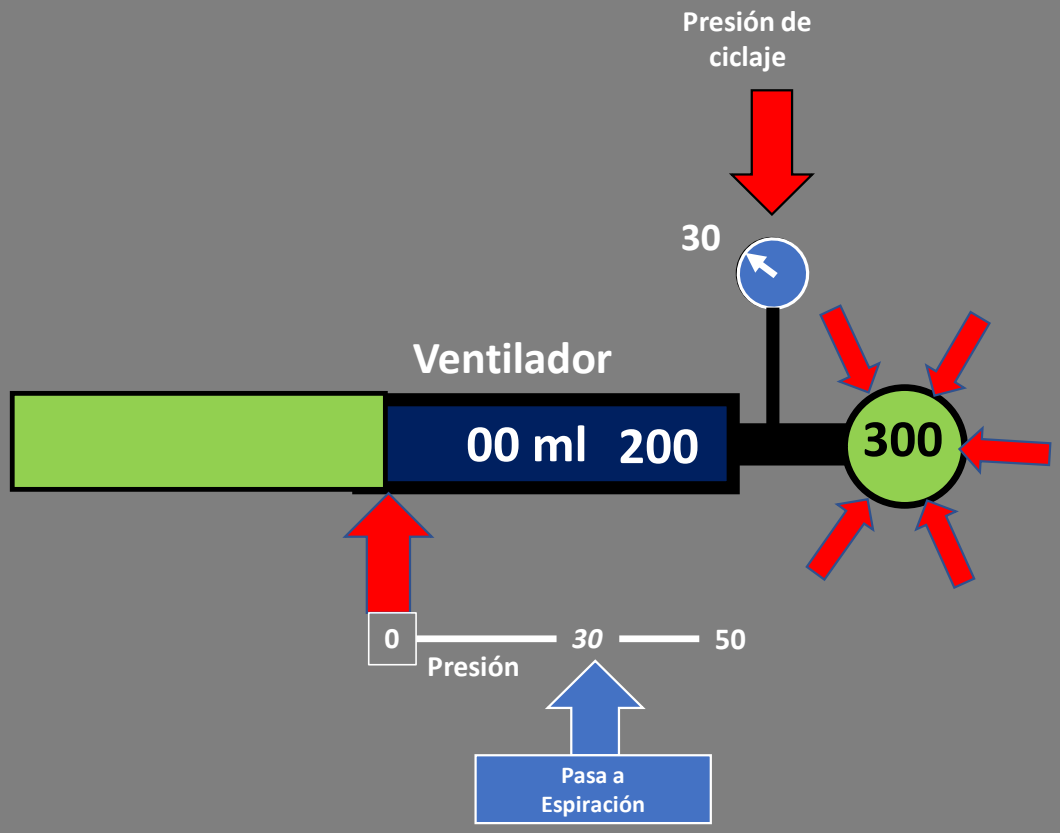
Ventilador de Presión (Fase Inspiratoria)
Presión Fija Volumen Variable



JVEP

Ventilador de Presión (Fase Inspiratoria)

