



# Máquinas de anestesia: Prevención, diagnóstico y gestión de averías

AUTOR: [Robert Loeb, MD](#)

EDITOR DE SECCIÓN: [Joyce A Wahr, MD, FAHA](#)

EDITOR ADJUNTO: [Nancy A Nussmeier, MD, FAHA](#)

---

Todos los temas se actualizan a medida que hay nueva evidencia disponible y nuestro [proceso de revisión por pares](#) se completa.

Revisión de la literatura vigente hasta: **noviembre de 2023**.

Este tema se actualizó por última vez: **24 de mayo de 2023**.

---

## INTRODUCCIÓN

Este tema discutirá estrategias para prevenir, diagnosticar y manejar los usos indebidos y mal funcionamiento más comunes y/o graves de la máquina de anestesia y sus sistemas de monitoreo integrados.

Un tema aparte describe la preparación de máquinas de anestesia para su uso durante la pandemia de COVID-19 y su reutilización como ventiladores de cuidados intensivos. (Ver "[COVID-19: Ventilación en cuidados intensivos con máquinas de anestesia](#)".)

Otros peligros relacionados con la anestesia y otros equipos en el quirófano (p. ej., lesiones eléctricas, quemaduras) se analizan en temas separados. (Consulte "[Seguridad del paciente en el quirófano](#)" y "[Seguridad contra incendios en el quirófano](#)".)

---

## PRINCIPIOS GENERALES

La atención anestésica se brinda utilizando una máquina de anestesia y monitores integrados (es decir, la estación de trabajo de anestesia ( [figura 1](#) , [figura 2](#) , [figura 3](#) , [figura 4](#) y [figura 5](#) )) que incluyen sistemas para:

- Mezclar una mezcla de precisión de gases respiratorios y anestésicos (máquina de anestesia y vaporizadores)
- Dispensar esos gases al paciente (sistema de respiración de anestesia)
- Proporcionar ventilación con presión positiva (ventilador de anestesia)
- Eliminación de gases residuales (sistema de eliminación de gases)
- Monitoreo de la función respiratoria y de la máquina (monitores de sistema integrados)

El mal uso o mal funcionamiento de la máquina de anestesia y sus monitores integrados se ha citado como la causa del 1 al 2 por ciento de las demandas cerradas que involucran al personal de anestesiología, siendo el mal uso del equipo de tres a cinco veces más frecuente que la falla del mismo [ 1,2 ].

---

## COMPROBACIÓN DE LA MÁQUINA DE ANESTESIA ESTANDARIZADA

**Procedimientos de verificación de la máquina de anestesia: principios generales** : los investigadores han observado que el cumplimiento meticuloso de las pautas publicadas para la verificación previa del equipo y la máquina de anestesia evitaría la mayoría de los incidentes críticos y demandas debido al mal uso o falla de la estación de trabajo de anestesia [ 1-4 ]. Sin un procedimiento de control formal, es probable que los proveedores de anestesia no detecten todos los problemas de la máquina. Un estudio prospectivo publicado en 1984 señaló que menos del 5 por ciento de una muestra de asistentes a una reunión de anestesia profesional pudo encontrar los cinco fallos creados intencionalmente en una máquina de anestesia (el número promedio de fallos detectados fue 2,2) [5] . En un estudio de seguimiento realizado en 2007, los asistentes encontraron un promedio de 3,1 de cinco fallos creados intencionalmente [ 6 ]. En particular, los participantes en estos estudios no utilizaron listas de verificación formales.

Varias organizaciones nacionales e internacionales han creado listas de verificación previas al uso de la estación de trabajo de anestesia. Las recomendaciones de verificación de máquinas de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos (ASA) se utilizan en los Estados Unidos (  [tabla 1](#)  ) [ 7 ]. En otros países se han publicado recomendaciones similares de verificación de estaciones de trabajo de anestesia (por ejemplo, la Asociación de Anestésistas de Gran Bretaña e Irlanda [AAGBI] y el Colegio de Anestésistas de Australia y Nueva Zelanda [ANZCA]) [ 8,9 ]. Las recomendaciones de la ASA son únicas ya que especifican que algunas comprobaciones pueden ser realizadas de forma rutinaria por personal de apoyo (p. ej., técnicos de anestesia) para garantizar el cumplimiento y reducir la carga de trabajo del médico.

Dado que ningún procedimiento de verificación único es aplicable a todas las máquinas, las recomendaciones de la ASA y otras sociedades profesionales están destinadas a servir como pautas generales y deben modificarse según sea necesario para los sistemas de administración

de anestesia disponibles en la práctica local, así como para la población de pacientes. . Por ejemplo, cuando se cuida a bebés de menos de 10 kg, es especialmente importante expandir las mangueras del sistema respiratorio antes de realizar la parte de compensación de cumplimiento de una autocomprobación [ 10 ].

Con los avances en la tecnología informática integrada, muchas estaciones de trabajo de anestesia nuevas realizan una comprobación automática previa al uso cuando están encendidas. Las indicaciones electrónicas en la pantalla de la estación de trabajo comunican pasos adicionales que el proveedor de anestesia debe realizar para completar las partes no automatizadas del procedimiento de verificación. En un estudio prospectivo, la proporción de casos en los que no se realizaron todos los pasos previos a la inducción necesarios disminuyó del 10 al 6,4 por ciento antes y después de la implementación de una lista de verificación computarizada de anestesia previa a la inducción [ 11 ].

**Verificación de la máquina de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos :** en los Estados Unidos, las recomendaciones de verificación de la máquina de anestesia de la ASA son las más utilizadas (  [tabla 1](#)  ). Estas directrices señalan 15 controles específicos que deben realizarse diariamente, y ocho de estos elementos se completan antes de comenzar la atención anestésica para cada paciente individual [ 7 ].

---

## ALARMAS DE LA ESTACIÓN DE ANESTESIA

En las tablas se muestran las alarmas para los problemas más comunes y/o graves de la máquina de anestesia, las posibles causas y las respuestas sugeridas por el médico:

- Alarma de pérdida de energía eléctrica (  [tabla 2](#)  )
- Alarma de presión de suministro de oxígeno (O<sub>2</sub>) (  [tabla 3](#)  )
- Descripción general de la alarma de apnea (  [tabla 4](#)  )
- Alarma de presión de apnea [ 12 ] (  [tabla 5](#)  y  [algoritmo 1](#)  )
- Alarma de flujo de apnea (  [tabla 6](#)  )
- Apnea-alarma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (  [tabla 7](#)  )
- Alarma de presión alta en las vías respiratorias (  [tabla 8](#)  y  [algoritmo 2](#)  )
- Alarma de presión continua en las vías respiratorias (  [tabla 9](#)  )
- Alarma de presión negativa en las vías respiratorias (  [tabla 10](#)  )
- Alarma de oxígeno inspirado bajo (  [tabla 11](#)  )
- Alarma de CO<sub>2</sub> inspirado alto (  [tabla 12](#)  y  [algoritmo 3](#)  )
- Alarma de agente anestésico de inspiración baja (  [tabla 13](#)  )

Estas alarmas son generadas por monitores integrados dentro de la estación de trabajo de anestesia. Es posible que no alerten al médico sobre una situación crítica si la alarma está desactivada, el volumen del sonido está demasiado bajo o la configuración del umbral para el parámetro monitoreado no es adecuada (lo que puede ocurrir si no se cambian las configuraciones para cada paciente individual). . (Consulte '[Mal funcionamiento de los monitores de anestesia integrados](#)' a continuación).

---

## MAL FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA DE ANESTESIA

Las estaciones de trabajo de anestesia son máquinas bien diseñadas que rara vez funcionan mal. Normalmente se utilizan a diario durante 10 a 20 años.

Las fugas y obstrucciones son las causas más comunes de problemas con los equipos de administración de anestesia [ 4 ]. La mayoría de los problemas con el funcionamiento de la máquina se pueden prevenir y es más probable que la causa principal sea un uso inadecuado que una falla franca del equipo [ 1-4,13 ].

**Pérdida de suministro eléctrico** : la alarma de pérdida de energía eléctrica advierte que el sistema está funcionando con batería ( [tabla 2](#) ).

- **Problemas potenciales** : las estaciones de trabajo de anestesia requieren energía eléctrica para monitores y alarmas, visualizaciones de pantalla y controles del ventilador. Además, las máquinas de anestesia más nuevas pueden tener ventiladores eléctricos, medidores de flujo de gas comprimido y vaporizadores para la administración de anestésicos volátiles. Por lo tanto, la funcionalidad de las estaciones de trabajo de anestesia se ve gravemente comprometida si falla la energía eléctrica, aunque todas tienen baterías de respaldo integradas que permiten el funcionamiento continuo durante un corto período de tiempo (típicamente, de 30 minutos a aproximadamente una hora).
- **Prevención** : la corriente alterna (CA) y la energía de la batería deben confirmarse durante la verificación previa al uso (elemento n.º 3) ( [tabla 1](#) ) (consulte '[Verificación de la máquina de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos](#)' más arriba). Los indicadores de fuente de energía en la estación de trabajo de anestesia muestran la presencia de energía de CA y de batería de respaldo.
- **Diagnóstico** : la primera señal obvia de falla de energía puede ser una alarma de pérdida de energía eléctrica o incluso el apagado completo de la estación de trabajo una vez que las baterías ya no proporcionan energía ( [tabla 2](#) ).

- **Respuesta** : todas las estaciones de trabajo de anestesia pueden admitir ventilación manual con oxígeno en caso de falla eléctrica total. Esto debe iniciarse mientras se busca la causa raíz del problema. En algunas estaciones de trabajo se utilizan para ello los controles y pantallas normales del caudalímetro; en otras máquinas, se deben utilizar controles y pantallas de caudalímetro mecánico de respaldo.

Las estrategias de solución de problemas por pérdida de electricidad se describen en la tabla ( [tabla 2](#) ). Los mal funcionamiento del suministro eléctrico incluyen pérdida de energía local debido a un fusible quemado, un disyuntor disparado o un interruptor de circuito de falla a tierra (GFCI) disparado (consulte "[Seguridad del paciente en el quirófano](#)", [sección sobre "Posibles lesiones físicas"](#) ). En un caso conocido por los autores, el equipo de mantenimiento del hospital cortó el suministro eléctrico al quirófano sin verificar que la sala no estuviera en uso.

También puede ocurrir una pérdida de energía más generalizada en un centro de atención médica o en la comunidad circundante. En los Estados Unidos, las estaciones de trabajo de anestesia sólo se utilizan en instalaciones con un generador de respaldo.

**Mal funcionamiento del suministro de gas comprimido** : el mal funcionamiento del suministro de gas comprimido debería activar mensajes de alarma para la presión del suministro de oxígeno y el nivel bajo de oxígeno inspirado ( [tabla 3](#) y [tabla 11](#) ).

- **Problemas potenciales** : las estaciones de trabajo de anestesia requieren una fuente de oxígeno comprimido y, por lo general, también hay disponibles otros gases respiratorios comprimidos (p. ej., aire, [óxido nitroso](#) [ $N_2O$ ]). Estos gases comprimidos se dispensan a través de tuberías y mangueras desde fuentes de instalaciones centrales. Si es necesario, también se pueden dispensar oxígeno y otros gases desde cilindros conectados a la estación de trabajo de anestesia.
  - Las fallas en las tuberías incluyen:
    - Presión inadecuada en la línea de gas
    - Gas incorrecto en la tubería [ [14](#) ]
    - Contaminación por partículas
    - Contaminación del agua (p. ej., en aire comprimido)
  - Las fallas de funcionamiento de las mangueras incluyen:
    - Desconexión
    - Conexión a la fuente de gas incorrecta
    - Fuga en la manguera

- Obstrucción de la manguera
- Las fallas del cilindro incluyen:
  - Cilindro vacío
  - Gas incorrecto en el cilindro [ 15 ]
  - Fijación del cilindro al yugo incorrecto
- Los fallos en las secciones de alta presión de la estación de anestesia (entre las entradas de gas comprimido y los caudalímetros) incluyen:
  - Filtración
  - Conexión cruzada al caudalímetro equivocado
  - Obstrucción
- **Prevención** : verifique que las presiones del gas en la tubería sean  $\geq 45$  y no  $> 55$  libras por pulgada cuadrada (psig) (equivalente a 310 a 380 kilopascales [kPa]), y que la presión sea adecuada en el manómetro del cilindro de oxígeno de repuesto montado en el dispositivo de anestesia. máquina ( [tabla 1](#) ). (Consulte '[Verificación de máquinas de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos](#)' más arriba).

