



El papel utilizado para la impresión de este libro ha sido fabricado garantizando una explotación de los recursos sostenibles con el medio ambiente y beneficiosa para las personas



©Primera Edición, México 2026.

**ISBN: EN TRÁMITE**

ZarPra Ediciones

Dr. Jiménez No. 248, Col. Doctores  
C.P. 06720, México, D.F.

[www.zarpraediciones.com](http://www.zarpraediciones.com)

Comentarios sobre la edición y contenido de este libro a:  
[zarpraediciones@gmail.com](mailto:zarpraediciones@gmail.com)

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación debe ser reproducida, almacenada en sistema alguno o transmitida por otro medio —electrónico, mecánico, fotocopador, registrador, etcétera— sin permiso previo por escrito de la Editorial.

Impreso en México / *Printed in Mexico*

# AUTORES

---

Dr. Ignacio Alberto Mendez de Jesus

Dr. Saúl Trejo Rosas

Dr. David Sanabria Cordero

Dr. Juan Carlos Sánchez Suárez

Dra. Sarah Elizabeth González Ríos

Dra. Elizabeth Mendoza Portillo

Dr. Alfredo Arellano Ramírez

Dra. Elsa Guadalupe Pimentel Arce

Dr. Saúl Alberto Esteban Mora

Dr. José Alejandro Galaviz Miranda

Dra. María Cristina Hernández Hernández

Dra. María del socorro Martínez Meléndez

Dra. Irma Denisse Martínez Vázquez

Dra. Yesenia Leonor Mejía Alonso

# CONTENIDO

1. Manejo inicial de la ventilación mecánica en la unidad de reanimación.....	5
2. Criterios de fracaso a la terapia de oxígeno de alto flujo .....	8
3. Modos ventilatorios .....	9
4. Fases del ciclo ventilatorio .....	10
5. Términos básicos del ventilador .....	11
➤ Variables a programar .....	11
➤ Resultado de las variables programadas .....	12
➤ Variables programadas / modos ventilatorios .....	16
• Modo controlado por presión .....	16
• Modo controlado por volumen .....	16
• Ventilación con liberación de la presión de la vía aérea APRV .....	17
• Ventilación mandatoria intermitente sincronizada SIMV .....	18
• Modo espontáneo. Presión positiva continua de la vía aérea (CPAP) .....	19
6. Gráficas del ventilador .....	20
7. Presiones de vías aéreas .....	21
8. Criterios de extubación .....	23
9. Conclusión .....	29
Bibliografía .....	29

## MANEJO INICIAL DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN LA UNIDAD DE REANIMACIÓN

La ventilación mecánica (VM) es un sistema de soporte vital diseñado para sustituir la función respiratoria normal que se encuentra alterada en el curso de la insuficiencia respiratoria, por tal motivo es de suma importancia la programación inicial de la VM en todos los servicios hospitalarios.<sup>1</sup> La insuficiencia respiratoria aguda (IRA) se caracteriza por una actividad respiratoria ausente o es insuficiente para mantener una captación de oxígeno y una eliminación de dióxido de carbono adecuado, a pesar del tratamiento inicial. De manera clínica será definido como incapacidad para mantener la PaO<sub>2</sub>, la PaCO<sub>2</sub> y el pH en niveles aceptables.<sup>2</sup> Acorde a cifras se considera que existe IRA en un paciente que demuestra:

1. PaO<sub>2</sub> por debajo del rango normal de 60 mmHg, previsto para la edad del paciente en condiciones ambientales (atmosféricas)
2. PaCO<sub>2</sub> mayor de 50 mmHg y en aumento
3. pH descendente de 7.25 o menos secundario a la acidosis respiratoria

La IRA se divide en dos rubros, falla respiratoria hipoxémica y falla respiratoria hipercápnica.

- a. Falla respiratoria hipoxémica: resultado de un desajuste severo entre ventilación/ perfusión (V/Q), asociado también a defectos de mecanismo en difusión, shunt derecha- izquierda, hipoventilación alveolar, entre otros.
- b. Falla respiratoria hipercápnica: por incapacidad de mantener mecanismo de ventilación adecuada para mantener un PaCO<sub>2</sub> normal, involucra desde músculos asociados a la respiración, caja torácica y control desde entro de respiración a nivel de sistema nervioso.<sup>2</sup>

Los objetivos de la ventilación mecánica es suplir de forma total o parcial la función mecánica de los músculos respiratorios e incrementar la capacidad residual funcional (CRF= volumen de reserva espiratorio 1100 mL + volumen residual 1200 mL= 2300 mL), esto se traduce al incremento del volumen pulmonar al final de la espiración. Dentro de las funciones a suplir son las siguientes:

- **Optimizar el intercambio gaseoso:** mejorar la oxigenación y facilitar la eliminación de CO<sub>2</sub>

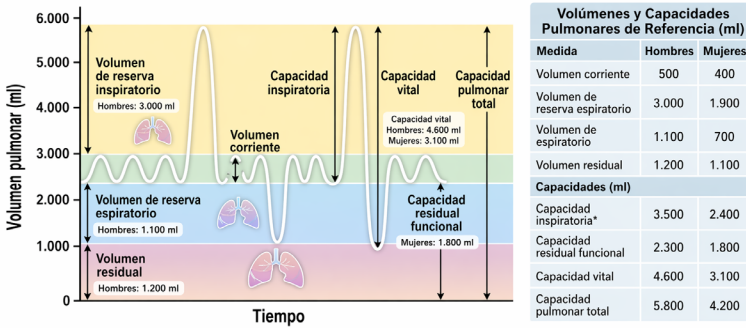


Figura 1. Volúmenes y capacidades pulmonares.

- **Mantener el volumen pulmonar:** aumentar la capacidad residual funcional y la distensibilidad pulmonar.
- **Disminuir el trabajo respiratorio.**<sup>3</sup>

Estos objetivos se logran por la generación de presión positiva en la vía aérea, el cual es proporcionado por el ventilador, el incremento de la CRF tiende a normalizar la relación ventilación/perfusión, lo que disminuye los shunt, lo que genera normalización de la PaO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub> por el incremento del área de hematosis.<sup>4</sup> (Fig. 1).

## CRITERIOS PARA INTUBACIÓN OROTRAQUEAL

En el siguiente cuadro, describimos algunos signos/ síntomas clínicos que orientan a la insuficiencia respiratoria aguda y que de no ser resuelto el paciente requiera soporte ventilatorio. Los pacientes que requieren eventualmente de soporte ventilatorio presentan al menos una de las siguientes cinco indicaciones:

- Incapacidad para mantener las vías respiratorias abiertas (desplazamiento de la lengua hacia la faringe, obstrucción de las vías respiratorias superiores, quemaduras).
- Fallo en la protección de las vías respiratorias contra la aspiración.
- La insuficiencia ventilatoria.
- Insuficiencia en la oxigenación
- Posibles afecciones que pueden provocar insuficiencia respiratoria: (cambios hemodinámicos como resultado de hipoxemia e hipercapnia progresivas, tales como taquicardia, hipertensión y arritmia).<sup>5</sup> Lo anterior, se menciona en el cuadro 1.