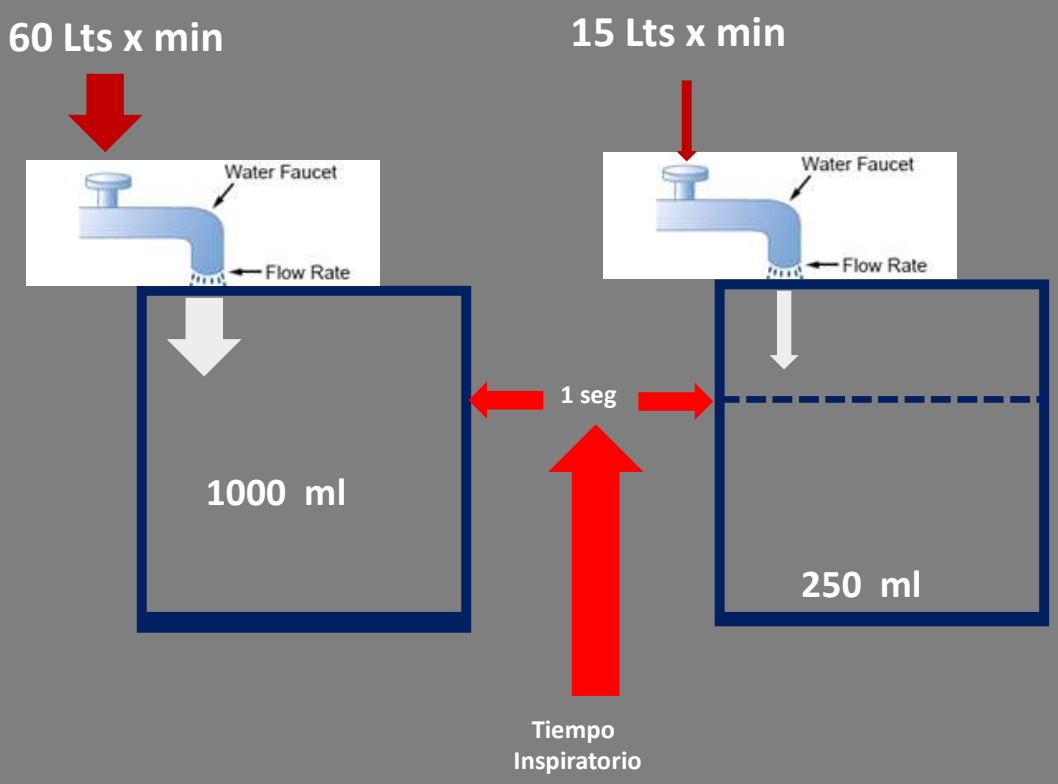
Presión Fija Volumen Variable



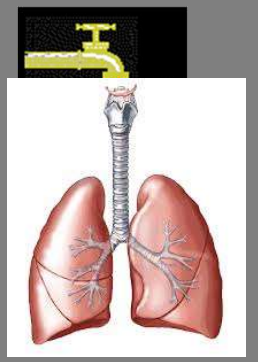
JVEP

Ventilador ciclado por Tiempo

Control de Flujo Inspiratorio



Chorro Inspiratorio



JVEP

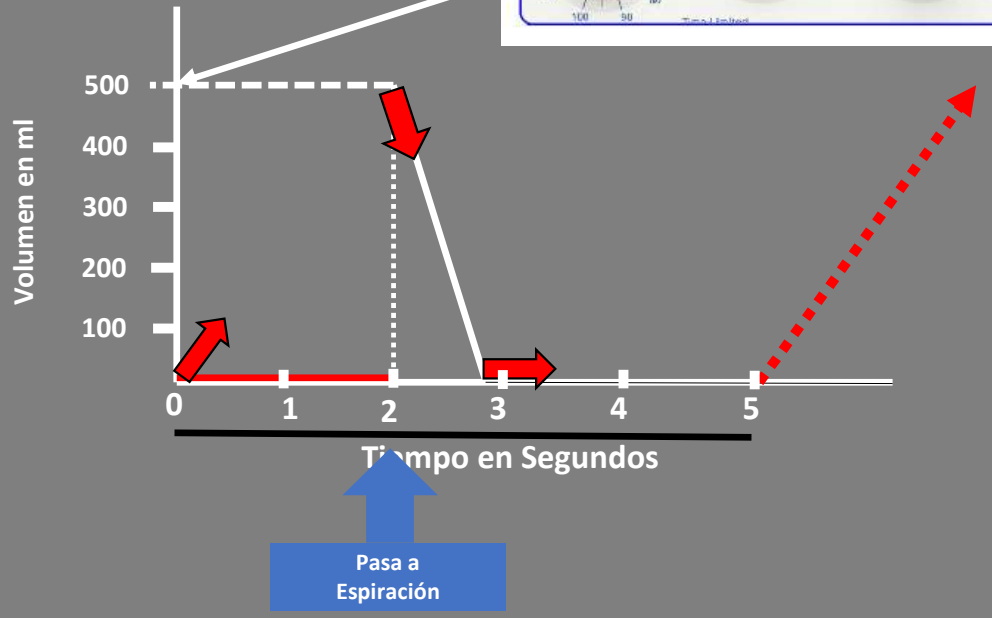
Ventilador ciclado por Tiempo

Tiempo Inspiratorio 2