Sería difícil detectar una administración incorrecta de gas debido a una mala conexión de la tubería de la tubería o a un cilindro que se llenó con el gas incorrecto. En particular, esta situación es muy rara, pero potencialmente devastadora. Esta es otra razón para calibrar el analizador de oxígeno como parte de la verificación previa al uso de la máquina de anestesia, asegurando así que el analizador de oxígeno lea un 21 por ciento del aire en la habitación y  $> 90$  por ciento cuando el sistema respiratorio se lava con oxígeno ( [tabla 1](#) ). El analizador de oxígeno es el único dispositivo que puede decirle definitivamente al anestesiólogo qué porcentaje de oxígeno se le está suministrando al paciente. (Consulte '[Prueba de máquina de anestesia estandarizada](#)' arriba y '[Analizador de oxígeno](#)' a continuación).

- **Diagnóstico** : solo hay una alarma por baja presión de suministro de oxígeno. Si la presión de suministro de cualquier gas es baja, la lectura del caudalímetro para ese gas será inferior a la configuración esperada, o incluso cero. Los manómetros de la estación de anestesia muestran las presiones de todos los gases comprimidos. Las tuberías deberían suministrar nominalmente gases a entre 45 y 55 psig (310 a 380 kPa). Un cilindro de oxígeno lleno tiene una presión de 2000 psig (13 790 kPa) y contiene 625 litros de oxígeno; sin embargo, los manómetros de los cilindros muestran la presión correcta sólo si el cilindro está abierto.

Una alarma de oxígeno inspirado (baja o alta) puede indicar una administración incorrecta de gas debido a una mala conexión en cualquier parte de la cadena de suministro de gas (p. ej., gas incorrecto en el cilindro, gas incorrecto en la tubería, manguera mal conectada). Se debe sospechar una administración incorrecta de gas siempre que las concentraciones de gas en estado estacionario en el circuito respiratorio sean dramáticamente diferentes de las previstas a partir de la configuración del medidor de flujo de gas comprimido.

- **Respuesta** : en caso de baja presión de suministro de oxígeno durante un caso, abra el cilindro de oxígeno, conserve el suministro de oxígeno de la máquina de anestesia (apague el medidor de flujo auxiliar si está en uso, reduzca el flujo de oxígeno del gas fresco, apague el ventilador accionado neumáticamente) y obtenga respaldo adicional cilindros.

En caso de que salga un gas incorrecto de la tubería de oxígeno, es de vital importancia desconectar la máquina de anestesia de la fuente de la tubería de oxígeno y abrir el cilindro de respaldo. Si el cilindro de respaldo se abre mientras la fuente de la tubería aún está conectada, el problema persistirá ya que los gases se extraen preferentemente de las tuberías en lugar de los cilindros (es decir, las presiones de los cilindros se reducen a  $\leq 45$  psig mediante un regulador dentro de la máquina de anestesia). Si la baja presión de suministro de oxígeno es un problema persistente, desconecte al paciente de la máquina de anestesia e inicie la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable conectado a un cilindro de oxígeno nuevo (consulte ' [Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación). No utilice el caudalímetro de oxígeno auxiliar en la estación de trabajo de anestesia ya que tiene la misma fuente de oxígeno que el circuito respiratorio de anestesia.

**Mal funcionamiento del medidor de flujo de gas comprimido** : no hay alarmas específicas para los medidores de flujo de gas comprimido (es decir, los medidores de flujo de gas fresco). El mal funcionamiento del medidor de flujo de gas comprimido puede activar la alarma de presión de apnea y la alarma de oxígeno inspirado bajo ( [tabla 5](#) y [tabla 11](#) ).

- **Problemas potenciales** : si bien muchas estaciones de trabajo nuevas tienen medidores de flujo electrónicos, algunas máquinas de anestesia nuevas y la mayoría de las más antiguas tienen medidores de flujo de vidrio ( [figura 3](#) ). Los caudalímetros de vidrio pueden ser más propensos a funcionar mal debido a problemas físicos (p. ej., contaminación, fugas, grietas) en comparación con los caudalímetros electrónicos.
- Mala calibración: todos los medidores de flujo están calibrados de fábrica para un gas específico en función de la densidad, la viscosidad y el calor específico de ese gas; por tanto, cualquier caudalímetro da lecturas incorrectas para otros gases. Los caudalímetros de vidrio constan de un tubo y un flotador que están calibrados como un

conjunto coincidente y registran lecturas incorrectas si no coinciden. Además, la contaminación por suciedad, aceite o agua y la acumulación de electricidad estática pueden provocar lecturas incorrectas.

- **Fuga:** los medidores de flujo pueden agrietarse, romperse o aflojarse, lo que resulta en una fuga en ese medidor de flujo y en cualquier medidor de flujo aguas arriba. Por esta razón, los medidores de flujo de oxígeno siempre están ubicados aguas abajo, de modo que no se pierda oxígeno a menos que la fuga esté en el medidor de flujo de oxígeno mismo ( [figura 6](#) ).
- **Prevención :** Las fallas de funcionamiento del medidor de flujo son muy raras con los medidores de flujo electrónicos y de vidrio instalados en las máquinas de anestesia más nuevas. Por este motivo, las comprobaciones del funcionamiento del caudalímetro se han eliminado de las recomendaciones estándar de verificación de máquinas de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos (ASA) [ 7 ].
- **Diagnóstico :** una fuga en un medidor de flujo se detecta fácilmente con una prueba de fuga de presión negativa previa al uso. En esta prueba, con todos los flujos de gas comprimido establecidos en cero, se conecta una pera de succión a la salida de gas común de la máquina de anestesia y se aprieta repetidamente hasta que colapsa ( [imagen 1](#) ). El bulbo no permanecerá colapsado si hay una fuga en algún componente de baja presión interno de la máquina de anestesia, que incluye los medidores de flujo. Una fuga en el sistema respiratorio circular puede alertar al médico sobre una fuga en el medidor de flujo ( [tabla 5](#) ), mientras que concentraciones inesperadas de gas en el circuito respiratorio pueden alertar al médico sobre una fuga en el medidor de flujo o un problema de calibración ( [tabla 11](#) ).

Sin embargo, esta prueba de fugas con pera de succión no detectará todas las fugas que pueden ocurrir dentro de la máquina de anestesia. Dependiendo del diseño de la máquina, pueden ocurrir ciertos tipos de fugas en los componentes que están encerrados en el interior de la máquina y son inaccesibles para los médicos [ 16 ]. También es importante comprobar si hay fugas presurizando el sistema respiratorio, como se explica a continuación. (Consulte '[Fuga en el sistema de respiración](#)' a continuación).

- **Respuesta :** si se ve agua en el medidor de flujo de vidrio, se observan grietas en los medidores de flujo de vidrio durante la revisión de la máquina de anestesia o se sospecha que las lecturas del medidor de flujo son inexactas, entonces la máquina debe ponerse fuera de servicio para corregir el problema ( [tabla 1](#) ).

Durante un caso, si no se puede mantener la presión en el circuito respiratorio o no se pueden controlar las concentraciones de gas en el circuito respiratorio, inicie la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar hasta que haya una nueva máquina de anestesia disponible. . (Consulte 'Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación' a continuación).

**Mal funcionamiento de la válvula de cierre (a prueba de fallas) del sistema proporcional o del sensor de presión** : el mal funcionamiento del sistema proporcional o de la válvula de cierre del sensor de presión (también llamada válvula a prueba de fallas) podría activar una alarma de nivel bajo de oxígeno inspirado ( [tabla 11](#) ).

- **Problemas potenciales** : cada estación de trabajo de anestesia tiene componentes para evitar la administración de una mezcla de gases hipóxicos. Un sistema dosificador ( [figura 3](#) ) evita que el usuario establezca una mezcla hipóxica de oxígeno y [óxido nitroso](#) . Un mecanismo de cierre del sensor de presión independiente corta automáticamente el flujo de N<sub>2</sub>O si se pierde la presión del suministro de oxígeno. Pueden ocurrir fallas mecánicas raras en estos componentes que permitirían la administración de una mezcla de gases hipóxicos.
- **Prevención** : para probar el funcionamiento del sistema dosificador durante la verificación previa al uso de la máquina, intente crear una mezcla hipóxica aumentando el flujo de N<sub>2</sub>O mientras el medidor de flujo de oxígeno está apagado. Un sistema dosificador en funcionamiento mantendrá cerrado el flujo de N<sub>2</sub>O o activará automáticamente el flujo de oxígeno, según el fabricante de la estación de trabajo.

Para probar el funcionamiento del mecanismo de cierre del sensor de presión durante la verificación previa al uso de la máquina, cierre el cilindro de oxígeno de respaldo y desconecte el conector de la tubería de oxígeno mientras todos los gases (p. ej., oxígeno, aire, N<sub>2</sub>O) estén fluyendo. Un mecanismo en funcionamiento disminuirá o cerrará automáticamente el flujo de N<sub>2</sub>O y, en algunas estaciones de trabajo, también cerrará el flujo de aire, en sincronía con la disminución del flujo de oxígeno.

La falla o el mal funcionamiento de estos componentes internos es poco común. Por este motivo, las pruebas del sistema dosificador y la función de la válvula de cierre del sensor de presión se han eliminado de las Recomendaciones de verificación de la máquina de anestesia ASA ( [tabla 1](#) ).

- **Diagnóstico** : se sospecha un mal funcionamiento del sistema dosificador o de la válvula de cierre del sensor de presión si se observa una fracción de oxígeno inspirado (FiO<sub>2</sub>) inferior a la esperada durante la verificación previa al uso de la máquina.

Durante un caso, la  $FiO_2$  es predeciblemente menor que la  $FiO_2$  establecida siempre que el flujo de gas fresco sea menor que el volumen minuto del paciente, debido a la reinhalación. Con flujos de gas fresco muy bajos, esto puede resultar en niveles de oxígeno inspirado hipóxico dentro del sistema respiratorio, independientemente del funcionamiento de los sistemas de cierre del sensor de presión y dosificación [ 17 ]. Por lo tanto, el flujo de gas fresco debe aumentarse como primer paso si la  $FiO_2$  es menor que el valor establecido, en lugar de asumir que puede haber un sistema dosificador o un mal funcionamiento de la válvula a prueba de fallas.

- **Respuesta** : si se detecta un mal funcionamiento de una válvula a prueba de fallas o de un sistema dosificador, se debe sacar la máquina de servicio para corregir el problema.

Estos componentes son dispositivos de seguridad inactivos que solo se activan en situaciones específicas. No afectan el funcionamiento normal de la estación de anestesia. Si solo se administra oxígeno, la estación de trabajo se puede utilizar durante el resto del caso en el improbable caso de que se detecte dicho mal funcionamiento después de comenzar la administración de anestesia.

**Mal funcionamiento del vaporizador** : el mal funcionamiento del vaporizador puede activar la alarma de presión de apnea y la alarma de nivel bajo de agente anestésico inspirado ( [tabla 5](#) y [tabla 13](#) ).

- **Problemas potenciales** : pueden producirse fallos de funcionamiento del vaporizador debido a errores humanos durante el llenado o la instalación. Aunque las estaciones de trabajo de anestesia más nuevas tienen procedimientos automatizados de verificación de fugas, estos no verifican si hay una fuga en el vaporizador o en el colector del vaporizador a menos que el control del vaporizador esté en la posición "encendido".

Los vaporizadores más nuevos tienen funciones para evitar errores. Todos tienen sistemas de llenado con llave que disuaden de recargar el vaporizador con el agente incorrecto; muchos tienen sistemas de llenado que contienen una válvula unidireccional que no gotea cuando se deja abierta. Es poco probable que los vaporizadores de inyección, como todos los que utilizan [desflurano](#) y los que inyectan anestésicos líquidos en la corriente de flujo de gas fresco, tengan fugas. Algunos vaporizadores emiten una alarma cuando están vacíos.

Los errores comunes de los usuarios incluyen:

- No recargar el vaporizador
- Recargar el vaporizador con el agente incorrecto [ 18 ]

- No cerrar el puerto de llenado, lo que provoca una fuga en el sistema de respiración (consulte '[Fuga en el sistema de respiración](#)' a continuación)

Otro error del usuario es no encender el vaporizador (por ejemplo, después del transporte de un paciente intubado inconsciente al quirófano), lo que resulta en la conciencia y el recuerdo del procedimiento quirúrgico. No existe una alarma estándar que advierta de la ausencia de un agente anestésico volátil [ 19 ].