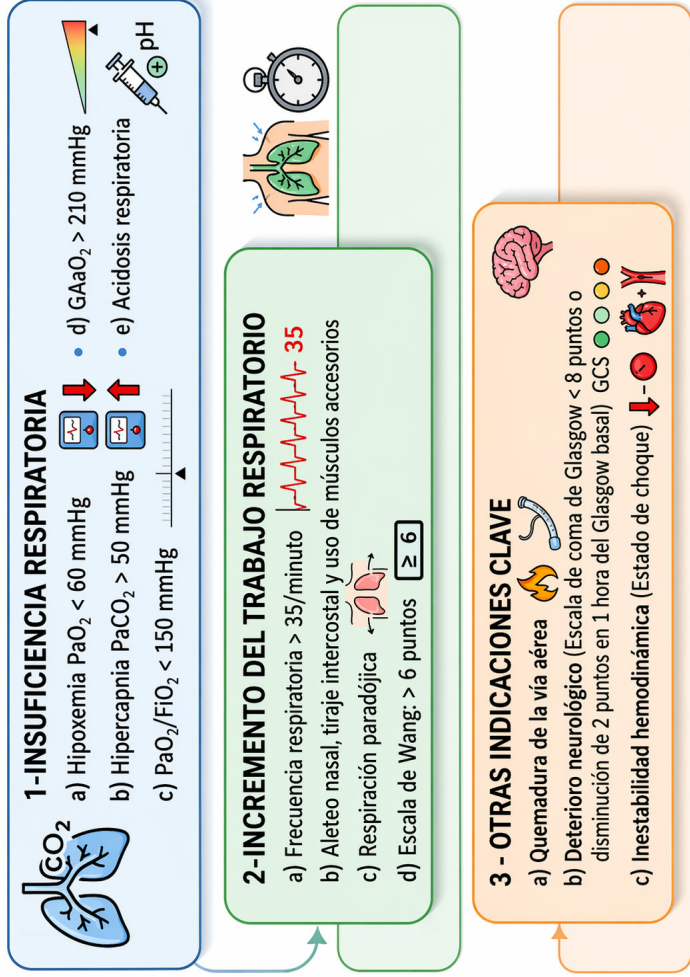


Figura 2. Criterios para intubación orotraqueal.

## CRITERIOS DE FRACASO A LA TERAPIA DE OXÍGENO DE ALTO FLUJO

Cuando se administra oxígeno de alto flujo y no hay mejoría clínica y/o gasométricamente se reportan los siguientes índices predictivos de éxito o fracaso a las cánulas nasales de alto flujo (CNAF).

### RESUMEN DE HERRAMIENTAS PREDICTIVAS PARA LA TERAPIA CON CÁNULA NASAL DE ALTO FLUJO (CNAF)






Población	Herramienta predictiva principal	Punto de corte / momento clave	Notas clínicas
 IRAH / neumonía	Índice ROX	2 h < 2.85 6 h < 3.47 12 h < 3.85	Punto de referencia ampliamente citado para neumonía no COVID-19 con hipoxemia.
 Pacientes con COVID-19	Índice ROX	12 h < 3.85 (altamente específico)	Es el punto de corte más validado para esta población. El índice ROX muestra alta sensibilidad.
	Puntaje HACOR	= 5.5	Desempeño predictivo comparable al índice ROX (AUROC 0.71).
 Pacientes postextubación	Índice ROX	1 h < 6.06 (predice fracaso); 2/6 h > 8.7 y 12 h > 10.4 (predicen éxito)	Generalmente se requieren puntos de corte más altos para predecir éxito en terapia secuencial.
	Índice ROX-HR	10 h > 8.00 (predice éxito)	Incorpora la frecuencia cardíaca; se correlaciona fuertemente con los desenlaces en este grupo.
 Pacientes con EPOC (exacerbación aguda)	Índice ROX	> 6.88 (indica bajo riesgo de fracaso)	Esta población requiere un índice ROX mucho mayor para indicar bajo riesgo de intubación.
 Servicio de urgencias	Índice ROX	6 h < 4.88	Demuestra mejor capacidad discriminativa en comparación con el puntaje HACOR en este escenario.
	Puntaje HACOR	1 h > 6 (predice fracaso)	Predictor confiable en la IRAH general, aunque puede ser menos discriminativo en escenarios de urgencias.

Figura 3. Índices predictivos en diferentes escenarios clínicos.

**Abreviaturas:** CNAF: cánulas nasales del alto flujo, IRA: insuficiencia respiratoria aguda, COVID-19 enfermedad por coronavirus 2019, EPOC enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

PUNTUACIÓN Y RECOMENDACIONES CLÍNICAS				
 <b>RIESGO BAJO</b> (Puntuación < 5)	<b>PUNTUACIÓN:</b> 1-4	Bajo riesgo de fracaso de VNI	Continuar monitoreo, reevaluar en 1 hora	<b>HACOR ACTUALIZADO</b>  HACOR Puntuación: • Frecuencia Cardíaca (FC): >120 (+1) • Acidosis (pH): 7.30-7.34 (+1) <7.30 (+2) • Conciencia (GCS): 13-14 (+1) <13 (+2) • Oxigenación (PaO2/FiO2): 100-199 (+1) <100 (+2) • Frecuencia Respiratoria (FR): >25 (+1)
 <b>RIESGO INTERMEDIO</b> (Puntuación 5)	<b>PUNTUACIÓN:</b> 5	Riesgo moderado de fracaso de VNI (AUROC 0.71)	Monitoreo intensivo, considerar VNI si persiste	
 <b>RIESGO ALTO</b> (Puntuación > 5)	<b>PUNTUACIÓN:</b> 6-10	Alto riesgo de fracaso de VNI	Considerar intubación orotraqueal (IOT) temprana	
 <b>PREDICCIÓN DE FRACASO A LA HORA (HACOR &gt; 6)</b>	<b>PUNTUACIÓN:</b> > 6 a 1 hora	Alto riesgo de fracaso de VNI (predice fracaso)	Indispensable considerar intubación inmediata	
 <b>FRACASO PERSISTENTE (HACOR &gt; 5 a las 12 horas)</b>	<b>PUNTUACIÓN:</b> > 5 a 12 horas	<b>INTERPRETACIÓN:</b> Fracaso de VNI	Transición a intubación, evaluar otras causas	

**HACOR:** Heart Rate, Acidosis, Consciousness, Oxygenation, and Respiratory Rate.

**VNI:** Ventilación No Invasiva. **IOT:** Intubación Orotraqueal.

**Criterios Actualizados:** Enfatiza puntos de corte en el tiempo (1h y 12h) para decisiones clínicas precisas.

Considerar el contexto clínico general junto con la puntuación HACOR.

Evaluación continua es clave.

Figura 4. Escala HACOR como predictor de fracaso de la ventilación mecánica no invasiva.

## MODOS VENTILATORIOS

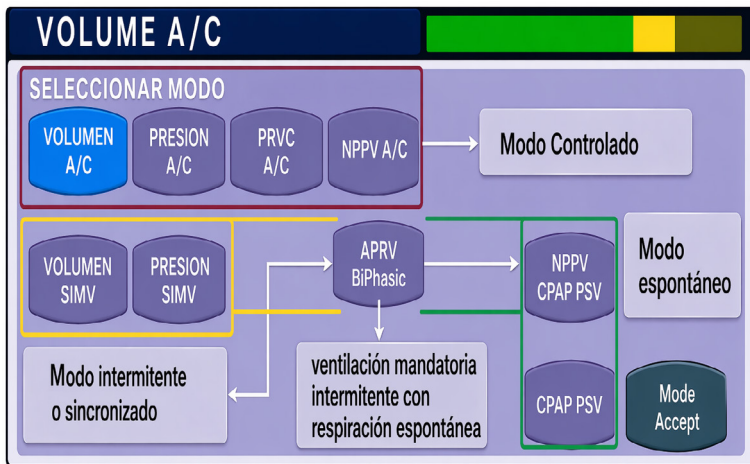


Figura 5. Pantalla inicial del ventilador y modos ventilatorios.