Flujo Inspiratorio 3



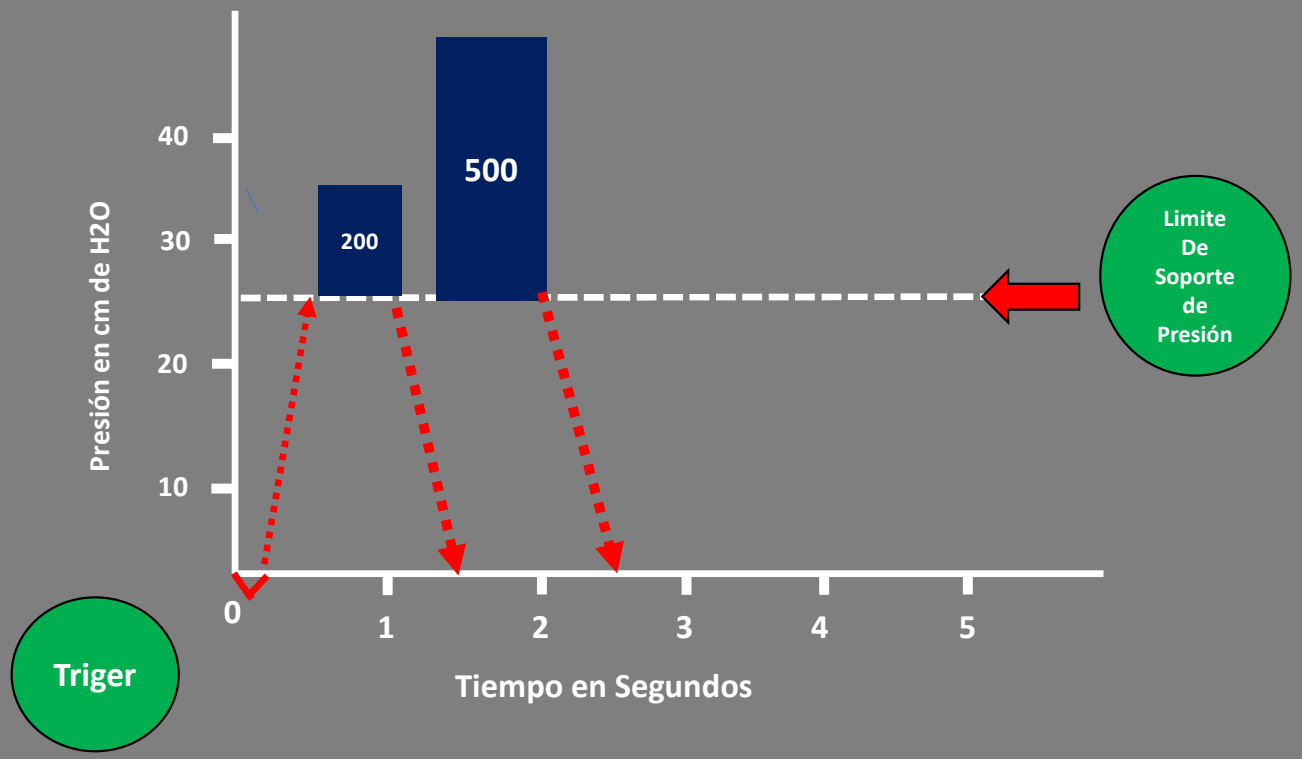
FR 1



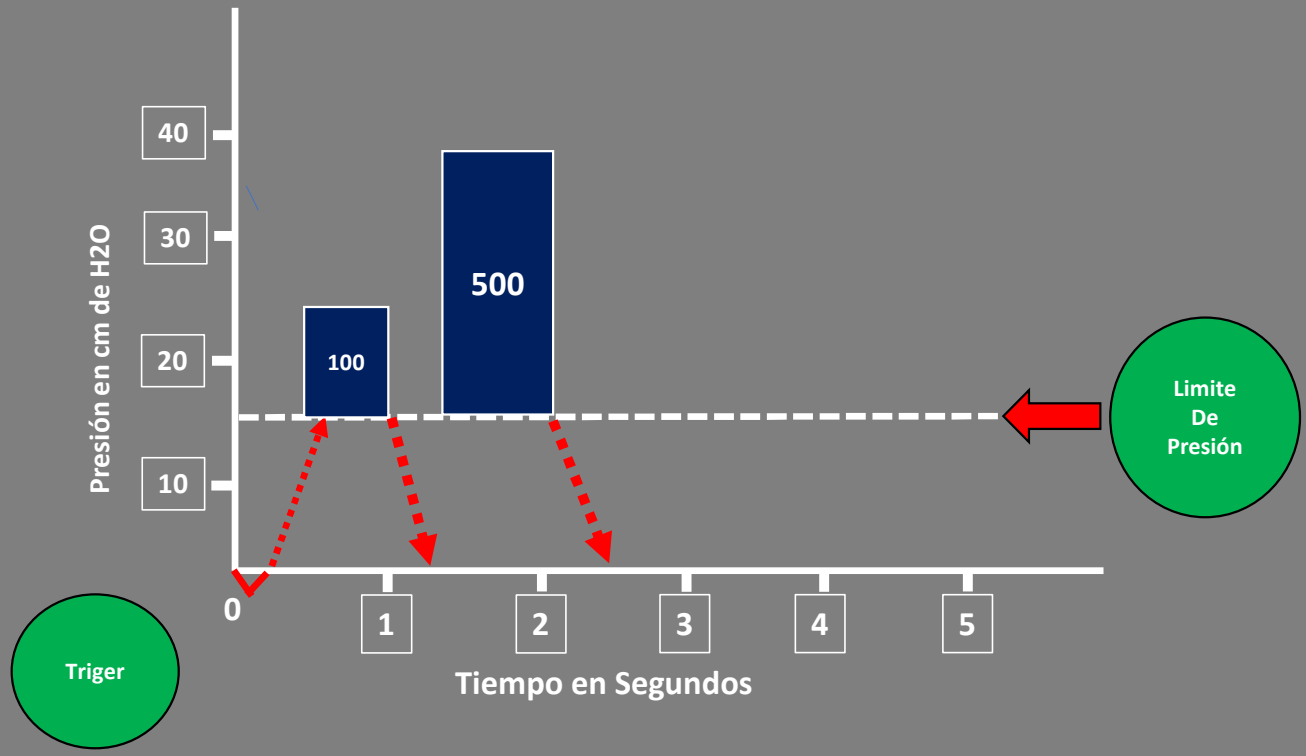
60 / 5 = 12

JVEP

Ventilador ciclado por Flujo



Ventilador ciclado por Flujo



JVEP

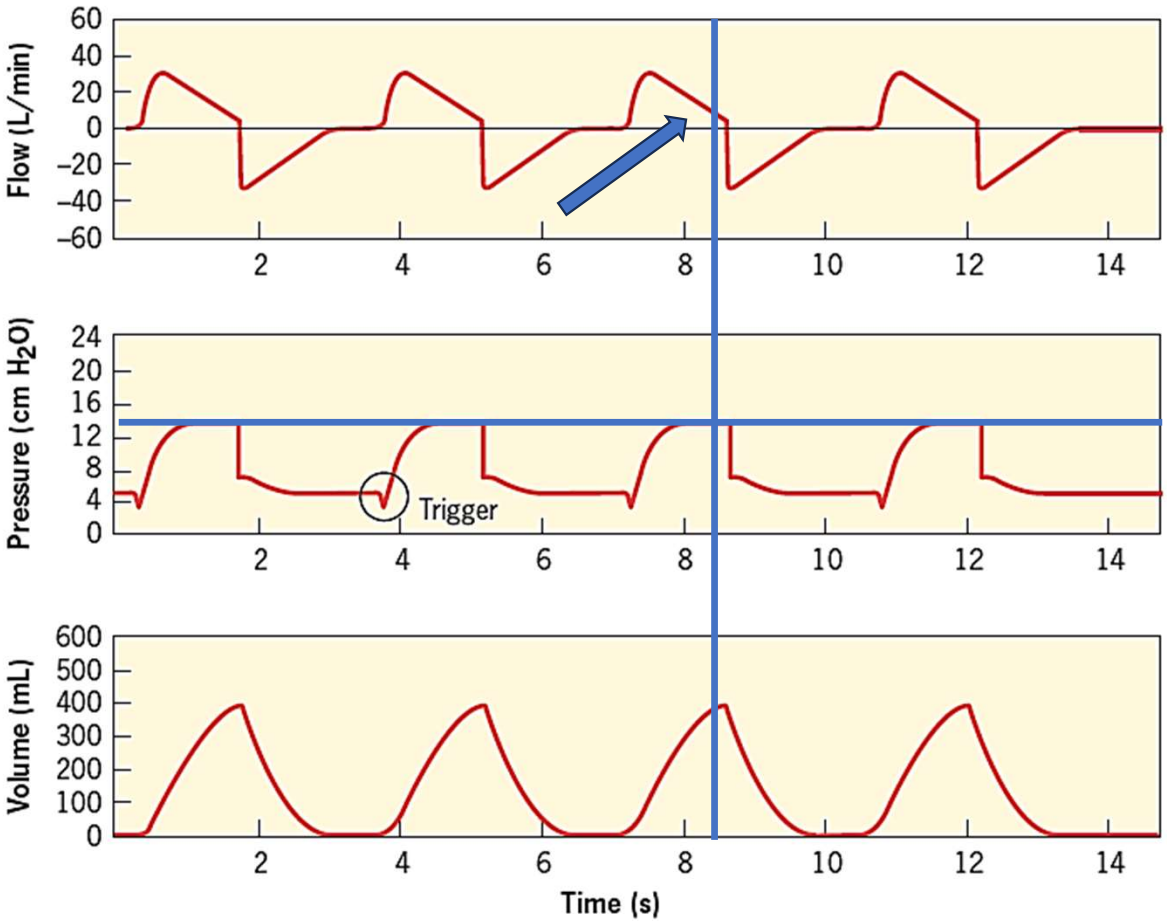
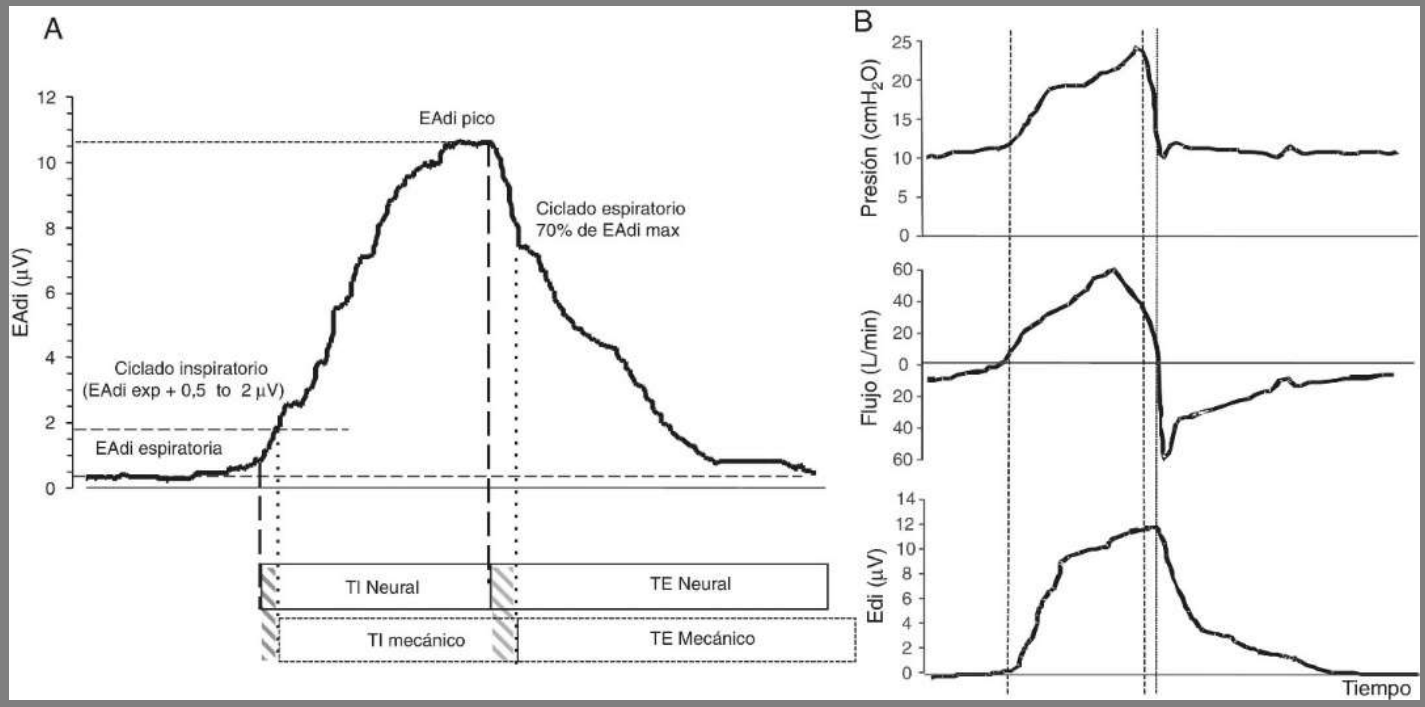