Los vaporizadores los instala el anestesista, el técnico o el asistente en la estación de trabajo de anestesia. Pueden ocurrir errores de instalación debido a:

- Asentamiento inadecuado de un vaporizador compatible en el colector de la máquina de anestesia (p. ej., sin junta tórica o torcido)
- Instalación de un vaporizador incompatible con la máquina de anestesia
- Instalación de un vaporizador de manera que anule el mecanismo de bloqueo que normalmente impide encender más de un vaporizador a la vez (por ejemplo, si se montan dos vaporizadores en un colector que normalmente tiene capacidad para tres vaporizadores, con un espacio en el medio)

Las verdaderas fallas del vaporizador incluyen:

- Salida de concentraciones muy altas debido a vuelco o impacto mecánico [ 20 ]
  - Error de calibración menor debido al efecto de bombeo o efectos del flujo de gas fresco
  - Fugas
  - Fallo eléctrico o fallo de control electrónico [ 21 ]
  - Fallo mecánico del mecanismo de bloqueo del vaporizador.
- **Prevención** : un paso crucial previo al uso en la verificación de la máquina de anestesia es garantizar que todos los vaporizadores estén llenos, cerrados y sin fugas. Además, la verificación de fugas, ya sea durante la verificación automática de la estación de trabajo de anestesia o usando una pera de succión, requiere verificar si hay una fuga con cada vaporizador activado (uno a la vez). Además, se pueden establecer ajustes de alarma para concentraciones altas y bajas del agente anestésico inspirado ( [tabla 13](#) ).
  - **Diagnóstico** : Es más probable que el mal uso y el mal funcionamiento del vaporizador provoquen una producción de anestésico volátil demasiado baja que demasiado alta. Una concentración baja del agente anestésico inspirado puede provocar conciencia, así como signos de profundidad anestésica "ligera" (p. ej., movimiento del paciente, taquicardia, hipertensión, sudoración) y/o una alarma de nivel bajo del agente anestésico inspirado ( [tabla 13](#) ) (consulte "[Conciencia accidental durante la anestesia general](#)", sección sobre

'Concentración del anestésico al final de la espiración' ). Un vaporizador abierto o con fugas creará una fuga en el circuito respiratorio que se produce tan pronto como se enciende el vaporizador ( [tabla 5](#) ).

- **Respuesta** : El problema puede resolverse si se encuentra y repara un vaporizador vacío o con la tapa floja, o si se puede volver a montar correctamente el vaporizador. Los vaporizadores se pueden quitar fácilmente para que un vaporizador defectuoso pueda retirarse del servicio para su reparación. En tales casos, el cuidado anestésico se puede continuar con un vaporizador de repuesto, o con un vaporizador diferente ya montado en la estación de trabajo, o con la administración de agentes intravenosos.

Si una fuga grande no se resuelve después de retirar el vaporizador, suspenda el uso de la estación de anestesia e inicie la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar. (Consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación).

**Mal funcionamiento del sistema de respiración circular** : en los Estados Unidos, la mayoría de los anestésicos generales se administran con un sistema de respiración circular ( [figura 4](#) , [figura 2](#) y [figura 5](#) ). En un sistema circular pueden ocurrir tanto fugas como obstrucciones.

**Fuga en el sistema respiratorio** : una fuga importante en el sistema respiratorio debería activar una alarma de apnea: alarma de presión de apnea, flujo de apnea y/o alarma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de apnea ( [tabla 4](#) , [tabla 5](#) , [tabla 6](#) y [tabla 7](#) ). El algoritmo proporciona una respuesta sistemática a una alarma de presión de apnea ( [algoritmo 1](#) ).

- **Problemas potenciales** : una fuga importante en el sistema respiratorio (o una desconexión) es un mal funcionamiento importante que impide la ventilación con presión positiva y el suministro de gas anestésico [ 12 ]. Las fugas pequeñas y moderadas pueden superarse aumentando el flujo de gas fresco, pero pueden provocar contaminación del quirófano por gas anestésico. Pueden ocurrir fugas en muchas ubicaciones del sistema respiratorio, incluidas:

- Grietas en tubos desechables
- Sitios de conexión de tubos sueltos
- Línea de muestra del analizador de gas suelta o agrietada
- Sensor de oxígeno mal colocado
- Recipiente absorbente de CO<sub>2</sub> agrietado o mal asentado [ 22 ]
- Carcasa de válvula unidireccional agrietada o suelta
- Agujero en la bolsa de depósito
- Válvula limitadora de presión ajustable (APL o "pop-off") incompetente

- Fugas o desconexiones internas de la máquina de anestesia (p. ej., caudalímetros, tubos, vaporizadores)
- **Prevención** : muchas máquinas de anestesia comprueban si hay una fuga en el circuito durante la autopruueba. Se puede realizar una prueba rápida de fuga del circuito manual ocluyendo la pieza en Y y presurizando el sistema respiratorio presionando el flujo de oxígeno con la bolsa reservorio adjunta. Sin embargo, esta prueba de fuga del circuito es relativamente insensible a fugas pequeñas (p. ej., <100 ml/minuto con una presión generada de 30 cmH<sub>2</sub>O) y no detecta fugas internas en algunas máquinas de anestesia.

Por lo tanto, en las máquinas de anestesia que no realizan una prueba de fugas automatizada, empleamos un método más sensible para detectar fugas. Esto implica retirar la bolsa de depósito y ocluir el circuito tanto en la pieza en Y como en el sitio de conexión de la bolsa de depósito, y luego presurizar el sistema respiratorio aumentando lentamente el flujo de oxígeno. Con esta prueba, la tasa de fuga es la tasa de flujo de oxígeno en el punto donde la presión del circuito permanece estable en 30 cmH<sub>2</sub>O. Este método también prueba fugas internas en la máquina de anestesia que se encuentran aguas abajo de los medidores de flujo, incluidas las causadas por un vaporizador de anestésico con un dial que está encendido (consulte '[Mal funcionamiento del vaporizador](#)' más arriba). Una fuga >50 ml/min a 30 cmH<sub>2</sub>O debe incitar a buscar el origen de la fuga.

En particular, las máquinas más nuevas tienen pocas conexiones visibles a la salida de gas fresco, al ventilador, al sistema de eliminación o a los analizadores de presión y flujo de las vías respiratorias. Por lo tanto, existe un bajo riesgo de mala conexión, que históricamente fue una fuente relativamente común de mal funcionamiento del sistema de suministro de gas [ 23 ]. Estas máquinas de anestesia más nuevas utilizan métodos sensibles durante la verificación automática previa al uso para medir cualquier fuga del sistema respiratorio y el cumplimiento del sistema. Si bien el método específico depende de la marca y el modelo de la estación de anestesia, en la mayoría de los casos el circuito respiratorio se presuriza con la bolsa reservorio en su lugar y la máquina ajusta el flujo de gas hacia el circuito respiratorio para mantener una presión estable en el circuito según lo medido por un medidor electrónico sensible. Sin embargo, como se señaló anteriormente, estas verificaciones automáticas previas al uso de la máquina no detectarán una fuga en el vaporizador o su colector a menos que se repitan con cada vaporizador encendido. (Consulte '[Mal funcionamiento del vaporizador](#)' más arriba).

- **Diagnóstico** : una fuga grande se manifiesta como una bolsa reservorio vacía o fuelles del ventilador (con imposibilidad de ventilar debido a la fuga de gases respiratorios), así como el sonido de alarmas de apnea ( [tabla 6](#) y [tabla 7](#) y [tabla 4](#) y [tabla 5](#) ). Durante la

administración de anestésicos, las nuevas fugas en el sistema respiratorio se deben con mayor frecuencia a un sellado imperfecto o una desconexión alrededor del dispositivo de vía aérea del paciente (p. ej., mascarilla, vía aérea con máscara laríngea [LMA] o tubo endotraqueal [ETT]). Después de descartar rápidamente esta causa más común, se deben verificar rápidamente los posibles problemas enumerados anteriormente (por ejemplo, orificio en el tubo del sistema respiratorio, desconexión del tubo, vaporizador abierto o con fugas).

- **Respuesta** : cambie a ventilación manual, llene el circuito respiratorio con oxígeno o flujos elevados de gas fresco, busque una desconexión del circuito respiratorio y desconecte brevemente al paciente del circuito respiratorio para realizar una prueba de fuga del circuito, como se describe anteriormente. Si la causa no se encuentra y soluciona inmediatamente, suspenda el uso de la estación de anestesia e inicie la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar. (Consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación).

Los sistemas de respiración desacoplados de gas fresco, que se encuentran en las modernas máquinas de anestesia Dräger (es decir, Draeger) ( [figura 5](#) y [figura 7](#) ), no presurizan el recipiente absorbente ni la bolsa reservorio durante la ventilación mecánica. Si se produce una fuga grande en el recipiente o falta la bolsa de depósito, se puede ventilar mecánicamente al paciente, pero se arrastrará aire ambiental [ [22,24](#) ].

**Obstrucción del sistema respiratorio** : la obstrucción del sistema respiratorio es un mal funcionamiento poco común pero grave ( [tabla 4](#) , [tabla 5](#) , [tabla 6](#) y [tabla 7](#) ).

- **Problemas potenciales** : puede ocurrir una obstrucción debido a un error del usuario, mal funcionamiento de una válvula unidireccional, defectos en la manguera del sistema respiratorio o en el recipiente absorbente de  $\text{CO}_2$  .
- **Prevención** : un paso crucial en la revisión de la máquina de anestesia antes de su uso es verificar que el gas fluya correctamente a través del sistema respiratorio tanto durante la inspiración como la exhalación ( [tabla 1](#) ). Esto se logra conectando una segunda bolsa reservorio en el sitio de conexión de la pieza en Y del paciente para que sirva como "pulmón de prueba" y luego asegurando que las respiraciones se puedan administrar tanto manualmente como con el ventilador de la máquina de anestesia sin evidencia de obstrucción que se manifieste como incapacidad para respirar. inflar el pulmón de prueba, presión alta en las vías respiratorias o vaciado lento del pulmón de prueba.

- **Diagnóstico** : la obstrucción se manifiesta como la incapacidad de ventilar manualmente debido a una obstrucción del flujo de aire (o un fuelle del ventilador que no se mueve), así como el sonido de alarmas de apnea ( [tabla 6](#) y [tabla 7](#) y [tabla 4](#) y [tabla 5](#) ), y a veces alta o alarmas continuas de presión en las vías respiratorias ( [tabla 8](#) y [tabla 9](#) ), dependiendo del sitio de la obstrucción.

El diagnóstico debe descartar la obstrucción por problemas relacionados con el paciente, que son más comunes. Los ejemplos incluyen broncoespasmo, intubación endobronquial o un problema con el TET, como torceduras o tapones mucosos.

- **Respuesta** : verifique si hay errores del usuario que puedan obstruir el sistema respiratorio (p. ej., un tapón oclusivo que se dejó en el puerto inspiratorio durante el procedimiento de verificación previo al uso ( [imagen 2](#) ), absorbente de CO<sub>2</sub> que se colocó en el recipiente absorbente sin desenvolver el producto, envoltorio de tubo desechable que queda atrapado en un sitio de conexión, inserción hacia atrás de una válvula de presión positiva al final de la espiración [PEEP] unidireccional en el circuito respiratorio). Además, verifique si hay evidencia visual de una válvula unidireccional que podría estar atascada en la posición cerrada o un defecto de fabricación que afecte la permeabilidad del tubo desechable. Durante los casos prolongados, el agua puede acumularse en las mangueras del circuito respiratorio o en el recipiente absorbente [ [25](#) ], provocando una obstrucción de bajo grado o una PEEP inadvertida.

Si la causa no se encuentra y soluciona inmediatamente, suspenda el uso de la estación de anestesia e inicie la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar. (Consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación).

**Agotamiento o toxicidad del absorbente de dióxido de carbono** : la absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se utiliza en todos los sistemas respiratorios circulares ( [figura 4](#) , [figura 2](#) y [figura 5](#) ) para prevenir la hipercapnia debida a la reinhalación de CO<sub>2</sub> en el gas previamente exhalado [ [26](#) ]. Todos estos absorbentes contienen hidróxido de calcio, que finalmente reacciona con el CO<sub>2</sub> para producir [carbonato de calcio](#) . Los tipos más antiguos de absorbentes (p. ej., Baralyme, cal sodada) contienen bases fuertes (p. ej., hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de bario), que aceleran este proceso al reaccionar con CO<sub>2</sub> para formar un carbonato. Estas bases fuertes también pueden reaccionar con anestésicos volátiles para formar sustancias tóxicas.