Existen tres modos fundamentales, aunque los ventiladores modernos suelen ofrecer una combinación de estos:<sup>5</sup>

1. **Modo controlado:** el paciente es ventilado de acuerdo con las variables de control preestablecidas por el operador. En ausencia de un esfuerzo inspiratorio del paciente el ventilador proporciona la respiración controlada.
2. **Modo intermitente o sincronizado:** intenta sincronizar las respiraciones programadas con los esfuerzos respiratorios del paciente, con el objetivo de lograr un volumen minuto. Cuando se solicitan respiraciones adicionales, el paciente aspira aire de forma espontánea, esto puede ser asistido usando una presión soporte.<sup>5</sup>
3. **Modo espontáneo:** el paciente debe iniciar cada respiración, el volumen minuto y el ciclo respiratorio está determinado por el paciente. La presión soporte, una forma de presión inspiratoria, se aplica típicamente para facilitar el trabajo respiratorio cada que el paciente respire. Se utilizan para el retiro de la ventilación mecánica.<sup>6</sup>

## FASES DEL CICLO VENTILATORIO

El ciclo ventilatorio resulta de la aplicación de la VM es distinto que el de la respiración normal. La introducción de presión positiva en la vía aérea para insuflar el pulmón es todo lo contrario a la respiración fisiológica. Toma en consideración lo mencionado podemos distinguir cuatro fases en la ventilación mecánica.<sup>7</sup>

- 1. Disparo o inicio de la inspiración:** la inspiración puede ser comenzada por el paciente o por el ventilador (modo ventilatorio controlado, sincronizado o espontáneo).
- 2. Mantenimiento de la inspiración:** se relaciona con la variable de control. La variable de control puede ser de dos tipos: Presión inspiratoria o de volumen, de acuerdo con el modelo del equipo. Su valor límite es determinado por el operador.
- 3. Ciclado:** se denomina ciclado al cambio de la fase inspiratoria a la espiratoria puede estar establecido por:<sup>8</sup>
  - ▶ **Tiempo inspiratorio:** cuando ha transcurrido un lapso programado de Tiempo inspiratoria y pasa a la fase espiratoria, esto nos permite modificar la relación I:E (inspiración: espiración).
  - ▶ **Flujo:** velocidad con la se entrega el volumen corriente unidades son litros/minuto, nos permite modificar la relación I:E (inspiración: espiración).
  - ▶ **Volumen corriente:** cuando se alcanza el volumen corriente programado por el operador y no se programa flujo si no tiempo inspiratorio.
- 4. Espiración:** en general es pasiva, su tiempo es determinado por las demás variables programadas por el usuario.<sup>9</sup>

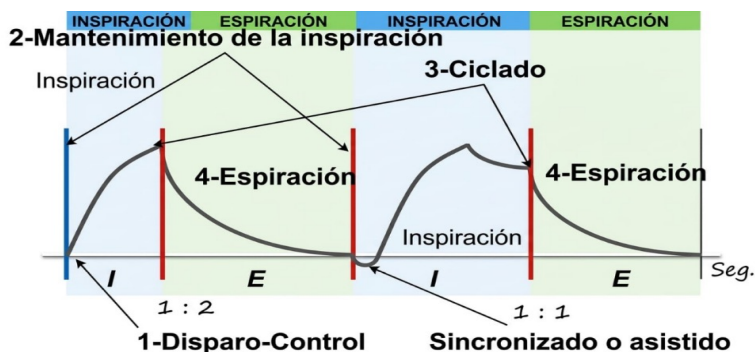


Figura 5. Fases del ciclo ventilatorio inspiración/espiración.

## TÉRMINOS BÁSICOS DEL VENTILADOR

### VARIABLES A PROGRAMAR

**Variables de control:** son los objetivos que se establecen, con base en el modo de ventilación mecánica seleccionada, hay modos controlados por presión y modos controlados por volumen.

En el control por presión, el clínico determina una **presión inspiratoria** designada que se entrega con cada respiración lo que genera un volumen corriente y una presión en la vía aérea. En el control por volumen, se establece un **volumen corriente** inspiratoria designado.<sup>10</sup>

1. **Trigger, sensibilidad o disparo:** la variable de activación determina cuando iniciar la inspiración. Las respiraciones pueden ser activadas por el ventilador o el paciente. Cuando es el ventilador pueden ser activada por presión, flujo o tiempo, Se refiere al nivel en el cual el esfuerzo del paciente es detectado por el ventilador, para ser asistido. Presión (0.5 - 2 cmH<sub>2</sub>O), flujo (1 - 2 litros/minuto).
2. **Presión inspiratoria:** se programa en un modo controlado por presión, el volumen corriente es una variable dependiente y el nivel que alcance estará en relación a la distensibilidad pulmonar del paciente. Por ejemplo, un paciente sano con una Presión inspiratoria programada de 15 cmH<sub>2</sub>O genera un volumen corriente de 500 mL, pero otro paciente con EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) con la misma presión inspiratoria programada generara un volumen corriente de 250 mL.
3. **Tiempo inspiratorio:** en un modo controlado por presión, se programa tiempo inspiratorio, se ajusta de acuerdo a la relación I:E (inspiración: espiración) deseada por el operador.
4. **Volumen corriente:** es la cantidad de aire que ingresa a las vías aéreas en una inspiración normal. Se determina al realizar el cálculo del peso predicho del paciente, normalmente en paciente sanos el volumen corriente es de 6 a 8 mL/kg de peso predicho, en pacientes con SIRA Síndrome de Insuficiencia Respiratoria Aguda el volumen corriente protector es de 4 a 6 mL/kg del peso predicho. Las presiones de la vía aérea se convierten en una variable dependiente de acuerdo a la distensibilidad pulmonar y el volumen corriente.<sup>11</sup>

### Fórmula para calcular el peso predicho

1. Hombre:  $([\text{altura en cm} - 152.4] \cdot 0.91) + 50$

2. Mujer:  $([\text{altura en centímetros} - 152.4] \cdot 0.091) + 45.5$

5. **Frecuencia respiratoria:** en un paciente sano se recomienda una frecuencia respiratoria de 12 a 16 por minuto, esta variable se ajusta de acuerdo con el nivel de PaCO<sub>2</sub>. La multiplicación del volumen corriente por la frecuencia respiratoria es igual al volumen minuto.
6. **Fracción inspiratoria de oxígeno (FIO<sub>2</sub>):** al aire ambiente es del 21%. Inicialmente en la programación del ventilador se utiliza el FIO<sub>2</sub> 100%, hasta tener una saturación por oximetría de pulso mayor del 90%, posteriormente se tiene que titular el FIO<sub>2</sub> para evitar la hiperoxemia PaO<sub>2</sub> > 100 mmHg, lo que nos puede generar biotrauma pulmonar (formación de radicales libres) y atelectasia pulmonar por eliminación de nitrógeno.<sup>12</sup>
4. **Presión positiva al final de la espiración (PEEP):** corresponde a la presión (cmH<sub>2</sub>O) que se mantiene en los alvéolos al final de la espiración. Sirve para evitar el colapso alveolar, en forma inicial se programan 5 cmH<sub>2</sub>O de PEEP en un paciente sano sin patología pulmonar, en un paciente con SIRA severo el PEEP inicial mínimo es de 10 cmH<sub>2</sub>O.
8. **Flujo:** es la velocidad con la que se entrega el aire a la vía aérea del paciente, sus unidades son L/minuto. En un modo controlado por volumen el flujo determina el tiempo que dura la fase inspiratoria y en consecuencia la relación I:E a mayor flujo se acortará el tiempo inspiratorio e incrementará el tiempo espiratorio el cual se tiene que ajustar de acuerdo a la PaCO<sub>2</sub> deseada por el operador.
9. **Presión soporte:** es la aplicación de una presión positiva programada a un esfuerzo inspiratorio espontáneo, se requiere estímulo respiratorio por el paciente, es una variable que se programa en un modo espontáneo en CPAP (presión positiva continua de las vías respiratorias) para iniciar el protocolo de retiro de la ventilación mecánica.<sup>13</sup>

## RESULTADO DE LAS VARIABLES PROGRAMADAS

1. **Presión máxima o pico:** es la máxima presión en las vías aéreas al final de la fase inspiratoria. Se determina por la

resistencia de la vía aérea como de su distensibilidad pulmonar. Su límite máximo es de 35 cmH<sub>2</sub>O de ser mayor nos puede generar barotrauma.