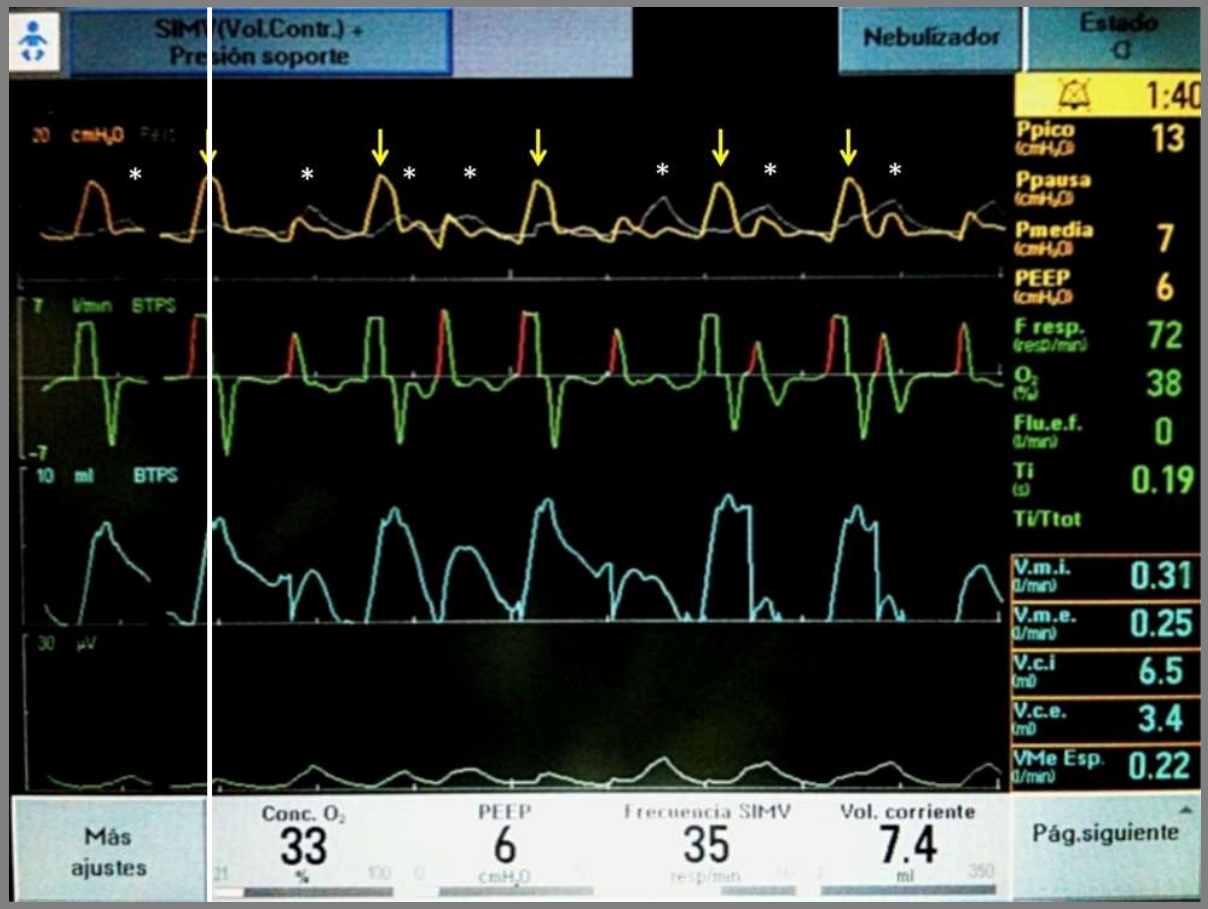
FIGURE 22–9 Pressure support ventilation.