Los tipos más nuevos de absorbentes (p. ej., Amsorb, LoFloSorb, SpiraLith) no contienen bases tan fuertes y, por lo tanto, no reaccionan con agentes anestésicos volátiles.

- **Problemas potenciales**

- **Agotamiento** : no cambiar el absorbente cuando está agotado provoca una reinhalación de CO<sub>2</sub> e hipercapnia. Los absorbentes se agotan más rápidamente si los caudales de gas fresco son bajos [ 27 ]. Los absorbentes se vuelven menos alcalinos a medida que absorben dióxido de carbono y un indicador colorimétrico de pH incorporado cambia de color a púrpura, lo que indica que el absorbente está agotado. En particular, la cal sodada vuelve a ponerse blanca durante los períodos de inactividad aunque siga agotada. Una alternativa al uso del indicador para guiar cuándo cambiar el absorbente es cambiar el absorbente cuando la concentración de CO<sub>2</sub> inspirado alcanza alrededor de 5 mmHg o 0,5 por ciento o 0,5 KPa, dependiendo de las unidades que se utilicen [ 28 ]. Si bien un aumento lento en la concentración de CO<sub>2</sub> inspirado generalmente indica absorbente agotado, existen otras causas de CO<sub>2</sub> inspirado alto , como se detalla en la tabla ( [tabla 12](#) y [algoritmo 3](#) ) [ 26 ].

Un riesgo asociado con el cambio de un recipiente absorbente durante su uso es que se puede introducir una fuga involuntaria si el recipiente está agrietado [ 22 ]. Un método temporal para superar los niveles crecientes de CO<sub>2</sub> inspirado debido al absorbente agotado es aumentar el caudal de gas fresco hasta que se pueda cambiar el absorbente.

- **Reacción con agentes anestésicos volátiles** : los absorbentes de cal hidróxido de bario y cal sodada contienen bases fuertes que reaccionan con agentes anestésicos volátiles, particularmente cuando el absorbente se seca. La desecación absorbente ocurre cuando se deja fluir gas fresco hacia el sistema respiratorio durante períodos de inactividad, especialmente si la bolsa de depósito no está colocada. Todos los anestésicos volátiles pueden descomponerse para producir monóxido de carbono ( [desflurano](#) > [isoflurano](#) > [sevoflurano](#) ) y calor. La reacción del sevoflurano con cal hidróxido de bario desecada ha producido suficiente calor para provocar la combustión dentro del recipiente absorbente [ 29,30 ] (consulte "[Seguridad contra incendios en el quirófano](#)", sección sobre "[Otras fuentes potenciales de ignición](#)" ). Debido a estas preocupaciones, Baralyme ha sido retirado del mercado estadounidense.

Además, [el sevoflurano](#) puede descomponerse en cal sodada desecada para producir el Compuesto A, que es nefrotóxico en ratas. Sin embargo, no se ha observado toxicidad renal clínicamente significativa en humanos (consulte "[Mantenimiento de la anestesia general: descripción general](#)", sección sobre "[Sevoflurano](#)" ). Independientemente, el prospecto del paquete de sevoflurano (por mandato de la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU. [FDA]) establece que se deben usar flujos de gas fresco de al menos 2 litros por minuto en casos de más de dos horas de duración para limitar la

exposición al Compuesto A. En nuestra práctica, El sevoflurano se administra a flujo bajo con absorbentes (p. ej., Amsorb, LoFloSorb, SpiraLith) que no contienen bases fuertes.

Debido a estas posibles reacciones, en muchas instituciones se utilizan absorbentes menos reactivos.

- **Polvo** : los absorbentes pueden liberar polvo en el sistema respiratorio que puede depositarse en las válvulas y provocar que fallen con el tiempo [ 31 ].

## • **Prevención**

- **Agotamiento** – Se debe verificar el color del absorbente durante la verificación previa al uso y al final de cada caso. Si es violeta, morado o azul, en lugar de blanco, entonces el absorbente debe reemplazarse antes de la caja ( [tabla 1](#) ), a menos que esté en un recipiente de conexión rápida. Algunas estaciones de trabajo de anestesia tienen recipientes absorbentes de conexión rápida diseñados para intercambiarse durante un caso de anestesia, de modo que sea seguro continuar usando temporalmente el absorbente parcialmente agotado, hasta que el  $\text{CO}_2$  inspirado alcance algún valor umbral (típicamente 5 mmHg).
- **Reacción con agentes anestésicos volátiles** : dado que no existe una manera fácil de identificar la desecación del absorbente de  $\text{CO}_2$  , se debe cambiar el recipiente si el anestesista o el técnico nota que el flujo de gas comprimido (p. ej., oxígeno, aire o flujo de  $\text{N}_2\text{O}$ ) se ha interrumpido. dejado encendido durante un período en el que la estación de trabajo de anestesia no estaba en uso. Los absorbentes de baja alcalinidad pueden cambiar de color cuando se desecan, pero aún así son seguros de usar [ 32 ].

## • **Diagnóstico**

- **Agotamiento : el  $\text{CO}_2$  inspirado alto** será evidente en el capnómetro, un estándar de monitoreo de anestesia que puede integrarse en la estación de trabajo de anestesia. Si se configura correctamente, una alarma de  $\text{CO}_2$  inspirado alto alerta al médico sobre el absorbente de  $\text{CO}_2$  agotado ( [tabla 12](#) ). El diagnóstico se confirma si el problema desaparece después de aumentar el flujo de gas fresco.
- **Reacción con agentes anestésicos volátiles** : no existe una manera fácil de probar la presencia de monóxido de carbono o Compuesto A en el circuito respiratorio, pero puede haber otros signos de degradación del anestésico, como baja concentración del agente en el sistema respiratorio, alta temperatura del recipiente absorbente, o cambio de color del absorbente en el extremo opuesto de donde normalmente cambia de color [ 32 ]. Aunque el paciente expuesto a altos niveles de monóxido de carbono tendrá

niveles altos de carboxihemoglobina medidos mediante cooximetría, los signos de intoxicación por monóxido de carbono en un paciente anestesiado suelen ser demasiado sutiles para detectarlos.

- **Respuesta**

- **Agotamiento** : si se sospecha agotamiento del absorbente, aumente inmediatamente el caudal de gas fresco para reducir la reinhalación hasta que la concentración de CO<sub>2</sub> inhalado caiga por debajo de 5 mmHg y aumente la ventilación minuto según sea necesario para reducir el CO<sub>2</sub> exhalado. Si el CO<sub>2</sub> inspirado no se reduce rápidamente con estas medidas, el problema es la reinhalación de CO<sub>2</sub> de otra fuente, como una válvula unidireccional incompetente.
- **Reacción con agentes anestésicos volátiles** : si se sospecha que el agente anestésico se descompone por el absorbente desecado, cambie el absorbente inmediatamente (mientras ventila con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar mientras se abre el circuito respiratorio para cambiar rápidamente el absorbente). Luego administre oxígeno al 100% al paciente y obtenga una gasometría venosa o arterial con cooximetría para verificar la carboxihemoglobina.

## Mal funcionamiento de la válvula

**Válvula limitadora de presión ajustable** : la válvula limitadora de presión ajustable (APL), también conocida como válvula de "desconexión", es la interfaz entre el sistema respiratorio y el sistema de eliminación durante la ventilación espontánea o manual ( [figura 4](#) y [figura 2](#) y [Figura 5](#) ). Esta válvula permite al anestesista controlar la cantidad de gas que sale del sistema respiratorio, que es uno de los factores que determinan el volumen y la presión del gas dentro de la bolsa reservorio durante este modo de ventilación.

- **Problemas potenciales** : aunque la válvula APL rara vez funciona mal, puede permanecer abierta cuando su perilla de control está cerrada [ [33](#) ] (lo que resulta en una fuga masiva del circuito) o no abrirse después del cierre (lo que resulta en una presión excesiva y continua en las vías respiratorias). Los ajustes de la válvula APL pueden no ser lineales, por lo que la posición del dial no necesariamente establece una presión confiable en las vías respiratorias. Por lo tanto, es necesaria una monitorización continua de la presión de las vías respiratorias [ [34](#) ].
- **Prevención** : la válvula APL se verifica durante la verificación previa al uso presurizando el sistema de respiración (lo que prueba que la válvula APL se cierre y no tenga fugas), y luego

abriendo la válvula APL y observando que la presión del sistema de respiración cae a cero (lo que prueba de que la válvula APL se abre completamente).

- **Diagnóstico** : se debe sospechar de una válvula APL incompetente (con fugas) si hay una fuga grande en el circuito con incapacidad para generar presión positiva apretando la bolsa del depósito, particularmente si se han descartado otros posibles sitios de desconexión. Se puede confirmar llenando la bolsa con oxígeno y observando una avalancha de gas en el sistema de eliminación cuando se aprieta la bolsa. En particular, la válvula APL se incluye en el circuito respiratorio sólo durante el modo de ventilación espontánea/manual.

Se debe sospechar una válvula APL obstruida si se acumulan presiones inspiratorias y espiratorias en el circuito respiratorio cuando la válvula APL está abierta.

- **Respuesta** : si la válvula APL está atascada en la posición abierta o cerrada, la ventilación no es posible en el modo de ventilación espontánea/manual. Sin embargo, la ventilación debería ser posible cambiando a un modo de ventilación controlada.

Una alternativa razonable es suspender el uso de la estación de anestesia e iniciar ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar, y administrar agentes anestésicos intravenosos. (Consulte ['Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación'](#) a continuación y ["Mantenimiento de la anestesia general: descripción general"](#), sección sobre ['Anestesia intravenosa total'](#) ).

**Válvulas unidireccionales (inspiratorias y espiratorias)** : las válvulas unidireccionales inspiratorias y espiratorias ( [figura 4](#) , [figura 2](#) y [figura 5](#) ) evitan la reinhalación del CO<sub>2</sub> previamente exhalado .

- **Problemas potenciales** : si una válvula unidireccional no es competente, es posible que no cierre completamente, lo que provoca que el paciente inhale CO<sub>2</sub> . En particular, la incompetencia de la válvula espiratoria puede resultar en una alta concentración de CO<sub>2</sub> inspirado debido al gran volumen de gas exhalado contenido en el tubo y la bolsa reservorio en el lado espiratorio del sistema respiratorio ( [algoritmo 3](#) ) [ 28 ].
- **Prevención** : la presencia de válvulas unidireccionales debe confirmarse durante la verificación previa al uso. Es posible que no se detecte el funcionamiento adecuado de las válvulas unidireccionales durante una verificación previa al uso, ya que una incompetencia sutil de la válvula es difícil de reconocer mediante una inspección visual. Sin embargo, la incompetencia de la válvula unidireccional se puede detectar utilizando el método de disminución de presión modificado en tres pasos [ 35 ], que no forma parte de las Recomendaciones de verificación de la máquina de anestesia ASA ( [tabla 1](#) ). Es posible

que este método no se utilice diariamente durante una verificación previa al uso, pero un técnico capacitado debe realizar el procedimiento a intervalos regulares.

La prueba debe realizarse después de verificaciones de rutina de fugas del sistema.

Pruebas del paso 1 para la oclusión de la válvula inspiratoria: con los flujos de gas fresco establecidos en cero y la válvula APL cerrada, se conecta una segunda bolsa de depósito al soporte de la manguera inspiratoria y el circuito se presuriza a 30 cm H<sub>2</sub>O con el flujo de oxígeno. Si la segunda bolsa reservorio no se infla, entonces la válvula inspiratoria está ocluida. Pruebas del paso 2 para detectar incompetencia de la válvula espiratoria: si la bolsa de depósito primaria en su soporte normal comienza a desinflarse en 20 segundos (es decir, más rápido de lo que se desinfló durante la prueba de presión del circuito respiratorio de rutina), entonces la válvula espiratoria es incompetente. Pruebas del paso 3 para detectar incompetencia de la válvula inspiratoria: Se abre la válvula APL. Si la bolsa de depósito secundario comienza a desinflarse en 20 segundos, entonces la válvula inspiratoria es incompetente [ 35 ].