2. **Presión meseta o plateau:** es la presión que permanece en los alvéolos durante la fase de meseta, durante la cual hay un cese del flujo de aire, o con una apnea al realizar una pausa inspiratoria, para evitar lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica se recomienda mantener una presión meseta o plateau menor a 27 - 30 cmH<sub>2</sub>O.<sup>14</sup>
3. **Presión media:** es el promedio de las presiones a las que están sometidos los pulmones en cada ciclo respiratorio, dependerá de las resistencias de la vía aérea y la distensibilidad pulmonar. Se recomienda mantener una presión media menor a 20 - 25 cmH<sub>2</sub>O, para evitar compromiso hemodinámico y claudicación del VD (ventrículo derecho) ya que la presión sistólica del VD en un paciente sano es de 20 - 30 mmHg y en diástole de 0 - 15 mmHg el superar estas presiones nos condicionaran disminución de la pre carga al ventrículo izquierdo, hipotensión e inestabilidad hemodinámica.
4. **Presión de conducción o driving pressure:** es el término que describe los cambios de presión que ocurren durante la inspiración, y es igual a la diferencia entre la presión meseta menos presión positiva al final de la espiración (presión meseta -PEEP), se recomienda mantener una presión de conducción menor de 13 - 15 cmH<sub>2</sub>O para evitar la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica.
5. **Presión transaérea:** es la presión que resulta entre la diferencia de la presión pico menos la presión meseta/plateau valor normal <6 cmH<sub>2</sub>O, de ser >6 cmH<sub>2</sub>O nos traduce incremento de las resistencias en la vía respiratoria.
6. **PEEP intrínseco (iEEP), o auto-PEEP:** es la presión que permanece en los pulmones debido a una exhalación incompleta, como puede ocurrir en pacientes con asma, EPOC. Este valor se puede medir al presionar el botón de pausa espiratoria, cuando es mayor de 4 cmH<sub>2</sub>O puede generar incremento de las presiones de la vía aérea generando inestabilidad hemodinámica.<sup>15</sup>
7. **Distensibilidad:** es la propiedad de los pulmones para expandirse y la elastancia como la disposición a regresar a la

posición de reposo. La distensibilidad es el cambio de volumen por unidad de cambio de presión en los pulmones y la cavidad torácica. Su valor normal es de 50 - 80 mL/cmH<sub>2</sub>O.

- 8. Distensibilidad estática:** representa la adaptabilidad del parénquima pulmonar únicamente, y su medición se hace en ausencia del flujo, a través del cociente del volumen inspirado sobre la diferencia entre la presión meseta o plateau menos la PEEP.<sup>15</sup>

$$\text{Distensibilidad Estática} = \frac{(\text{Volumen corriente espiratorio})}{(\text{Presión plateau-PEEP})}$$

Valor normal es de 50 - 80 mL/cmH<sub>2</sub>O

- 8. Distensibilidad dinámica:** representa la distensibilidad del conjunto toracopulmonar periférico, por lo que su valor es el cociente del volumen corriente inspirado sobre la diferencia de la presión pico o máxima menos la PEEP.

$$\text{Distensibilidad Dinámica} = \frac{(\text{Volumen corriente inspiratorio})}{(\text{Presión pico-PEEP})}$$

Valor normal es de - 80 mL/cmH<sub>2</sub>O

- 9. Poder mecánico:** con cada respiración administrada por el ventilador mecánico, se transfiere una cierta cantidad de energía al sistema respiratorio del paciente. Esta energía se utiliza principalmente para vencer la resistencia de las vías respiratorias y expandir la pared del tórax. Una fracción de esta energía actúa directamente sobre el esqueleto pulmonar o matriz extra celular, deformando las células epiteliales y endoteliales. Se ha planteado la hipótesis de que el VILI depende de la cantidad de energía transferida, el volumen corriente, presión meseta, frecuencia respiratoria y el flujo de aire se relaciona con la cantidad de energía generada por el ventilador. La cantidad de energía por unidad de tiempo, expresada en Joule/minuto se denomina poder mecánico.<sup>16</sup>

$$\text{Poder mecánico} = \text{VC} \times \text{FR} \times 0.098 \left\{ \text{Presión pico} - \frac{(\text{Presión plateau-PEEP})}{2} \right\}$$

- VC = Volumen corriente en litros
- FR = frecuencia respiratoria

Un valor normal del poder mecánico = 12- 14 Joule/minuto.  
Un valor mayor de 17 Joule/minuto se asocia con mayor incremento de la mortalidad.

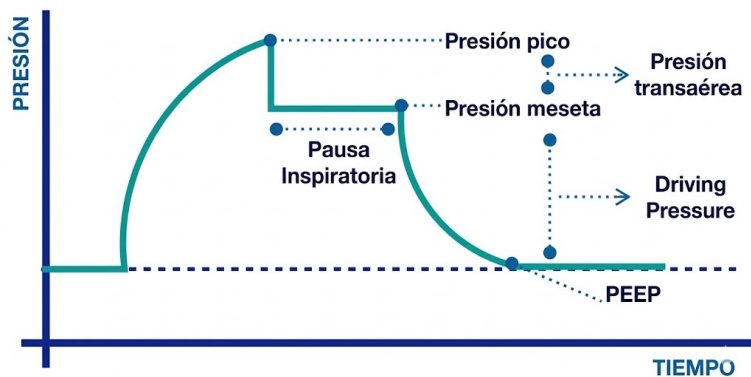


Figura 6. Presiones en ventilatorios pulmonar.

Cuadro 1. Valores limites de las variables		RIESGO
1. Presión pico	>35 cmH <sub>2</sub> O	Barotrauma
2. Presión media	>25 cmH <sub>2</sub> O	Inestabilidad hemodinámica ventrículo derecho
3. Presión plateau/meseta	>30 cmH <sub>2</sub> O	Stress y Strain alveolar
4. Presión de conducción/ Driving pressure	>15 cmH <sub>2</sub> O	
5. Distensibilidad estática	50 - 80 cmH <sub>2</sub> O	Valores menores de 50 cmH <sub>2</sub> O se relacionan con alteración en elasticidad pulmonar (SDRA)
6. Distensibilidad dinámica	50 - 80 cmH <sub>2</sub> O	
7. Presión transaérea	>6 cmH <sub>2</sub> O	Aumento de resistencia vía aérea (broncoespasmo, obstrucción por secreciones)
8. Poder mecánico	>14 Joules	Ergotrauma
9. Índice de Kirby	≥300 mmHg 200-300 mmHg 100-200 mmHg <100 mmHg	
10. GAaO <sub>2</sub>	5-30 mmHg	

## VARIABLES PROGRAMADAS / MODOS VENTILATORIOS

No hay ninguna diferencia significativa para utilizar modo controlado por volumen o presión, ni en metas de cumplimiento de oxigenación, ni días de ventilación mecánica ni tampoco en mortalidad. **Lo importante es mantener metas de protección pulmonar independientemente del modo ventilatorio que se utilice.**

Lo que recomienda la literatura es que el modo ventilatorio por volumen es el ideal en pacientes con crisis asmática o EPOC.

La diferencia entre un modo controlado por volumen a uno de presión son las siguientes:<sup>17</sup>

### Modo control/ Presión

1. PEEP
2. Presión inspiratoria
3. Frecuencia respiratoria
4.  $FI_{O_2}$
5. Sensibilidad o Trigger
6. Tiempo

### Modo controlado por presión

Tiene la ventaja de no sobrepasar un determinado límite de presión a nivel alveolar, durante el ciclo inspiratorio la suma de la presión inspiratoria más la PEEP es igual a la presión pico o máxima alcanzada en las vías aéreas.

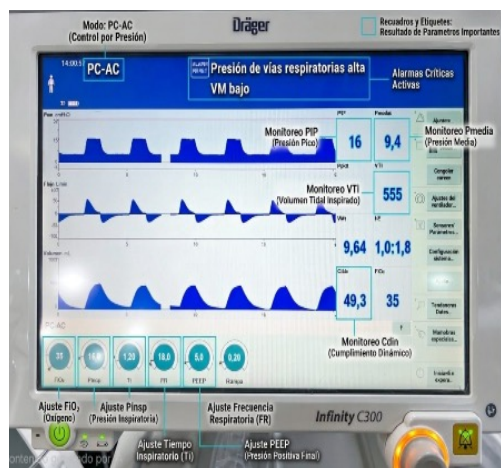


Figura 7. Pantalla del modo ventilatorio control por presión.