JVEP

Ventilación asistida ajustada neuronalmente



Ventilación asistida ajustada neuronalmente



JVEP

Ventilador ciclado manualmente





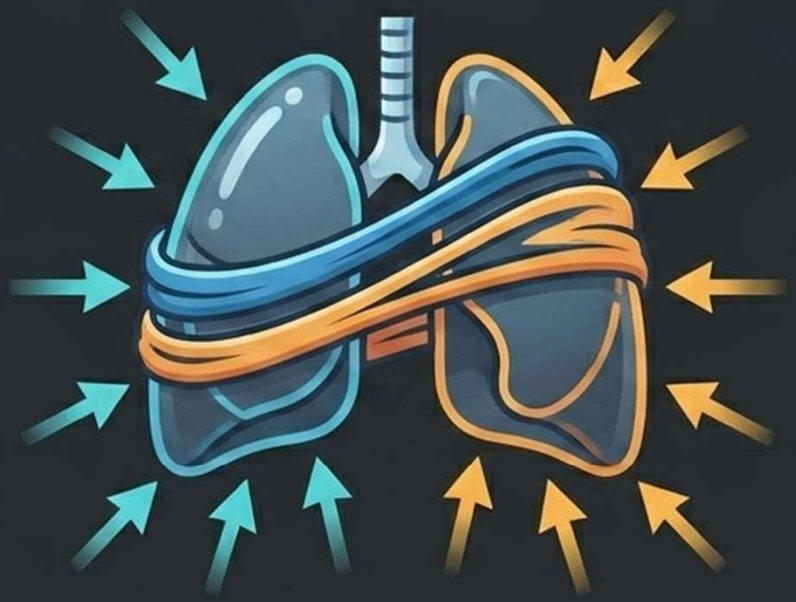
Que mecanismo usa para
Pasar
De inspiración a espiración

JVEP

La Fase Espiratoria: El Retroceso Elástico

En ambos escenarios (espontánea y mecánica), la espiración es un proceso pasivo.

Los músculos inspiratorios se relajan.

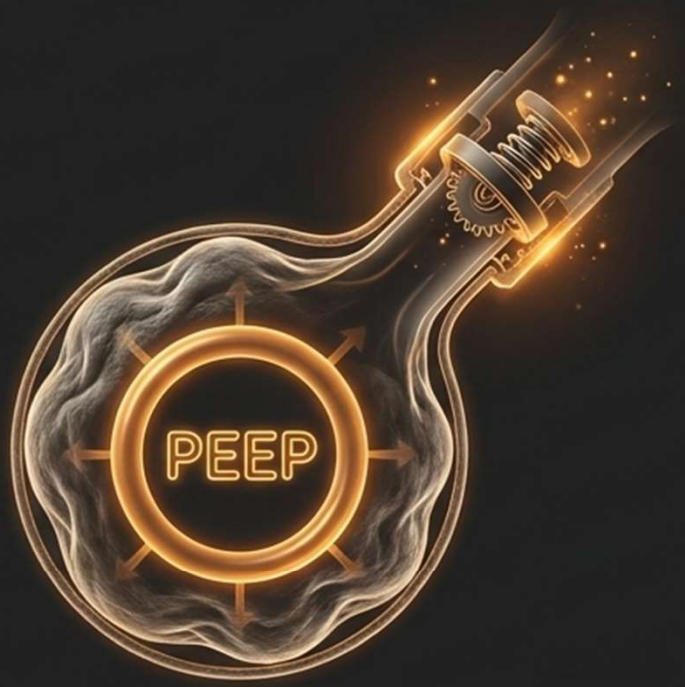


Las fuerzas elásticas del pulmón y la caja torácica generan una presión centrípeta, empujando el aire hacia afuera.

El aire fluye hasta que se alcanza la Capacidad Residual Funcional (punto de equilibrio).

NotebookLM

Controlando la Salida: La Válvula y la PEEP



En ventilación mecánica, la máquina controla la exhalación pasiva mediante la válvula espiratoria.

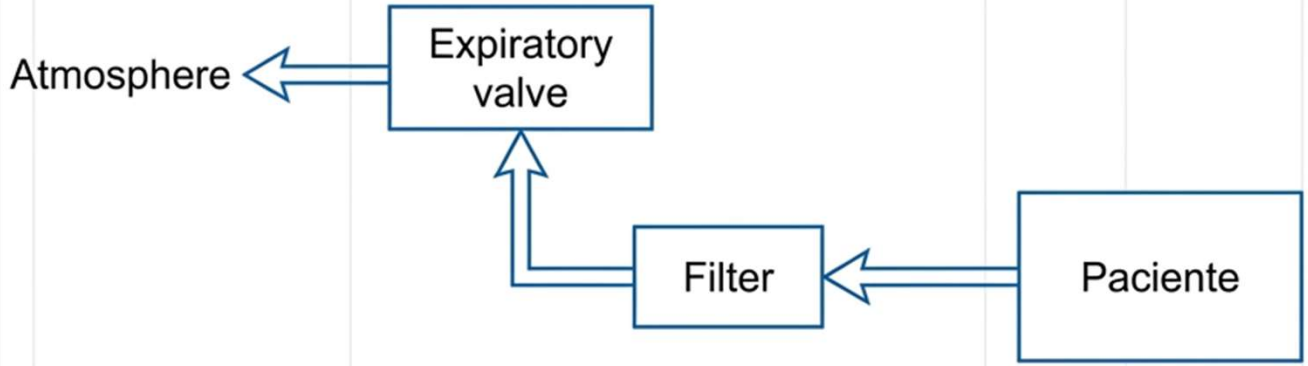
PEEP (Presión Positiva al Final de la Espiración): La válvula se cierra para atrapar cierta cantidad de presión y volumen.

Objetivo: Mantener el reclutamiento alveolar, prevenir el colapso cíclico (atelectrauma) y mejorar el intercambio gaseoso.