- **Diagnóstico** : las manifestaciones de incompetencia de la válvula unidireccional incluyen un nivel creciente de CO<sub>2</sub> inspiratorio que no disminuye cuando se aumenta el flujo de gas fresco ( [tabla 12](#) ), así como un retraso en el retorno o falla del capnograma a cero antes del inicio de la siguiente inspiración. como se muestra en la figura ( [figura 8](#) ) (ver "[Monitorización básica del paciente durante la anestesia](#)", sección de '[Capnografía](#)' ). Algunas máquinas de anestesia también tienen medidores de flujo en la rama inspiratoria y/o espiratoria del circuito respiratorio que generan una alarma si se detecta flujo en la dirección incorrecta.

Las válvulas unidireccionales también pueden atascarse en la posición cerrada, lo que resulta en una oclusión total obvia del sistema respiratorio. (Consulte '[Obstrucción del sistema respiratorio](#)' más arriba).

- **Respuesta** : si se detecta incompetencia de la válvula durante el uso, se puede aumentar la ventilación minuto para compensar la reinhalación de CO<sub>2</sub> . Si la cantidad de reinhalación es demasiado grande para que el paciente la tolere con seguridad, la máquina de anestesia debe retirarse de servicio ( [tabla 1](#) ). En tales casos, inicie la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar hasta que esté disponible una máquina de anestesia de reemplazo. (Consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación).

**Válvula de presión positiva al final de la espiración** : en las máquinas de anestesia modernas, las válvulas de presión positiva al final de la espiración (PEEP) controladas electrónicamente están integradas en el ventilador de anestesia (p. ej., PEEP/válvula de presión

máxima controlada por el ventilador en la figura ( [figura 2](#) ) y PEEP /Pmax y válvula PEEP/APL en las figuras ( [figura 5](#) y [figura 7](#) y [figura 9](#) ). En las máquinas más antiguas construidas antes del año 2000, se incorporaban válvulas mecánicas de PEEP en el sistema respiratorio, o incluso se añadían al sistema respiratorio según fuera necesario.

- **Problemas potenciales** : el principal peligro de todos los tipos de válvulas PEEP es que la PEEP puede habilitarse sin saberlo si la configuración del ventilador permanece sin cambios después de un caso anterior, en lugar de restablecerse para el paciente actual.

Los peligros adicionales de las válvulas mecánicas extraíbles que se insertaron en la rama espiratoria del sistema respiratorio incluyen:

- Inserción errónea en la rama inspiratoria del circuito respiratorio, lo que no produce PEEP.
- Inserción hacia atrás en la rama inspiratoria o espiratoria del circuito respiratorio, lo que provoca una obstrucción completa del flujo si la válvula solo permite el flujo unidireccional.
- No reconocer que no se registra PEEP aunque el paciente esté recibiendo PEEP. Esto puede ocurrir cuando el manómetro de las vías respiratorias detecta presión aguas abajo de la válvula PEEP (por ejemplo, en el recipiente absorbente de CO<sub>2</sub> o dentro del soporte del tubo espiratorio).
- **Prevención** : durante la verificación previa al uso, verifique que la presión de las vías respiratorias descienda a cero durante la exhalación. De lo contrario, busque la causa de la PEEP inadvertida.
- **Diagnóstico** : se indica PEEP inesperada en el manómetro de las vías respiratorias y las fluctuaciones en la presión espiratoria final pueden indicar una válvula atascada o que funciona mal [ 31 ]. Se puede activar una alarma de presión continua en las vías respiratorias en caso de PEEP alta ( [tabla 9](#) ).

Si la PEEP está habilitada debido a la configuración utilizada en un caso anterior, esto generalmente da como resultado una presión espiratoria final estable en las vías respiratorias durante múltiples respiraciones. Por el contrario, una obstrucción en el escape del sistema respiratorio (en la válvula APL, la válvula de alivio del ventilador o el eliminador) da como resultado un nivel de PEEP que aumenta gradualmente proporcional al caudal de gas fresco hacia el circuito respiratorio. La obstrucción completa del flujo en la rama espiratoria del circuito respiratorio produce un rápido aumento de la PEEP hasta el nivel de la presión inspiratoria máxima.

- **Respuesta** : en caso de niveles de PEEP muy altos ( $>20$  cmH<sub>2</sub>O), se debe desconectar rápidamente al paciente del sistema respiratorio para evitar barotrauma y colapso cardiovascular. Luego se puede volver a colocar al paciente durante dos respiraciones para intentar encontrar el origen de la obstrucción. Si la fuente no se encuentra y repara rápidamente, entonces se inicia la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar hasta que esté disponible una máquina de anestesia de reemplazo. (Consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación).

**Mal funcionamiento del ventilador** : los ventiladores de anestesia y los sistemas respiratorios facilitan una cierta reinhalación del gas previamente exhalado (después de la eliminación del CO<sub>2</sub>), a diferencia de los ventiladores de las unidades de cuidados intensivos (UCI) que suministran gas fresco durante cada respiración.

Los ventiladores de anestesia modernos están controlados por procesadores informáticos integrados que utilizan la retroalimentación del sensor del sistema respiratorio para proporcionar muchos de los mismos modos de ventilación que se utilizan en la UCI. (Ver "[Ventilación mecánica durante la anestesia en adultos](#)".)

La tecnología de los ventiladores de anestesia y los sistemas respiratorios ha cambiado drásticamente desde el año 2000, y varios fabricantes han adoptado diseños radicalmente diferentes ( [figura 5](#) ):

- Las máquinas de anestesia fabricadas por GE Healthcare (anteriormente Datex-Ohmeda), así como muchas máquinas de anestesia más antiguas, tienen un sistema de respiración circular tradicional y un ventilador que acciona un fuelle ( [figura 4](#) y [figura 10](#) ). En estas máquinas, el ventilador suministra gas impulsor durante la fase inspiratoria, que comprime los fuelles que contienen los gases respiratorios. Durante la fase espiratoria, el ventilador libera gas impulsor en la habitación, permitiendo así que el fuelle se vuelva a expandir con el gas exhalado por el paciente. El fuelle se expande hasta llenarse y la presión interior excede la presión exterior en más de 3 cmH<sub>2</sub>O, tras lo cual el exceso de gas sale del circuito respiratorio a través de la válvula de alivio del ventilador. Por tanto, el ventilador de fuelle ejerce una PEEP mínima obligatoria de 3 cm H<sub>2</sub>O.
- Las máquinas de anestesia fabricadas por las estaciones de trabajo de anestesia Dräger (es decir, Draeger) tienen un sistema de respiración circular no tradicional con un ventilador impulsado por un pistón o una turbina, en lugar de por un gas impulsor fuera de un fuelle ( [figura 2](#) , [figura 5](#) y [figura 7](#) ). . Estos ventiladores funcionan eléctricamente y no consumen gas fresco; por lo tanto, continúan funcionando en caso de pérdida de presión en el suministro de oxígeno (consulte '[Mal funcionamiento del suministro de gas](#)

**comprimido'** más arriba). El exceso de gas pasa por alto la válvula APL y sale del circuito respiratorio hacia el eliminador a través de una única válvula de escape de muy baja presión ( $<1 \text{ cmH}_2\text{O}$ ). Por tanto, el ventilador no ejerce ninguna PEEP obligatoria.

- Las máquinas de anestesia fabricadas por Getinge (anteriormente MAQUET), como las estaciones de trabajo de anestesia Flow-i, tienen un reflector de volumen en lugar de un fuelle. Durante la inspiración, el gas impulsor ingresa por la parte posterior del reflector, que comprime el gas hacia el paciente de modo que haya una mezcla mínima de los gases del paciente con los gases impulsores dentro del reflector. Al exhalar, el gas impulsor y el exceso de gas del paciente salen por la parte posterior del reflector hacia el eliminador a través de una única válvula de escape de muy baja presión. Por tanto, el ventilador no ejerce ninguna PEEP obligatoria.

Durante la ventilación mecánica, la válvula de alivio del ventilador (no la válvula APL) es la interfaz entre el sistema respiratorio y el sistema de eliminación. Algunos ejemplos son la válvula de escape del ventilador y las válvulas de escape controladas por el ventilador en las figuras ( [figura 2](#) y [figura 4](#) ), o la válvula de exhalación, la válvula de escape y la válvula PEEP/APL ( [figura 5](#) ) (consulte '[Sistema de eliminación de gases residuales \(depurador\) mal funcionamiento](#)' a continuación). Las válvulas de alivio del ventilador, a diferencia de las válvulas APL, no se abren durante la fase inspiratoria de la ventilación. Por lo tanto, el gas fresco fluye continuamente hacia un circuito respiratorio circular tradicional, contribuyendo así al volumen corriente inspirado total del paciente, y los cambios en el flujo de gas fresco pueden alterar significativamente el volumen corriente administrado. Las máquinas de anestesia modernas utilizan uno de dos métodos para evitar cambios en el volumen tidal administrado cuando se modifica el flujo de gas fresco:

- Las estaciones de trabajo Dräger Fabius, Tiro y Apollo utilizan sistemas de respiración circulares modificados con "gas fresco desacoplado" donde el gas fresco ingresa al circuito respiratorio aguas arriba de la ubicación del suministro de flujo inspiratorio del ventilador. De este modo, el flujo de gas fresco se aísla del volumen corriente inspirado ( [figura 5](#) ). En máquinas con un circuito respiratorio desacoplado de gas fresco, el flujo de oxígeno se puede activar sin afectar el volumen tidal administrado.
- Todas las estaciones de trabajo de anestesia de GE Healthcare, así como las estaciones de trabajo de anestesia Getinge Flow-i y Dräger Persius, utilizan compensación de gas fresco para ajustar el volumen de gas impulsor o flujo de turbina que se administra ( [figura 7](#) , [figura 10](#) y [figura 9](#) ). Las estaciones de trabajo GE más antiguas ajustan el gas impulsor a través de respiraciones secuenciales para mantener un volumen corriente inspirado establecido. Los ventiladores Perseus, Flow-i y GE más nuevos ajustan

instantáneamente el flujo de gas del ventilador según el flujo de gas fresco medido. De los aparatos de anestesia con compensación del flujo de gas fresco, sólo el Perseus compensa durante el flujo de oxígeno. En los demás, la activación del flujo de oxígeno durante la inspiración del ventilador aumenta drásticamente el volumen tidal administrado.

- **Problemas potenciales** : los ventiladores de anestesia son dispositivos electromecánicos relativamente complejos que generalmente son confiables pero que ocasionalmente fallan. Hay más de 150 informes de 2007 a 2016 en la base de datos de Experiencia de dispositivos de instalaciones de fabricantes y usuarios (MAUDE) de la FDA que involucran el ventilador de anestesia. En muchos de estos casos, el ventilador dejó de funcionar repentinamente y, en algunos casos, la pantalla se quedó en blanco repentinamente. Los teléfonos móviles y los dispositivos de comunicación por radio de frecuencia ultraalta pueden afectar la salida y las pantallas del ventilador de anestesia controlado electrónicamente.
  - Hipoventilación o apnea ( [tabla 6](#) y [tabla 7](#) y [tabla 4](#) y [tabla 5](#) ):
    - Cese repentino de la actividad del ventilador, con o sin pérdida de la pantalla integrada y la función de alarma [ [36](#) ]
    - Pérdida de ventilación del paciente debido a falla de la válvula mientras el ventilador continúa funcionando [ [37](#) ]
    - Error de usuario al apagar temporalmente el ventilador y olvidarse de volver a encenderlo
    - Presión inspiratoria inadecuada debido a un error del usuario al configurar el límite de presión alta
    - Fuga de gas del paciente por un orificio en el fuelle del ventilador, fuelle mal asentado, rotura en la carcasa del fuelle o mal funcionamiento de la válvula de alivio de presión del ventilador que provoca una fuga
    - Adición de PEEP, que puede disminuir el volumen tidal administrado en los ventiladores sin ajuste automático de la presión máxima en las vías respiratorias.
  - Hiperventilación o presión alta en las vías respiratorias ( [tabla 8](#) ):
    - Error del usuario al activar el flujo de oxígeno durante la fase inspiratoria de la ventilación.
    - Flujos de gas fresco que son demasiado altos durante la ventilación mecánica (esto sólo es posible en máquinas de anestesia más antiguas que no tienen un ventilador

compensado con gas fresco ni un sistema de respiración desacoplado de gas fresco)

- Mal funcionamiento de la válvula de alivio del ventilador que causa obstrucción
- Obstrucción en el sistema de recuperación.
- Dilución del gas anestésico ( [tabla 13](#) ):
  - Arrastre de aire ambiental al sistema respiratorio mediante un ventilador de pistón, un ventilador de turbina o un ventilador con fuelle descendente
  - Error del usuario al rellenar el circuito respiratorio tras una desconexión mediante el lavado de oxígeno.
  - Fuga de gas de accionamiento en un fuelle mal asentado o con un agujero
- **Prevención** : durante la verificación previa al uso, verifique que el ventilador pueda ventilar un pulmón de prueba o una segunda bolsa de depósito conectada al conector del paciente (pieza en Y). Los volúmenes inhalado y exhalado medidos deben ser aproximadamente iguales al volumen corriente establecido en el ventilador. De lo contrario, verifique las conexiones y el funcionamiento del ventilador y verifique el funcionamiento de las válvulas inspiratoria y espiratoria. Por ejemplo, una válvula inspiratoria incompetente provocará un volumen corriente exhalado inferior al esperado. El último paso en la verificación previa al uso es confirmar que la configuración del ventilador sea adecuada para el paciente.