### Modo controlado por volumen

Tiene la ventaja de limitar un volumen corriente y volumen minuto deseado por el operador, desventaja las presiones de vía aérea serán variables de acuerdo a las resistencias de la vía aérea.<sup>17</sup>

### Modo control/ Volumen

1. PEEP
2. Volumen corriente
3. Frecuencia respiratoria
4.  $FiO_2$
5. Sensibilidad o Trigger
6. Flujo



Figura 8. Pantalla del modo ventilatorio control por volumen

### Ventilación APRV

1. **Presión alta**  
Presión meseta deseada 25-30  $cmH_2O$
2. **Presión baja**  
Se programa de manera inicial 0  $cmH_2O$
3. **Tiempo alto**  
De 4-6 segundos
4. **Tiempo bajo**  
0.2-0.8 Segundos enfermedad restrictiva  
0.8-1.5 Segundos enfermedad obstructiva

### Ventilación con liberación de la presión de la vía aérea APRV

Es una ventilación mecánica asistida limitada por presión, ciclada por tiempo, que le permite realizar al paciente esfuerzos ventilatorios durante todo el ciclo respiratorio a través de una válvula de exhalación.

Tiene varias ventajas sobre la ventilación convencional que incluyen el reclutamiento alveolar continuo, mejoría en la oxigenación, preservación de la **ventilación espontánea** y efectos potenciales de ventilación protectora.

Cuando a la presión positiva continua de la vía aérea se le agregan ventilaciones espontáneas existe disminución de incluso 7% de los cortocircuitos intrapulmonares y de 6% a 7% del espacio muerto fisiológico

reflejado en menores concentraciones arteriales de  $PaCO_2$  y niveles más altos de oxigenación, comparado con otros modos ventilatorios controlados por presión.<sup>18</sup>

### Ventilación con liberación de la presión de la vía aérea (APRV)

1. Presión alta
2. Presión baja
3. Tiempo alto
4. Tiempo bajo
5.  $\text{FIO}_2$
6. Sensibilidad

Una de las desventajas es el incremento del consumo de oxígeno por los músculos respiratorios incluso en un 25%, lo que sugiere que el incremento en la perfusión de los músculos respiratorios podría tener consecuencias adversas al afectar el flujo sanguíneo de los órganos vitales especialmente en un estado de choque.

### Ventilación mandatoria intermitente sincronizada SIMV

Es un tipo de ventilación mandatoria intermitente o sincronizada, este modo permite la sincronización entre respiraciones espontáneas y respiraciones asistidas por el ventilador, las cuales pueden ser limitadas por presión o por flujo. Su principal ventaja es que permite una fácil transición entre el soporte ventilatorio total y el destete. No se debe utilizar como prueba espontánea de respiración para destete de la ventilación mecánica.<sup>19</sup>

Los parámetros establecidos son similares a los del modo controlado, y la configuración puede ser controlada por volumen (SIMV-VC), controlada por presión (SIMV-PC). Sin embargo, con las respiraciones adicionales espontáneas, el paciente solo recibirá presión soporte.

#### SIMV/Control presión

1. PEEP
2. Presión inspiratoria
3. Frecuencia respiratoria
4.  $\text{FIO}_2$
5. Sensibilidad o Trigger
6. Tiempo inspiratorio
7. Presión soporte



#### SIMV/Control volumen

1. PEEP
2. Volumen corriente
3. Frecuencia respiratoria
4.  $\text{FIO}_2$
5. Sensibilidad o Trigger
- 6-Flujo
- 7-Presión soporte

Figura 8. Programación de la ventilación mandatoria intermitente sincronizada.

(CPAP) presión positiva continua de la vía aérea

1. PEEP
2. Presión soporte
3.  $\text{FIO}_2$
4. Sensibilidad o Trigger

### Modo espontáneo

Presión positiva continua de la vía aérea (CPAP) Es un modo de soporte parcial de la ventilación, en el cual el paciente recibe una presión constante de la vía aérea a lo largo de todo el ciclo respiratorio. El flujo de aire inspiratorio, frecuencia respiratoria y el volumen corriente son variables dependientes y determinados por el esfuerzo del paciente.

Por lo tanto, el paciente debe estar despierto, debe respirar espontáneamente durante este modo de ventilación, es el indicado para la prueba de ventilación espontánea para el destete de la ventilación mecánica.<sup>20</sup>





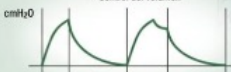






Figura 9. Pantalla del modo ventilatorio CPAP.

Independiente del modo ventilatorio programado lo que se tiene que mantener son las presiones de a vía aérea para evitar Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI). Otro de los puntos que se tiene que programar son las alarmas del ventilador las cuales tiene que ser determinadas por el operador para evitar VILI.

## GRÁFICAS DEL VENTILADOR

En el monitor del ventilador tenemos 3 gráficas que nos darán información del ciclo respiratorio del paciente.

1. Gráfica Presión/Tiempo
2. Gráfica Flujo/Tiempo
3. Gráfica Volumen/Tiempo

		Modo ventilatorio Control presión	Modo ventilatorio Control volumen
1	Presión/Tiempo 		
2	Flujo/Tiempo 		
3	Volumen/Tiempo 		

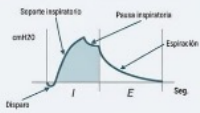
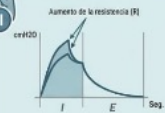
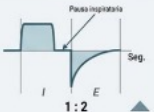
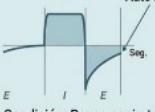
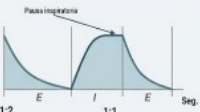

	ANÁLISIS DE LA PAUSA INSPIRATORIA (PRESIÓN MESETA)	Identificación de Patologías Respiratorias IDENTIFICACIÓN DE CONDICIONES PULMONARES
1		
2		
3		

Figura 10. Gráficas del ventilador.

## PRESIONES DE VÍAS AÉREAS

La ventilación mecánica genera a nivel de nuestras vías respiratorias una presión positiva para impulsar el volumen corriente e insuflar el pulmón. Al mismo tiempo se programa un (PEEP) presión positiva al final de la espiración con el objetivo de elevar la CRF. Estos cambios alteran la fisiología normal de la respiración, cambiar de presión negativa en la inspiración a presión positiva. Es por esta razón que la ventilación mecánica puede generar VILI (Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica). Por ejemplo: barotrauma, definido como el daño alveolar provocado por la existencia de una presión positiva exagerada a nivel de la membrana alveolocapilar, (presión pico o máxima  $< 35$  cmH<sub>2</sub>O). Volutrauma que es la lesión ocasionada en el pulmón por la sobre distensión alveolar originada por volumen corriente inspiratorio alto (Volumen corriente mayor de 8 mL/Kg de peso predicho). Atelectrauma la apertura cíclica de los alvéolos secundario a un volumen corriente disminuido menor 4 mL/kg de peso predicho.<sup>21</sup>

Por tal motivo tenemos que cuidar nuestras presiones de la vía aérea para evitar VILI independientemente del modo ventilatorio programado por el operador.