NotebookLM

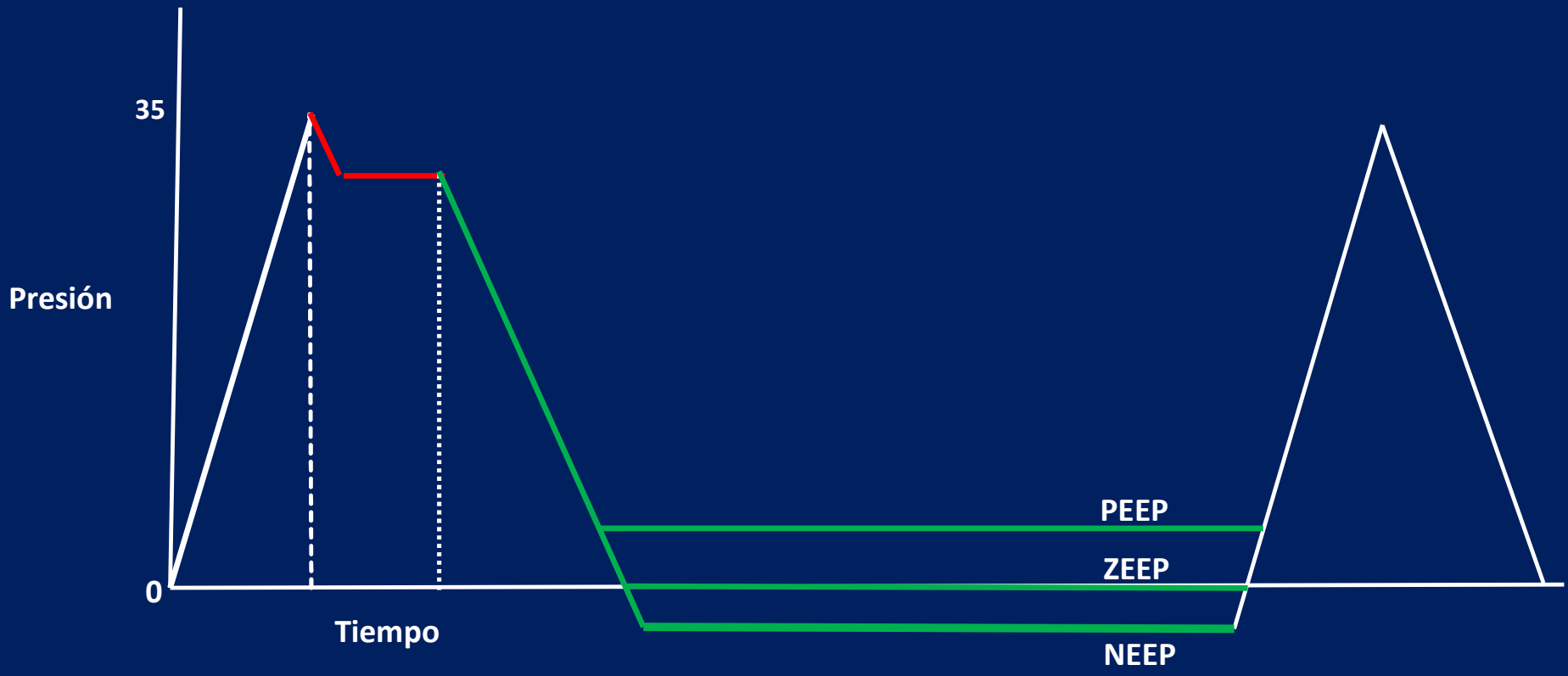
Fase IV: Espiración (La Salida)

Una fase primariamente pasiva, impulsada por el retroceso elástico del parénquima pulmonar. El gas viaja a través del circuito espiratorio y filtros antes de ser liberado por la válvula hacia la atmósfera.