Para evitar errores del usuario se emplean hábitos que reducen la posibilidad de olvidar reanudar la ventilación después de un período temporal de apnea. Una técnica consiste en desconectar el circuito respiratorio en lugar de apagar el ventilador, dejando todas las alarmas de apnea activas y todos los ajustes del ventilador intactos. Otra técnica consiste en dejar la mano sobre el control del ventilador durante el período de apnea o contener la propia respiración. Algunas estaciones de trabajo de anestesia tienen un control para suspender temporalmente la ventilación durante un período fijo (normalmente un minuto). Nunca es aconsejable desactivar las alarmas de apnea mientras la ventilación se suspende brevemente. Los fuelles del ventilador deben rellenarse aumentando temporalmente el flujo de gas fresco en lugar de presionar la descarga de oxígeno.

Las listas de verificación son útiles para garantizar que la ventilación se reanude después de un período más prolongado de apnea (p. ej., durante la desconexión del bypass cardiopulmonar [CEC]). (Consulte [la sección "Desconexión del bypass cardiopulmonar" en "Lista de verificación" .](#))

- **Diagnóstico** : por lo general, los problemas con la ventilación mecánica se resuelven cambiando a ventilación manual (es decir, moviendo el interruptor selector de ventilación "mecánica" a ventilación "espontánea/manual"). Esta maniobra reemplaza el fuelle, pistón o turbina y la válvula de alivio del ventilador por la bolsa reservorio y su válvula APL. De este modo se eliminan del sistema las fugas y obstrucciones del primero. Si el problema no se resuelve cambiando a ventilación manual, entonces probablemente el problema no esté en los componentes del ventilador del sistema.
- **Respuesta** : si el ventilador deja de funcionar repentinamente, cambie inmediatamente a ventilación manual. Si el problema no se resuelve rápidamente, inicie ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar, y administre agentes anestésicos intravenosos (consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación y '[Mantenimiento de la anestesia general: descripción general](#)'). ", apartado sobre '[Anestesia intravenosa total](#)' ). Con el paciente desconectado, la máquina de anestesia se puede apagar y reiniciar; tal "reinicio" puede resolver el problema. En caso contrario, la sustitución de la máquina de anestesia es la mejor alternativa.

**Mal funcionamiento del sistema de eliminación de gases anestésicos residuales (WAGD)** (comúnmente denominado sistema de eliminación de gases anestésicos) es evitar una presión positiva o negativa excesiva en la salida de las válvulas de escape (es decir, aguas abajo del Válvula APL y válvula de alivio del ventilador) ( [figura 11](#) ). El objetivo secundario es evitar la ventilación de gases anestésicos residuales al quirófano; más bien, estos gases se evacúan del edificio.

- **Problemas potenciales** : el sistema de recuperación puede funcionar mal debido a:
  - Flujo de succión inadecuado o ausente (lo que provoca que el gas residual se filtre en la habitación, lo que provoca contaminación de la habitación y, en algunos modelos de estaciones de trabajo de anestesia, PEEP adicional en el circuito respiratorio).
  - Evacuación pasiva de gases residuales (p. ej., gases residuales pasados a través de carbón activado) utilizada con una interfaz de barrido abierta.
  - Carbón activado agotado (cuando se utiliza para la captura de gases residuales).
  - Flujo de succión excesivo (que causa ruido de fondo y desperdicio de succión).
  - Alta presión en la válvula de escape del circuito respiratorio (es decir, válvula APL o válvula de alivio del ventilador) debido a [ [38](#) ]:

- Flujo de succión del limpiador inadecuado si la válvula de seguridad de salida está obstruida o
- Obstrucción del eliminador proximal a la válvula de seguridad de flujo de salida.

Esta situación generalmente provoca un aumento gradual de la PEEP del circuito respiratorio y de las presiones máximas en las vías respiratorias, siendo el aumento más rápido con tasas altas de flujo de gas fresco.

- Succión de alto vacío en la válvula de escape del circuito respiratorio (es decir, válvula APL o válvula de alivio del ventilador) debido a una válvula de seguridad de flujo de entrada bloqueada. Esta situación generalmente succiona gas del circuito respiratorio, creando una presión negativa en las vías respiratorias. La succión de alto vacío en la válvula de escape del circuito respiratorio (es decir, la válvula APL o la válvula de alivio del ventilador) puede, paradójicamente, hacer que la válvula se quede cerrada, lo que aumenta la PEEP del circuito respiratorio y las presiones máximas en las vías respiratorias.
- Malas conexiones al sistema respiratorio (que causan obstrucción del sistema respiratorio).
- **Prevención** : el funcionamiento del sistema de eliminación se debe verificar diariamente para garantizar que la configuración del flujo de succión sea adecuada y que los mecanismos de alivio de presión positiva y negativa estén funcionando correctamente.
  - Con un sistema de eliminación de residuos cerrado ( [figura 12](#) ), la bolsa de depósito de eliminación de residuos suele estar totalmente desinflada, lo que indica que el vacío está conectado y la válvula de alivio de presión negativa está abierta. Durante la verificación previa al uso, la válvula de seguridad de flujo de salida se puede verificar abriendo la válvula APL, obstruyendo la pieza en Y y presionando la descarga de oxígeno; esto hará que el gas salga rápidamente del circuito respiratorio y entre en el sistema de eliminación. Con esta prueba, la bolsa de depósito del eliminador debe llenarse pero no continuar inflándose, lo que indica que el sistema del eliminador está conectado al circuito respiratorio y que la válvula de alivio de presión positiva se está abriendo.
  - Con un sistema de barrido abierto, el flujo de vacío debe ajustarse de modo que el flotador del caudalímetro integrado esté entre las dos líneas de ajuste. Durante la verificación previa al uso, la apertura del depurador se puede verificar abriendo la válvula APL, obstruyendo la pieza en Y y presionando la descarga de oxígeno; La bolsa de depósito del circuito respiratorio debe llenarse pero no inflarse.

- **Diagnóstico** : el mal funcionamiento del sistema de eliminación puede indicarse por una presión negativa en el sistema respiratorio que se manifiesta como una presión en las vías respiratorias inferior a cero, una bolsa de depósito o un fuelle colapsados y/o una alarma de presión negativa en las vías respiratorias ( [tabla 10](#) ). Por el contrario, la obstrucción del flujo de salida del sistema de eliminación y de la válvula de seguridad de flujo de salida puede provocar una bolsa de depósito hiperinflada y una presión continua en las vías respiratorias en el manómetro de las vías respiratorias, así como una alarma de presión continua en las vías respiratorias ( [tabla 9](#) ). (Consulte 'Presión en las vías respiratorias' a continuación).
- **Respuesta** : ante una alarma de presión negativa en las vías respiratorias, desconecte inmediatamente al paciente del sistema respiratorio y ventílelo con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar hasta que se encuentre y solucione la fuente de presión negativa (p. ej., mal funcionamiento del dispositivo de recuperación, succión mal colocada en las vías respiratorias, succión durante la broncoscopia) ( [tabla 10](#) ).

Del mismo modo, con una alarma de presión continua en las vías respiratorias, desconecte inmediatamente al paciente del sistema respiratorio y ventílelo con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar hasta que se encuentre y solucione la fuente de la obstrucción (p. ej., obstrucción o mal funcionamiento del sistema de eliminación). u obstrucción de la válvula APL, la válvula de alivio del ventilador o la válvula espiratoria) ( [tabla 9](#) ).

Las fugas del sistema eliminador son difíciles de detectar, pero puede haber olor a agentes anestésicos en la habitación. Busque evidencia de que el sistema de eliminación no está conectado correctamente o que el vacío del gas anestésico residual está desconectado o demasiado bajo. Por el contrario, un fuerte silbido de fondo proveniente del sistema de eliminación indica que el vacío está demasiado alto.

**Mal funcionamiento del sistema respiratorio Mapleson** : en los Estados Unidos, los sistemas respiratorios Mapleson se utilizan con mucha menos frecuencia que los sistemas respiratorios circulares durante la anestesia, pero se emplean más comúnmente para el transporte de niños pequeños y recién nacidos. En otros países, a menudo se utiliza durante la anestesia un sistema Mapleson D modificado (el sistema Bain). Los proveedores de anestesia que utilizan diferentes tipos de circuitos Mapleson deben estar específicamente capacitados en su uso porque las diferentes configuraciones del circuito, modos de ventilación, tasas de flujo de gas fresco y ventilación minuto interactúan para afectar la presión parcial del nivel arterial de CO<sub>2</sub> ( PaCO<sub>2</sub> ) [

39, 40 ]. En general, se deben utilizar caudales elevados de gas fresco para prevenir la hipercapnia.

**Circuito Mapleson D (Bain) modificado** : en un circuito Mapleson D, el gas fresco ingresa cerca del conector del paciente y la válvula APL está ubicada en el extremo del tubo corrugado por el que el paciente inhala y exhala, cerca de la bolsa del depósito o en el extremo de la propia bolsa de depósito. La modificación Bain tiene el tubo de gas fresco dentro del tubo corrugado (una disposición coaxial) ( [imagen 3](#) ).

- **Problemas potenciales** : un peligro particular del circuito Bain es que el tubo interior de gas fresco puede desprenderse de su conexión en cualquiera de los extremos, desarrollar una fuga o obstruirse. Estos problemas con el tubo interior del circuito pueden impedir que salga gas fresco del extremo distal del sistema, lo que provoca hipercapnia porque el tubo corrugado exterior se convierte en un espacio muerto.
- **Prevención** : para confirmar la integridad del tubo interno, se debe ocluir durante la verificación previa al uso colocando un dedo sobre el extremo distal mientras el oxígeno se ajusta a un flujo bajo. Si el tubo está correctamente conectado e intacto, el flotador del caudalímetro de oxígeno caerá lentamente debido al aumento de la contrapresión.
- **Diagnóstico : la capnometría es importante cuando se utiliza cualquier circuito Mapleson para ajustar el CO<sub>2</sub>** al final de la espiración valorando la cantidad de CO<sub>2</sub> reinhalado. Para mayor precisión, la muestra del capnómetro debe tomarse lo más cerca posible de las vías respiratorias del paciente (por ejemplo, distal al conector del codo o desde dentro del tubo endotraqueal) para minimizar la dilución del gas fresco del gas exhalado. Se espera cierto grado de reinhalación, lo que da como resultado un capnograma distintivo, como se muestra en la figura ( [figura 13](#) ). Sin embargo, la hipercapnia generalmente se previene aumentando la tasa de flujo de gas fresco, aumentando la ventilación minuto y disminuyendo la relación inspiración-espiración.

En algunos pacientes, puede que no sea posible lograr caudales de gas fresco suficientemente altos. Los ejemplos incluyen pacientes grandes, aquellos con tasas metabólicas altas (p. ej., fiebre, hipertermia maligna) o si hay un mal funcionamiento que impide el suministro de flujo de gas fresco al extremo distal del circuito (p. ej., línea de gas fresco desconectada, fuga en la línea de gas fresco). ).

- **Respuesta : si el CO<sub>2</sub>** al final de la espiración no se puede controlar adecuadamente aumentando el caudal de gas fresco, entonces se debe ventilar al paciente con otro sistema de respiración que incluya válvulas que impidan la reinhalación de CO<sub>2</sub> (p. ej., un sistema de respiración circular o un sistema de respiración autoinflable). dispositivo de ventilación

manual y un cilindro de oxígeno auxiliar (consulte '[Mal funcionamiento del sistema de respiración circular](#)' más arriba y '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' más abajo).