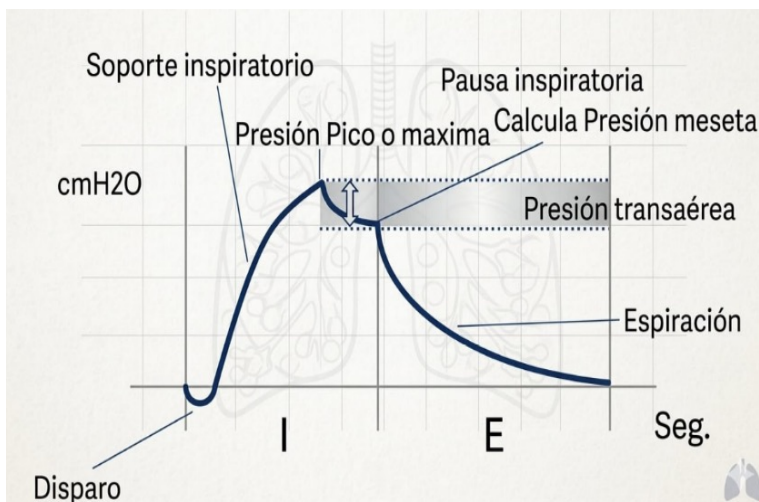


Figura 11. Gráfica de presiones de las vías aéreas

Presión transaérea = Presión máxima - Presión meseta = 3 cmH<sub>2</sub>O, mayor de 6 cmH<sub>2</sub>O se relaciona con incremento de las resistencias pulmonares.

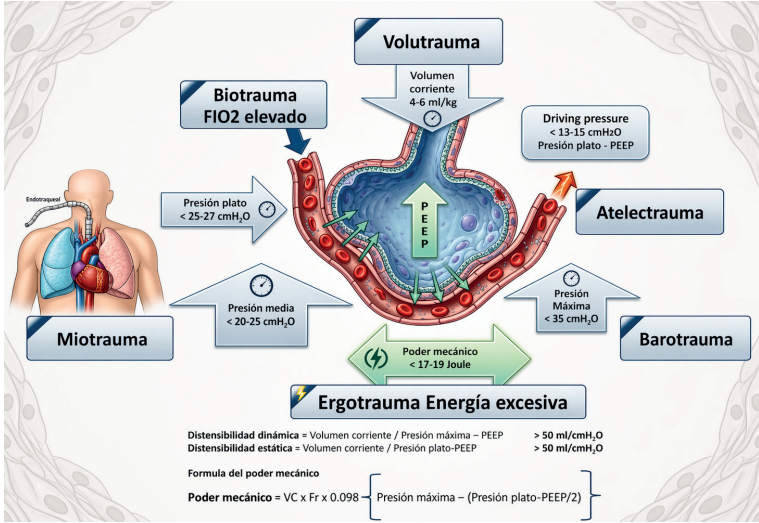


Figura 12. Parámetros de protección pulmonar.

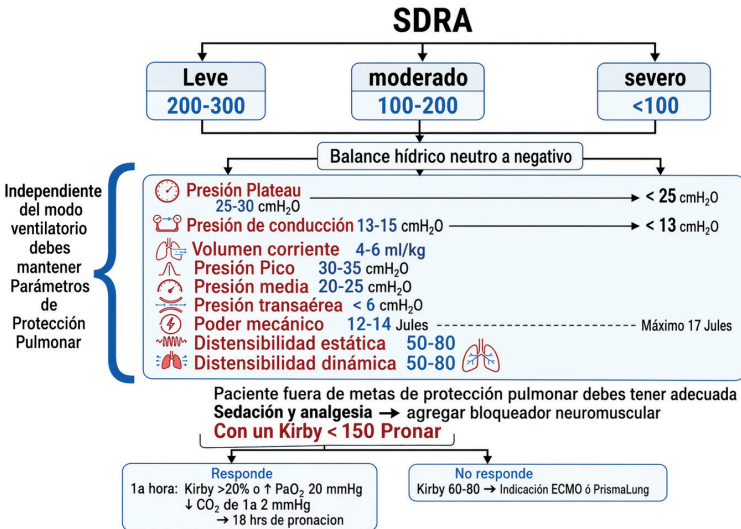


Figura 13. Tratamiento de ventilación mecánica en pacientes con SDRA.

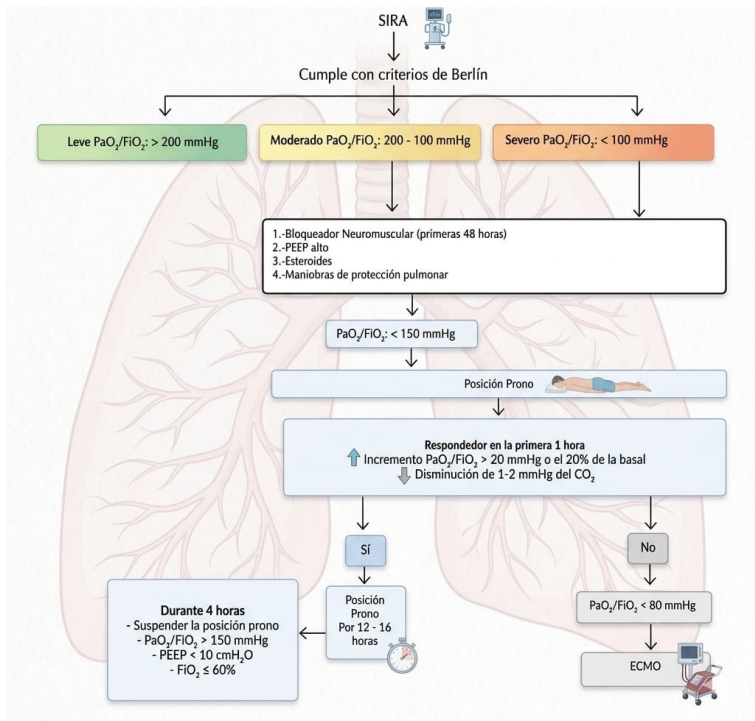


Figura 14. Tratamiento de ventilación mecánica en pacientes con SDRA.

## CRITERIOS DE EXTUBACIÓN

El retiro de la ventilación mecánica, conocido como weaning ventilatorio, implica la transición progresiva desde el soporte ventilatorio hacia la respiración espontánea efectiva, una vez que el paciente ha superado la causa que motivó la insuficiencia respiratoria. El weaning representa un desafío clínico debido a la interacción entre el sistema respiratorio, cardiovascular y neuromuscular. Una retirada precoz puede conducir a fracaso respiratorio y necesidad de reintubación, mientras que una prolongación innecesaria del soporte ventilatorio se asocia con complicaciones como neumonía asociada a ventilación mecánica, debilidad muscular y aumento en los costos de atención. Por ello, es fundamental contar con criterios clínicos, gasométricos y funcionales bien establecidos, así como con estrategias protocolizadas que permitan identificar

el momento óptimo para iniciar el proceso de destete. La evaluación sistemática mediante pruebas de respiración espontánea y el uso de índices predictivos han demostrado mejorar las tasas de éxito y reducir complicaciones. La pregunta inicial que debemos hacernos siempre es ¿Se resolvió la causa por la cual se intubó a mi paciente?

## PASOS DEL WEANING

### 1. Resolución de la causa de intubación

El primer paso consiste en determinar si el proceso fisiopatológico que condicionó la insuficiencia respiratoria ha sido controlado o se encuentra en franca mejoría. Esto implica valorar si han disminuido de manera sustancial la hipoxemia, la fatiga respiratoria, el compromiso del estado neurológico, el choque, la obstrucción de la vía aérea o cualquier otra condición que hubiese justificado la intubación orotraqueal. La sola mejoría gasométrica no es suficiente; la decisión debe integrarse con la evolución clínica global del paciente.<sup>1,3</sup>

### 2. Valoración neurológica

Desde el punto de vista neurológico, el paciente debe encontrarse despierto o tener una respuesta al estímulo externo, sin sedación profunda y con capacidad para interactuar con el explorador y el medio. Debe valorarse si sigue órdenes simples, si mantiene adecuada cooperación y si presenta un nivel de conciencia suficiente para proteger la vía aérea.