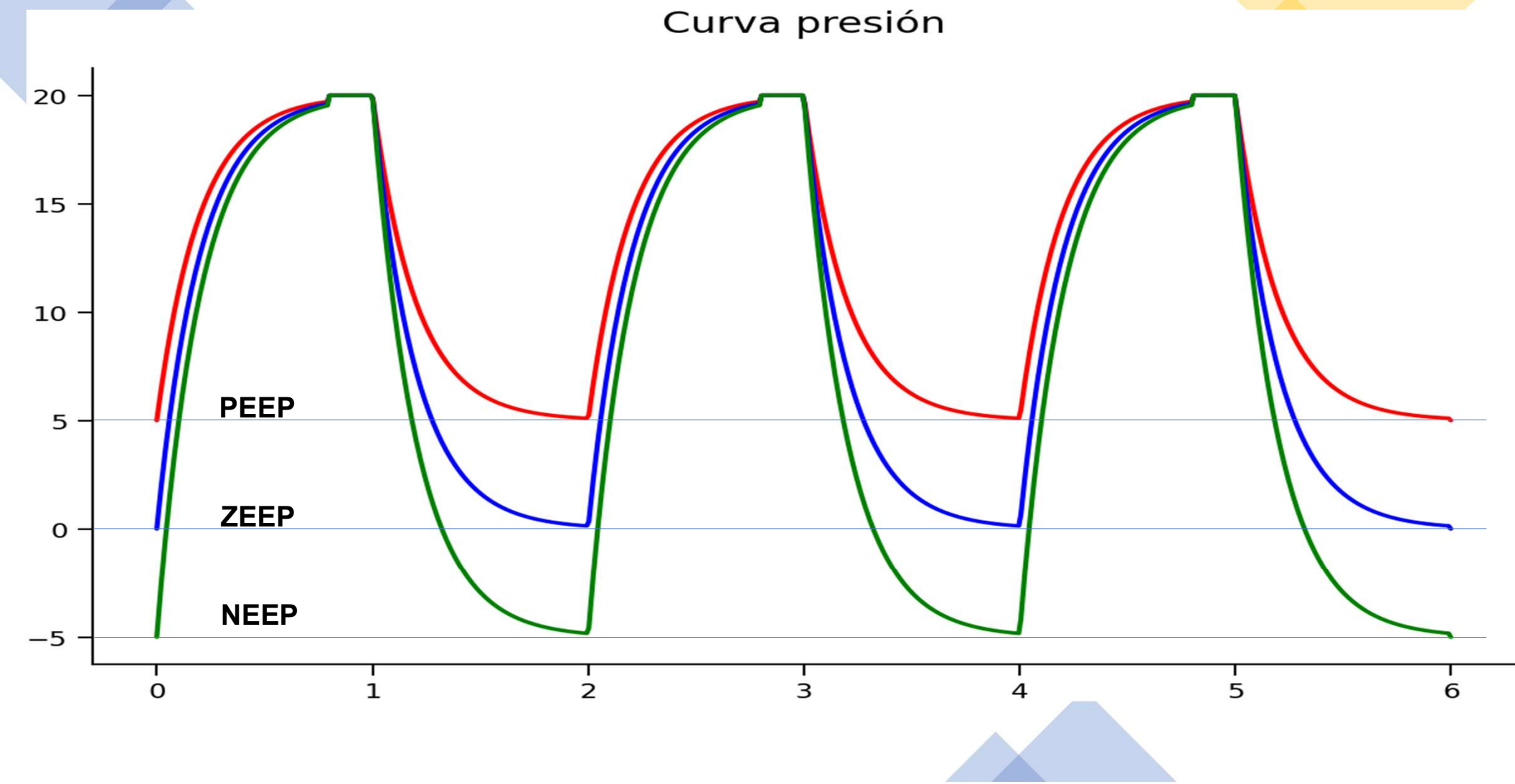


NotebookLM

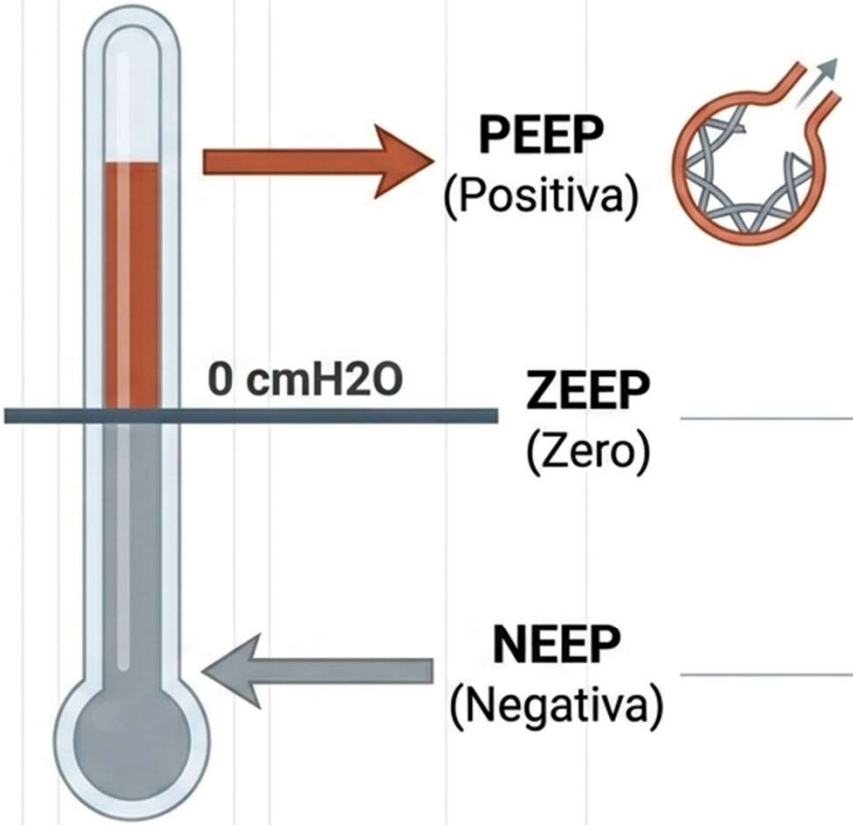
IV Fase Espiratoria



JVEP


Curva presión
20
15
10
5
0
−5
PEEP
ZEEP
NEEP
0
1
2
3
4
5
6

Fase IV: Los Niveles de Presión Basal



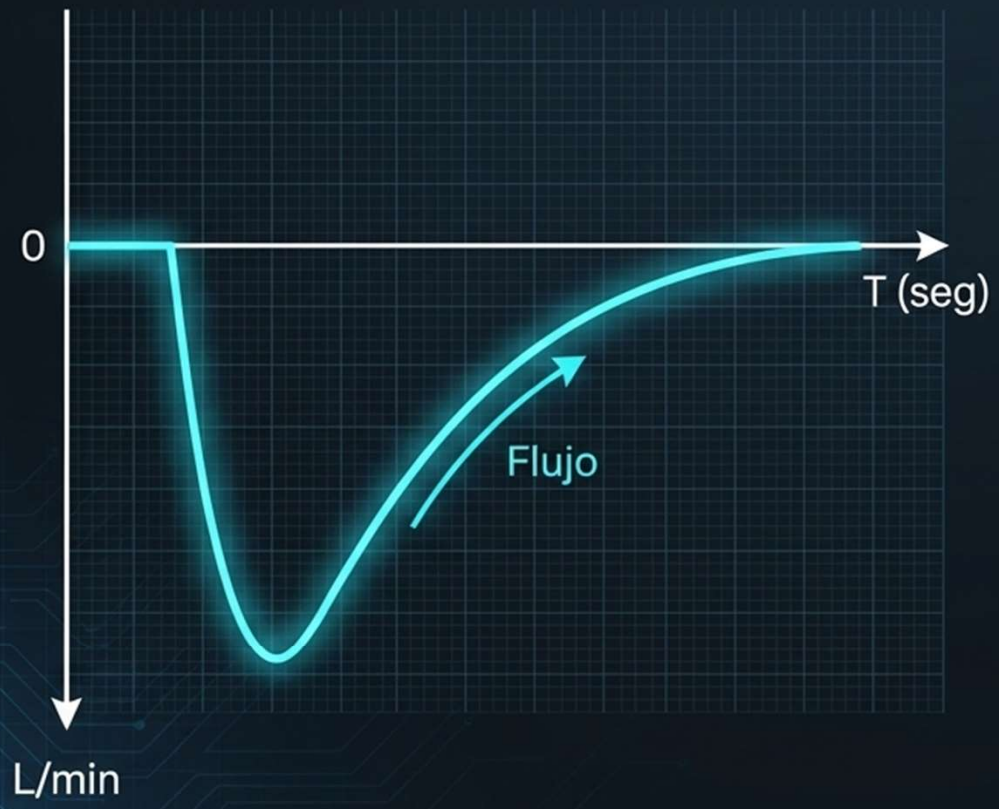
Positive End-Expiratory Pressure. Fundamental para mantener el reclutamiento alveolar, prevenir el colapso y mejorar la oxigenación.

Presión igual a la atmosférica. Alto riesgo de colapso alveolar y atelectasia.

Presión negativa al final de la espiración. Raro en ventilación moderna.

NotebookLM

4. Espiración: El Retorno Pasivo



- **Naturaleza Pasiva:**
  Depende enteramente de las propiedades de retracción elástica del pulmón insuflado. El ventilador no “succiona” el aire.
- **El Imperativo del Tiempo:**
  El Tiempo Espiratorio (T_E) siempre debe ser más largo que el Tiempo Inspiratorio (T_I) debido al incremento natural de la resistencia.
- **El Objetivo:**
  El flujo espiratorio debe llegar a cero de manera natural antes del siguiente disparo.