### **Circuito Mapleson E (pieza en T)**

- **Problemas potenciales** : un peligro particular de la pieza en T es que el puerto espiratorio puede obstruirse simplemente colocando una mano sobre él para inflar los pulmones. Esto puede provocar sobreinflación pulmonar y barotrauma porque:
  - El gas seguirá fluyendo desde la salida de gas fresco de un medidor de flujo o de una máquina de anestesia hasta que la presión de salida sea igual a la presión de suministro (nominalmente 50 psig, lo que equivale a 3515 cmH<sub>2</sub>O) ( [imagen 4](#) ).
  - No hay ningún efecto amortiguador de presión de una bolsa de depósito en una pieza en T, a diferencia de otros circuitos o sistemas circulares de Mapleson.
  - El médico no puede juzgar con precisión la presión de las vías respiratorias con la sensación táctil de la mano expuesta al puerto espiratorio.

Hay 11 informes de este tipo de sobreinflación y/o lesión por barotrauma en la base de datos de Reclamaciones Cerradas de la ASA desde 1990 hasta 2011; Cada uno de estos incidentes se produjo por el mal uso de un circuito Mapleson E (pieza en T) o por el suministro de oxígeno suplementario fuera del quirófano [ 2 ].

- **Prevención** : la clave para prevenir la sobreinflación o el barotrauma mediante este mecanismo es reconocer que un medidor de flujo o una máquina de anestesia directamente conectada a los pulmones presurizará a miles de cmH<sub>2</sub>O. Para evitar lesiones al paciente, siempre debe haber una salida para esa presión. según lo dispuesto por el extremo abierto de una pieza en T o una bolsa de depósito compatible o una válvula de escape de seguridad.
- **Diagnóstico** : las lesiones de este tipo provocan neumotórax, neumotórax a tensión bilateral, neumomediastino, taponamiento cardíaco y colapso cardiorrespiratorio.
- **Respuesta** : El diagnóstico oportuno y la ventilación de la cavidad torácica (p. ej., descompresión con aguja, tubos torácicos) pueden salvar vidas. (Ver "[Manejo intraoperatorio del shock en adultos](#)", sección sobre "[Neumotórax a tensión o hemotórax](#)" y "[Manejo intraoperatorio del shock en adultos](#)", sección sobre "[Taponamiento pericárdico](#)" .)

## MAL FUNCIONAMIENTO DE LOS MONITORES DE ANESTESIA INTEGRADOS

Las estaciones de trabajo de anestesia tienen monitores integrados que pueden funcionar mal. Cada monitor muestra parámetros seleccionados en una pantalla integrada y tiene una o más alarmas para alertar al médico sobre un problema potencial. (Consulte '[Alarmas de la estación de trabajo de anestesia](#)' más arriba).

**Analizador de oxígeno** : todas las estaciones de trabajo de anestesia deben tener un analizador de oxígeno, ya sea en la rama inspiratoria del sistema respiratorio o en el analizador multigas. Estos dispositivos monitorean la fracción de oxígeno inspirado ( $FiO_2$ ). Algunos utilizan una celda sensora electroquímica (polarográfica o galvánica) y la lectura de  $FiO_2$  aparece como una pantalla digital actualizada continuamente en la pantalla de la estación de trabajo de anestesia. Se produce una alarma de oxígeno inspirado bajo si la  $FiO_2$  cae por debajo del límite inferior establecido ( [tabla 11](#) ). (Ver "[Ventilación mecánica durante la anestesia en adultos](#)", [sección sobre "Fracción de oxígeno inspirado"](#) .)

Algunas estaciones de trabajo de anestesia más nuevas tienen un analizador multigas integrado que toma muestras de gas de las vías respiratorias y analiza las concentraciones de oxígeno inhalado y exhalado, así como las concentraciones de otros gases respiratorios (p. ej., dióxido de carbono [ $CO_2$ ], [óxido nítrico](#) [ $N_2O$ ], agentes anestésicos volátiles). Normalmente, estos analizadores multigas utilizan un sensor de oxígeno paramagnético que tiene un tiempo de respuesta más rápido que los electroquímicos.

### • Problemas potenciales

- El mal funcionamiento de los analizadores de oxígeno electroquímicos puede deberse a una calibración inexacta, un sensor agotado o conexiones eléctricas deficientes (normalmente entre el sensor y el monitor).
- El mal funcionamiento de un analizador de oxígeno paramagnético puede deberse a una calibración inexacta, dilución de los gases respiratorios debido al arrastre de aire ambiente a través de una fuga en la línea de muestreo, u obstrucción o desconexión de la línea de muestreo.
- **Prevención** : las células del sensor del analizador de oxígeno deben calibrarse al menos una vez al día durante la verificación previa al uso. La calibración se logra exponiendo el sensor al aire ambiente después de que el monitor se haya calentado y asegurándose de que la lectura de  $FiO_2$  sea del 21 por ciento. Un paso de seguimiento importante es exponer el sensor a 100 por ciento de oxígeno para garantizar que la lectura de  $FiO_2$  se aproxima al 100 por ciento. Si la lectura es <90 por ciento, la celda del sensor debe

reemplazarse antes de la siguiente administración de anestésico. Todas las celdas del sensor deben reemplazarse a intervalos para que funcionen correctamente. Aunque no requieren una recalibración frecuente, el canal de oxígeno de un analizador multigas también debe revisarse diariamente con aire ambiente y oxígeno al 100 por ciento. Si el lavado con oxígeno al 100 por ciento no da como resultado una lectura del monitor de aproximadamente el 100 por ciento, se debe sospechar fuertemente de una situación de gas incorrecta y se debe usar otro analizador para determinar si el medidor de flujo de oxígeno y/o el lavado de oxígeno realmente están dispensando oxígeno. (Consulte '[Mal funcionamiento del suministro de gas comprimido](#)' más arriba).

- **Diagnóstico** : durante la administración de anestesia, la  $FiO_2$  puede caer por debajo del límite inferior establecido debido a causas como problemas de suministro de gas comprimido en la tubería o el cilindro (consulte '[Mal funcionamiento del suministro de gas comprimido](#)' más arriba), mal funcionamiento del medidor de flujo (consulte '[Mal funcionamiento del medidor de flujo de gas comprimido](#)' más arriba), mal funcionamiento del sistema dosificador o de la válvula de seguridad (consulte '[Mal funcionamiento de la válvula de cierre \(a prueba de fallos\) del sistema dosificador o del sensor de presión](#)' más arriba), o entrada de aire en el sistema de respiración (consulte '[Mal funcionamiento del sistema de respiración circular](#)' más arriba). A tasas bajas de flujo de gas fresco, la  $FiO_2$  es menor que la concentración de oxígeno establecida en los medidores de flujo (denominada "concentración de oxígeno administrado" [ $FdO_2$ ]) debido a la reinhalación del gas exhalado que tiene una concentración de oxígeno más baja que la del gas fresco. Debido a esto, la  $FiO_2$  puede disminuir por debajo del 21 por ciento con el tiempo [ 17 ].
- **Respuesta** : aumente inmediatamente el caudal de oxígeno y disminuya el caudal de otros gases. Si la  $FiO_2$  no aumenta, compruebe si hay una posible administración incorrecta de gas comprimido (consulte '[Mal funcionamiento del suministro de gas comprimido](#)' más arriba); si se confirma, inicie la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno fresco (consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' a continuación). No utilice el caudalímetro auxiliar en la estación de anestesia ya que tiene la misma fuente de oxígeno que el circuito respiratorio.

**Capnómetro y analizadores de gases respiratorios** : un capnómetro mide la presión parcial de  $CO_2$  en el gas que se toma muestras continuamente de las vías respiratorias y muestra tanto el nadir durante la inspiración como los valores máximos de  $CO_2$  (al final de la espiración). El capnograma aparece como una forma de onda continuamente actualizada cuya forma contiene información no necesariamente aparente en los valores digitales ( [figura 14](#) y [figura 15](#) ). Las alarmas de apnea ( [tabla 7](#) ),  $CO_2$  inspirado alto ( [tabla 12](#) ) y  $CO_2$  espiratorio final alto y bajo están integradas en la estación de

trabajo de anestesia. (Ver "[Monitoreo básico del paciente durante la anestesia](#)", sección sobre '[Capnografía](#)').

Algunas estaciones de trabajo de anestesia más nuevas tienen analizadores multigas que miden las concentraciones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y agentes anestésicos halogenados mediante espectroscopia infrarroja, así como la concentración de oxígeno mediante un sensor paramagnético (consulte '[Analizador de oxígeno](#)' más arriba). Estos analizadores multigas en realidad miden la presión parcial de cada gas (mmHg o kPa) y calculan las concentraciones de gas (%) utilizando la presión barométrica actual medida por un barómetro integrado. Se muestran los valores digitales inspirados y exhalados para cada gas, según lo determinado a partir del tiempo inspiratorio y espiratorio del capnograma.

- **Problemas potenciales** : al igual que en los analizadores de  $\text{O}_2$ , las lecturas inexactas de  $\text{CO}_2$  al final de la espiración pueden deberse a la dilución de los gases respiratorios debido al arrastre de aire ambiental a través de una fuga en la línea de muestreo. La obstrucción o desconexión de la línea de muestreo hace que suene la alarma de apnea- $\text{CO}_2$  ( [tabla 7](#) ).

Los siguientes factores afectan las lecturas de  $\text{CO}_2$  al final de la espiración :

- Aunque el  $\text{CO}_2$  al final de la espiración generalmente se correlaciona bien con la presión parcial de  $\text{CO}_2$  arterial ( $\text{PaCO}_2$ ), varios factores (p. ej., edad, enfermedad pulmonar, posición quirúrgica) afectan el capnograma y pueden causar una discrepancia significativa y variable ( [figura dieciséis](#) ). Por lo tanto, pueden ocurrir diferencias de 8 a 10 mmHg entre el  $\text{CO}_2$  al final de la espiración y la  $\text{PaCO}_2$ .
- Los analizadores de  $\text{CO}_2$  y multigas suelen poner a cero automáticamente, lo que provoca la pérdida de la visualización de la forma de onda a intervalos regulares.
- Los analizadores de  $\text{CO}_2$  y multigas normalmente toman muestras de gases de las vías respiratorias (denominados analizadores de corriente lateral). La desconexión de la línea de muestra provocará una fuga en el circuito respiratorio y en las lecturas del aire ambiente del analizador. La desconexión parcial de la línea de muestra provocará valores bajos de  $\text{CO}_2$  y anestésicos medidos debido al arrastre de aire ambiental durante la ventilación espontánea; Durante la ventilación con presión positiva, la fuga es fásica con el ciclo respiratorio, lo que puede resultar en un "capnograma en signo de campanario", como se muestra en la figura ( [figura 17](#) ).
- Dado que los analizadores de  $\text{CO}_2$  y multigas extraen gas respiratorio a través de un tubo de muestreo hacia una cámara del analizador, se produce un retraso en la lectura debido al tiempo de tránsito del gas a través del tubo de muestreo. Además, se produce

cierta mezcla de gases durante su tránsito a través del tubo de muestreo, lo que provoca formas de onda algo suavizadas. En particular, cuando la frecuencia respiratoria es rápida (es decir, >40 respiraciones por minuto), los valores de CO<sub>2</sub> inspirado pueden ser artificialmente altos y los valores de CO<sub>2</sub> al final de la espiración pueden ser artificialmente bajos.

- Los analizadores de CO<sub>2</sub> Sidestream incorporan una trampa de agua para proteger la óptica del sensor de los líquidos. Esta trampa introduce un pequeño pico falso (es decir, un artefacto) durante la ventilación con presión positiva en la sección inspiratoria del capnograma mostrado, que puede volverse más pronunciado cuando las presiones máximas en las vías respiratorias son altas ( [forma de onda 1](#) ). Dado que la apariencia del artefacto es similar a la apariencia de un capnograma de un paciente que está "respirando excesivamente" los parámetros del ventilador establecidos, es posible que se le solicite al médico que administre innecesariamente un agente bloqueador neuromuscular (NMBA) para detener el esfuerzo del paciente [ 41 ].
- **Prevención** : el funcionamiento básico del capnómetro se puede confirmar durante la verificación previa al uso soplando en la línea de muestra. Los capnómetros y analizadores multigas requieren una recalibración periódica por parte de un técnico de servicio que toma muestras de mezclas de gases de calibración de concentraciones conocidas.
- **Diagnóstico** : se produce una falsa alarma de apnea-CO<sub>2</sub> cuando se desconecta la línea de muestra del capnómetro ( [tabla 7](#) ), pero el médico debe confirmar que la ventilación es realmente apropiada observando la respiración, auscultando el tórax y comprobando minuciosamente todos los monitores respiratorios y la oximetría de pulso. lectura.