Lo verdaderamente relevante es que el paciente conserve reflejo tusígeno eficaz, adecuada deglución, manejo de secreciones y un estado neurológico compatible con protección de la vía aérea.<sup>3</sup>

En pacientes con sospecha de compromiso neuromuscular o neurológico, puede añadirse exploración dirigida de pares craneales y musculatura cervical. La valoración de fuerza para elevación de hombros, capacidad tusígena y datos indirectos de integridad bulbar puede aportar información útil.<sup>3</sup>

### 3. Valoración respiratoria

El componente respiratorio es el eje de la decisión. Debe confirmarse que el paciente puede respirar espontáneamente con bajo soporte ventilatorio, sin incremento importante del trabajo respiratorio y con intercambio gaseoso aceptable. De forma práctica, suele considerarse favorable contar con saturación arterial de oxígeno mayor de 90%-92%, PaO<sub>2</sub> mayor de 60 mmHg con FiO<sub>2</sub> de 0.4-0.5 o menor, y PEEP de 5-8 cmH<sub>2</sub>O o menor. Un índice PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> superior a 150-200 suele apoyar la factibilidad del destete, aunque no debe interpretarse como un umbral aislado ni inflexible.<sup>2,3</sup>

Asimismo, el paciente debe haber superado una prueba de respiración espontánea (SBT), generalmente de 30 a 120 minutos, realizada con pieza - T, CPAP o presión de soporte baja. Durante la SBT debe vigilarse la aparición de taquipnea progresiva, uso de músculos accesorios, desaturación, deterioro hemodinámico, aumento del esfuerzo ventilatorio, ansiedad intensa o alteración del estado mental, ya que estos hallazgos sugieren intolerancia a la prueba.<sup>2,3</sup>

Otras de las maniobras y pruebas que se deben de considerar son:

- **Índice de Yang y Tobin:** calculado mediante la fórmula frecuencia respiratoria / volumen corriente en litros (FR/VT). Tradicionalmente, un valor menor de 105 respiraciones/min/L se considera favorable; no obstante, existe una zona gris aproximada entre 80 y 105, mientras que valores menores de 80 suelen asociarse con mayor probabilidad de éxito
- **(P0.1) presión de oclusión de la vía aérea:** orienta sobre el impulso respiratorio del paciente; valores alrededor de 1 a 2 cmH<sub>2</sub>O suelen considerarse compatibles con un drive respiratorio adecuado; por el contrario, valores más elevados, particularmente por arriba de 3.5-4 cmH<sub>2</sub>O, se han asociado con mayor esfuerzo respiratorio y mayor riesgo de fracaso del destete o de extubación
- **Test de fuga:** cuando se realiza en forma cuantitativa, clásicamente se ha considerado sugestivo de mayor riesgo un volumen de fuga  $\leq 110$  mL del volumen corriente espirado, calculado a partir de la diferencia entre el volumen tidal inspiratorio y el volumen tidal espiratorio o del 20% del basal.

#### 4. Parámetros complementarios de éxito de destete

Existen parámetros clásicos que pueden apoyar la valoración, aunque ninguno debe sustituir el juicio clínico ni el resultado de la SBT. Entre ellos destaca el índice de Yang y Tobin o RSBI, tradicionalmente considerado favorable cuando es menor de 105 respiraciones/min/L. Sin embargo, la guía AARC 2024 enfatiza que su determinación no es indispensable para definir preparación para SBT, por lo que debe entenderse como una herramienta complementaria y no como requisito universal.<sup>2</sup>

La presión inspiratoria máxima o NIF/MIP también puede utilizarse para estimar fuerza muscular respiratoria; en términos generales, valores más negativos que -20 a -30 cmH<sub>2</sub>O apoyan una capacidad inspiratoria suficiente. Del mismo modo, una PaCO<sub>2</sub> sin tendencia ascendente significativa y un pH mayor de 7.30 sugieren mejor tolerancia al

retiro del soporte, siempre interpretados en función del contexto del paciente, particularmente en quienes presentan hipercapnia crónica.<sup>3</sup>

### 5. Ultrasonido diafragmático

El ultrasonido diafragmático puede emplearse como herramienta complementaria, sobre todo en pacientes con destete difícil, sospecha de debilidad diafragmática o ventilación prolongada. La excursión diafragmática y la fracción de engrosamiento pueden asociarse con mayor probabilidad de éxito de extubación.<sup>4</sup>

- Excursión diafragmática: mayor o igual a 10–12 mm durante respiración espontánea o durante la SBT aunque de forma general se toma mayor a 16 mm.
- Espesor diafragmático: al final de la espiración suele estar alrededor de 1.5–2.0 mm, aunque existe variación por sexo, talla y posición corporal.

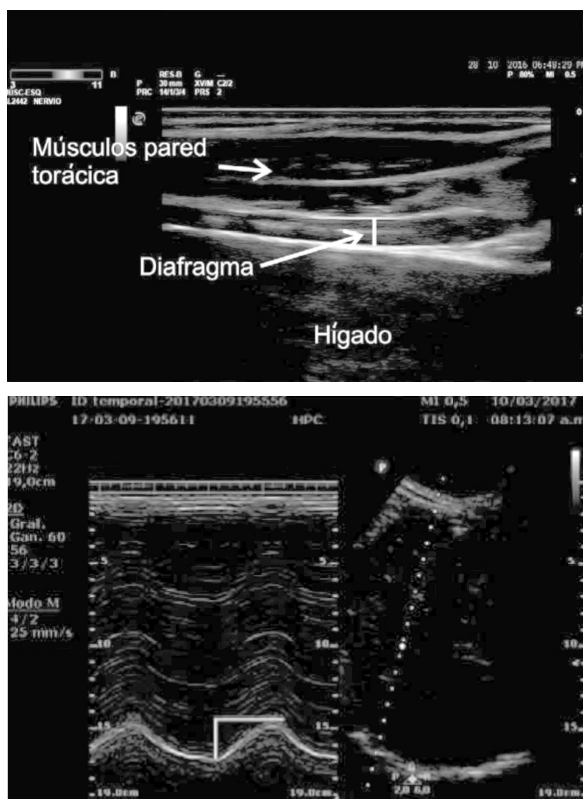


Figura 16.

## 6. Valoración hemodinámica

El paciente debe encontrarse hemodinámicamente estable, sin datos de choque no resuelto, sin hipoperfusión activa y sin necesidad creciente de vasopresores. La presencia de dosis bajas y estables de soporte vasoactivo (norepinefrina  $<0.1$  mcg/kg) no siempre contraindica la extubación, pero obliga a una valoración más cuidadosa. En términos prácticos, el retiro del ventilador suele ser más seguro cuando la estabilidad circulatoria es sostenida y no existe carga importante de trabajo cardíaco en aumento.<sup>3</sup>

## 7 Valoración hidroelectrolítica, renal y metabólica

En este apartado no conviene imponer una meta rígida universal de diuresis de 1.5 mL/kg/h, porque no corresponde a un criterio estándar validado para extubación. Lo correcto es valorar si existe perfusión renal adecuada, balance hídrico razonable y ausencia de sobrecarga de volumen que incremente el trabajo respiratorio.<sup>3</sup>

Deben corregirse alteraciones relevantes de sodio, potasio, calcio, magnesio y fósforo, ya que estas pueden comprometer la fuerza muscular respiratoria, en particular, la hipofosfatemia debe corregirse antes de la extubación, dado que se asocia con debilidad muscular respiratoria y mayor riesgo de fracaso del destete con valores menor a 1.5 mg/dL, la contracción diafragmática y la respuesta ventilatoria. En pacientes con obesidad, ascitis, cirugía abdominal, íleo o síndrome compartimental abdominal, puede ser pertinente valorar la presión intraabdominal, dado que una PIA elevada puede dificultar la mecánica ventilatoria y aumentar el riesgo de fracaso en el destete.<sup>3</sup>