NotebookLM

Ventilación Mecánica no Invasiva

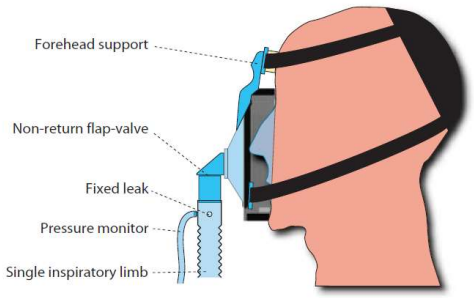
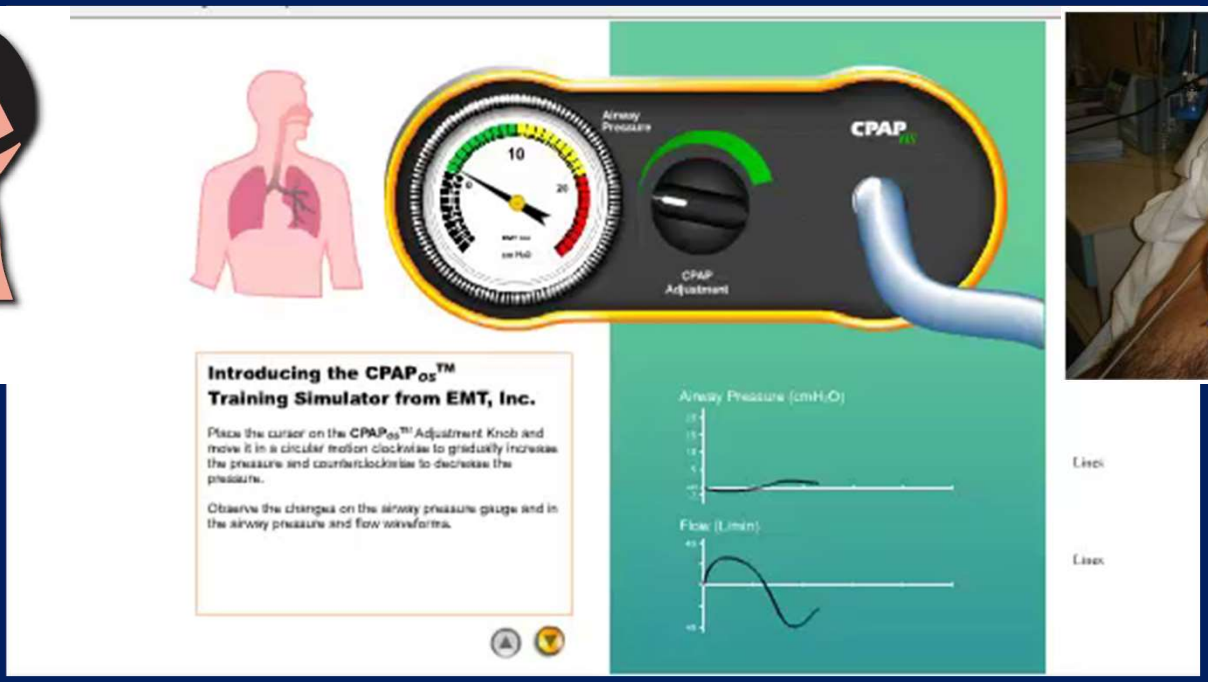


Figure 3.10 Typical circuit and mask for non-invasive ventilation.





JVEP

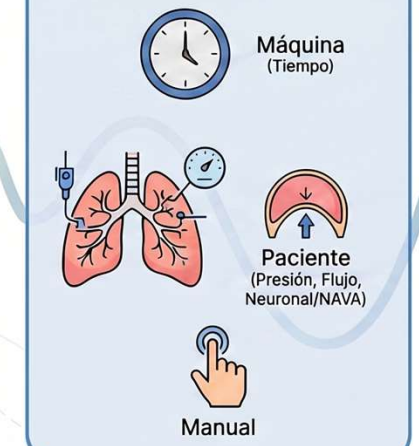


Tiene la fase espiratoria
Un
Componente especial
PEEP…CPAP

JVEP

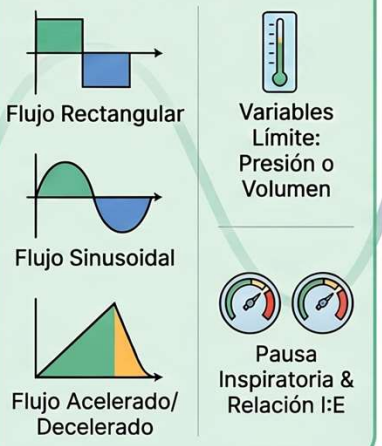
Las 4 Fases del Ciclo Ventilatorio Mecánico

Fase I: Inicio de la Inspiración (Trigger)



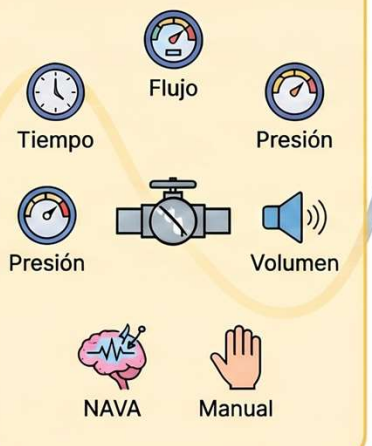
El ciclo inicia por la máquina, el paciente o manualmente.

Fase II: Inspiración y Limitación



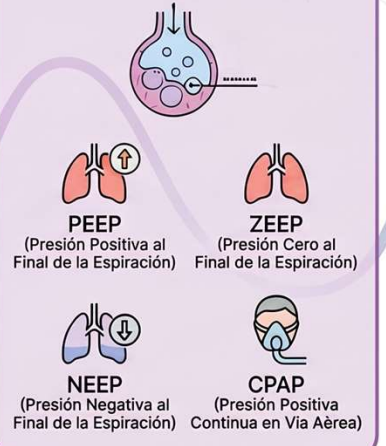
Define la entrega del flujo y variables límite para optimizar el intercambio.

Fase III: Ciclado (Cambio de I a E)



El paso a la espiración se activa por tiempo, flujo, presión, volumen, NAVA o manual.

Fase IV: Fase Espiratoria y Presión de Base



Estas configuraciones mantienen la arquitectura alveolar y previenen el colapso al final del ciclo.

NotebookLM

Esquema de un Ventilador Mecánico



Fuentes de Poder		O2	Aire	AC 110	ON/OFF	Bateria	
Controles básicos		FiO2	Modo V				
Fase I	Inicio de la Inspiración	Trigger	FR				
Fase II	Inspiración	T F	P P	I : E	P/V		
Fase III	Espiración Inspiración	L P	L V	F	T	N	Manual
Fase IV	Espiración	PEEP					

JVEP

Tráeme un ventilador para el paciente



JVEP



Fin de la presentación

JVEP