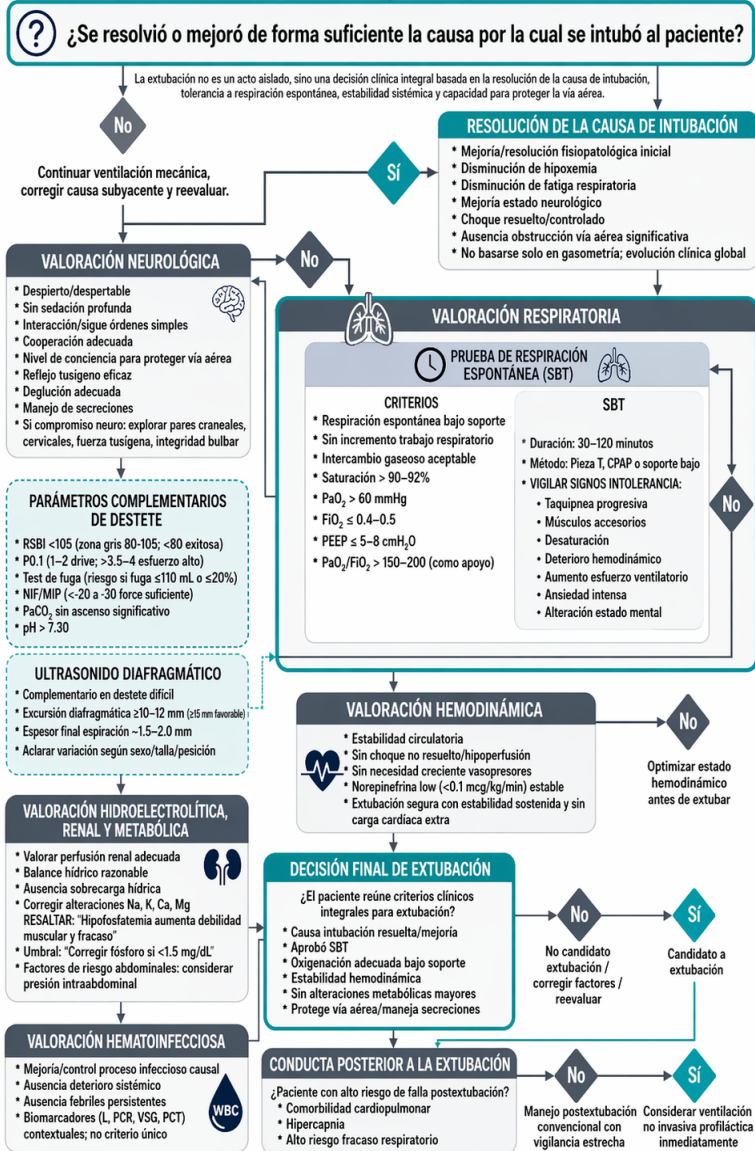
## 8. Valoración hematoinfecciosa

El componente hematoinfecciosa debe interpretarse de forma clínica y no exclusivamente laboratorial. Debe verificarse que el proceso infeccioso causal esté controlado o en clara mejoría, que no existan picos febriles persistentes inexplicados y que el paciente no curse con deterioro sistémico activo. Los leucocitos, la proteína C reactiva, la velocidad de sedimentación globular o la procalcitonina pueden ser útiles para contextualizar la evolución, pero no constituyen criterios aislados para decidir la extubación.<sup>1,3</sup>

## 9. Conducta posterior a la extubación

En pacientes con alto riesgo de falla postextubación que ya aprobaron la SBT, las guías ATS/CHEST recomiendan considerar ventilación no invasiva profiláctica inmediatamente después de la extubación, ya que esta estrategia puede reducir reintubación y mejorar desenlaces en grupos seleccionados.<sup>5</sup> Esta medida resulta especialmente relevante en pacientes con comorbilidad cardiopulmonar significativa, hipercapnia o riesgo elevado de fracaso respiratorio.<sup>5</sup>

# CRITERIOS DE EXTUBACIÓN



Los valores numéricos apoyan la decisión, pero no sustituyen la valoración clínica integral.

Figura 17.

## CONCLUSIÓN

Un paciente puede considerarse candidato a extubación cuando la causa que motivó la intubación se ha resuelto o mejorado suficientemente, ha tolerado una prueba de respiración espontánea, mantiene oxigenación adecuada con bajo soporte, presenta estabilidad hemodinámica, no tiene alteraciones metabólicas mayores que comprometan la respiración y conserva la capacidad de proteger la vía aérea y manejar secreciones. Los valores numéricos apoyan la decisión, pero no sustituyen la valoración clínica integral.<sup>1,3</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

1. Milic-Emili J. Applied Physiology in Respiratory Mechanics. Springer-Vcrlag; 1998. Pinsky MR, Brixhard L, Mancebo J. Applied Physiology in Intensive Care Medicine. Springer-Vcrlag; 2006.
2. Cairo JM. Establishing the need for mechanical ventilation. En: Pilbeam's Mechanical Ventilation: Physiological and Clinical Applications. 8th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2024. p. 47-61.
3. West JB. Fisiología Respiratoria. 7ª ed. F.ditorial Médica Panamericana; 2005.
4. West JB. Pulmonary Palhophysiology. 7ª ed. Williams & Wilkins; 2007
5. Sahiner Y. Indications for endotracheal intubation. En: Tracheal Intubation. London: IntechOpen; 2018. Sahiner Y. Indications for endotracheal intubation. En: Tracheal Intubation. London: IntechOpen; 2018.
6. Crimi C, Hess D. Principles of mechanical ventilation. In: Bigatello LM, editor. The critical care handbook of the Massachusetts General Hospital. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010a.
7. Wood S, Winters ME. Care of the intubated emergency department patient. J Emerg Med. 2011;40(4):419–27.
8. Mastoras, G., Gray, S.H. Just the facts: initiating mechanical ventilation in the emergency department. Can J Emerg Med 23, 601–603 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43678-021-00164-1>
9. Acho M, Lee AC, Burton W. Ventilators for nonintensivists. Basic ventilator parameters. ATS Sch. 2020.
10. Fan E, Brodie D, Slutsky AS. Acute respiratory distress syndrome: advances in diagnosis and treatment. JAMA. 2018;319(7):698–710.
11. Kacmarek RM, Branson RD. Should intermittent mandatory ventilation be abolished? Respir Care. 2016;61(6):854–66.
12. Van den Berg P, Jansen JRC, Pinsky MR: The effect of positive--pressure inspiration on venous return in volume loaded post--operative cardiac surgical patients. J Appl Physiol 2002;92:1223-1231.

13. Slama M, Masson H, Teboul JL, Arnould ML, Nait Kaoudjt R et al.: Monitoring of respiratory variations of aortic flow velocity using oesophageal Doppler. *Intens Care Med* 2004;30:1182--1187.
14. Reuter DA, Felbinger TW, Schmidt C, Kilger E, Goedje O et al.: Stroke volume variation for assessment of cardiac responsiveness to volume loading in mechanically ventilated patients after cardiac surgery. *Intens Care Med* 2002;28:392-398.
15. Singer BD, Corbridge TC. Basic invasive mechanical ventilation. *South Med J*. 2009 Dec;102(12):1238-45.
16. Archambault PM, St-Onge M. Invasive and noninvasive ventilation in the emergency department. *Emerg Med Clin North Am*. 2012;30(2):421-49. ix.
17. Serpa Neto A, Deliberato, R. O., Johnson, A., Bos, L. D., Amorim, P., Pereira, S. M., Cazati, D. C., Cordioli, R. L., Correa, T. D., Pollard, T. J., Schettino, G., Timenetsky, K. T., Celi, L. A., Pelosi, P., Gama de Abreu, M., Schultz, M. J., & PROVE Network Investigators (2018). Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive care medicine*, 44(11), 1914-1922.
18. Mosier JM, Hypes C, Joshi R, et al. Ventilator strategies and rescue therapies for management of acute respiratory failure in the emergency department. *Ann Emerg Med*. 2015;66:529-41.
19. Tobin M. Principles and practice of mechanical ventilation. 3rd ed. Beijing: McGraw-Hill; 2013.
20. ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al. Acute respiratory distress syndrome: the berlin definition. *JAMA*. 2012;307:2526-33.
21. Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med*. 2013;369:2126-36.
22. Mosier JM, Hypes C, Joshi R, et al. Ventilator strategies and rescue therapies for management of acute respiratory failure in the emergency department. *Ann Emerg Med*. 2015;66:529-41.



