La obstrucción de la línea de muestra o una trampa de agua llena normalmente activará una alarma de obstrucción y el analizador dejará de funcionar hasta que se resuelva la obstrucción. En este caso, el trazado del capnograma desaparece y el analizador muestra un mensaje que alerta al médico para que cambie la línea de muestra y/o la trampa de agua.

- **Respuesta** : en muchos casos, el reemplazo de la línea de muestra o del sensor del capnómetro con el equipo adicional almacenado en la estación de trabajo de anestesia resolverá los problemas con una falsa alarma. En las tablas se describen las respuestas de importancia crítica a alarmas verdaderas de apnea ( [tabla 7](#) ) o CO<sub>2</sub> inspirado alto ( [tabla 12](#) ).

## Mediciones de presión y flujo de las vías respiratorias.

**Presión de las vías respiratorias** : la presión de las vías respiratorias se visualiza en un manómetro mecánico y, a menudo, se muestra una forma de onda de presión detectada electrónicamente en la pantalla de la estación de trabajo de anestesia; También se muestran a menudo las presiones derivadas máxima, nadir (es decir, presión máxima al final de la espiración [PEEP]) y, a menudo, las presiones media y de pausa en las vías respiratorias. Las alarmas de presión alta en las vías respiratorias ( [tabla 8](#) ), presión continua en las vías respiratorias ( [tabla 9](#) ) y presión negativa en las vías respiratorias ( [tabla 10](#) ) son estándar.

- **Problemas potenciales**

- Los manómetros mecánicos de las vías respiratorias pueden estar calibrados de forma inexacta, lo que suele ser evidente si la aguja del manómetro no indica cero cuando el sistema respiratorio está abierto a la presión ambiental.
- Un sensor de presión electrónico conectado al sistema respiratorio mediante un tubo flexible puede obstruirse o desconectarse.
- La presión de las vías respiratorias normalmente se mide en un sitio permanente dentro del sistema respiratorio de la máquina de anestesia (por ejemplo, en el lado del paciente de la válvula inspiratoria unidireccional o la válvula espiratoria unidireccional, o dentro del recipiente absorbente de CO<sub>2</sub> ). Estas ubicaciones no son ideales debido a la distancia de las vías respiratorias del paciente. Por lo tanto, es posible que las mediciones no indiquen con precisión la presión de las vías respiratorias del paciente si el sistema respiratorio se obstruye parcial o totalmente. Aunque la presión de las vías respiratorias se mide con mayor precisión en el conector más cercano a las vías respiratorias (p. ej., en el sitio de conexión de la pieza en Y del sistema respiratorio al tubo endotraqueal [ETT] o a la vía aérea con máscara laríngea [LMA]), la desconexión del circuito respiratorio se recomienda. un riesgo con este sitio.
- **Prevención** : el valor cero de la presión de las vías respiratorias se comprueba fácilmente abriendo el circuito respiratorio a la atmósfera en el conector del paciente. El funcionamiento básico de los manómetros de las vías respiratorias se confirma cuando se presuriza el circuito respiratorio para una prueba de fugas. Las lecturas de presión no cambiarán si el sensor no funciona o si la línea de muestra está desconectada o rota.
- **Diagnóstico** : aunque el usuario no verifica de forma rutinaria la precisión del sensor de presión de las vías respiratorias, la mayoría de las estaciones de trabajo de anestesia más nuevas tienen múltiples sensores de presión, con alertas sobre la necesidad de servicio si las mediciones del sensor no coinciden.

- **Respuesta** : debido a que muchas alarmas y configuraciones del ventilador dependen de un sensor de presión de las vías respiratorias en funcionamiento, no se debe iniciar un caso si se sospecha que el sensor de presión de las vías respiratorias está roto.

**Flujo de las vías respiratorias** : todas las estaciones de trabajo de anestesia tienen un dispositivo para medir el volumen corriente exhalado. Las estaciones de trabajo más antiguas normalmente incorporaban respirómetros que no medían el flujo instantáneo. Las nuevas estaciones de trabajo tienen un medidor de flujo de las vías respiratorias que mide el flujo espiratorio (normalmente dentro de la rama espiratoria del circuito respiratorio). Los valores derivados que se muestran incluyen frecuencia respiratoria, volumen corriente y volumen minuto. Algunas estaciones de trabajo ajustan automáticamente el volumen dispensado desde los fuelles del ventilador durante la inspiración en función de los volúmenes corrientes medidos (es decir, compensación de gas fresco).

Algunas estaciones de trabajo miden los flujos inspirado y exhalado, lo cual es necesario para mostrar los bucles de presión y volumen de flujo. (Ver "[Ventilación mecánica durante la anestesia en adultos](#)", sección sobre "[Bucles de volumen de presión](#)" y "[Ventilación mecánica durante la anestesia en adultos](#)", sección sobre "[Bucles de volumen de flujo](#)" .)

Algunas máquinas de anestesia tienen medidores de flujo que pueden detectar la dirección del flujo, lo que resulta útil para diagnosticar el mal funcionamiento de la válvula unidireccional.

- **Problemas potenciales**

- Los caudalímetros con sensor de presión diferencial pueden funcionar mal si el canal de flujo o la tubería se contamina con líquido. Los valores erróneos pueden provocar hiper o hipoventilación del paciente durante la ventilación garantizada con volumen de control de presión [ [42](#) ].
- Los anemómetros de hilo caliente dejan de funcionar si el filamento del hilo se quema [ [43](#) ].
- Pueden ocurrir fugas en el circuito de respiración si la carcasa del sensor se rompe o agrieta, o si las líneas del sensor de presión diferencial se desconectan.
- Los medidores de flujo de las vías respiratorias solo tienen una precisión de  $\pm 15$  por ciento porque sus lecturas están influenciadas por la composición y la humedad de los gases respiratorios. Las estaciones de trabajo de anestesia con un analizador multigas integrado pueden corregir automáticamente las lecturas del sensor del caudalímetro. Sin embargo, si no hay un analizador integrado, el usuario normalmente debe indicar

qué gas específico se está utilizando (p. ej., [desflurano](#) , N<sub>2</sub>O) para permitir la compensación de los efectos del gas en las mediciones del caudalímetro.

- El flujo de las vías respiratorias se mide con mayor precisión en la abertura de las vías respiratorias, de forma similar a la presión de las vías respiratorias (consulte '[Presión de las vías respiratorias](#)' más arriba). Los volúmenes corrientes derivados de los flujos medidos en las ramas inspiratoria y espiratoria están sobreestimados por la cantidad de gas que se comprime en los tubos respiratorios corrugados durante la ventilación con presión positiva [ 44 ]. Algunas estaciones de trabajo de anestesia más nuevas aplican correcciones utilizando mediciones de cumplimiento de los tubos obtenidas durante la verificación automatizada previa al uso. Si el cumplimiento de los tubos cambia después de la revisión (por ejemplo, estirando los tubos o agregando tubos adicionales), los volúmenes tidales derivados se sobreestimarán [ 10 ].
- Los volúmenes corrientes muy pequeños (p. ej., los utilizados en recién nacidos) pueden desencadenar una falsa alarma de apnea. El médico debe confirmar que la ventilación es realmente apropiada observando la respiración, auscultando el tórax y verificando minuciosamente todos los monitores respiratorios, incluidos el CO<sub>2</sub>, la presión de las vías respiratorias y las lecturas de oximetría de pulso. Sin embargo, en este caso puede ser apropiado desactivar la alarma de flujo de apnea.
- **Prevención** : el funcionamiento básico de los medidores de flujo de las vías respiratorias se confirma cuando se prueba el flujo de gas del circuito respiratorio durante la inspiración y la exhalación. La prueba de presión del circuito respiratorio comprueba si hay fugas en la carcasa o las conexiones del caudalímetro. Para maximizar la precisión del medidor de flujo, el usuario debe extender los tubos del circuito respiratorio antes de realizar cualquier verificación automatizada previa al uso que incluya pruebas de cumplimiento. Para algunas máquinas, es necesario garantizar ajustes preestablecidos de compensación de gas adecuados ingresando el gas anestésico que se utilizará al realizar la verificación previa al uso de la máquina.
- **Diagnóstico** : el usuario no comprueba de forma rutinaria la precisión del caudalímetro y los volúmenes corrientes medidos pueden ser diferentes de los volúmenes corrientes configurados en el ventilador. En general, los volúmenes corrientes medidos son menos precisos que los volúmenes corrientes establecidos con un ventilador de pistón (suponiendo que el cumplimiento del sistema respiratorio y el volumen de fuga no hayan cambiado desde la verificación automática previa al uso). Además, en general, los volúmenes corrientes medidos son más precisos que los volúmenes corrientes indicados en un fuelle.

- **Respuesta** : dado que muchas alarmas y configuraciones del ventilador dependen de un medidor de flujo de las vías respiratorias en funcionamiento, no se debe iniciar un anestésico si se sospecha que el medidor de flujo de las vías respiratorias está roto. Si el filamento de un anemómetro de alambre caliente se quema durante una anestesia, el sensor debe reemplazarse inmediatamente después de que finalice el caso.

---

## EQUIPOS DE RESPALDO PARA OXIGENACIÓN Y VENTILACIÓN

Si se produce un mal funcionamiento de la máquina de anestesia durante la administración de anestesia y el problema no se resuelve inmediatamente, se inicia la ventilación con presión positiva con un dispositivo de ventilación manual autoinflable y un cilindro de oxígeno auxiliar. Se puede emplear una técnica de anestesia intravenosa total (TIVA) hasta que se resuelva el problema o haya una máquina de reemplazo disponible. (Consulte "[Mantenimiento de la anestesia general: descripción general](#)", sección sobre "[Anestesia intravenosa total](#)" .)

La falta de equipo de respaldo para oxigenación y ventilación puede resultar en la incapacidad de oxigenar y ventilar a un paciente si ocurre un mal funcionamiento de la máquina de anestesia. Por lo tanto, las recomendaciones de verificación de máquinas de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos (ASA) estipulan que siempre debe haber disponible en la estación de trabajo de anestesia un cilindro auxiliar de oxígeno "E" de respaldo y un dispositivo de ventilación manual autoinflable para uso de emergencia. Esta es una parte fundamental del procedimiento de verificación de la máquina de anestesia previo al uso (elemento n.º 1) ( [tabla 1](#) ) [ 7 ]. Si es necesario, normalmente hay cilindros "E" de oxígeno adicionales disponibles en varios lugares cercanos del quirófano porque a menudo se utilizan durante períodos breves durante el transporte del paciente dentro del hospital.

La falta de oxigenación y/o ventilación es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad por anestesia [ 1 - 4 ]. Cuando un mal funcionamiento crítico de la estación de anestesia resulta en la imposibilidad de ventilar al paciente, solucionar la causa raíz puede distraer al médico durante varios minutos. Por esta razón, el proveedor de anestesia debe emplear rápidamente equipo de respaldo si el paciente no puede ser ventilado, mientras se llama a un segundo proveedor o técnico de anestesia para encontrar y solucionar la causa del mal funcionamiento y/o traer una segunda máquina de anestesia para que sirva como reemplazo. .

Las recomendaciones de la ASA también especifican que el equipo de succión de las vías respiratorias (que en muchas instituciones está conectado al costado de la máquina de anestesia) debe ser revisado por el proveedor de anestesia antes de comenzar un procedimiento (elemento n.º 2) ( [tabla 1](#) ), para garantizar que sea suficiente para despejar las vías

respiratorias del paciente. Los componentes faltantes del aparato de succión, las fugas del sistema, los tubos ocluidos, la longitud insuficiente de los tubos y los ajustes de vacío configurados incorrectamente son causas comunes de mal funcionamiento de la succión.

---

## RESUMEN Y RECOMENDACIONES

- **Principios generales** : la atención anestésica se proporciona utilizando una máquina de anestesia y monitores integrados (es decir, la estación de trabajo de anestesia) que incluyen sistemas para (consulte '[Principios generales](#)' más arriba):
  - Mezclar una mezcla de gases de precisión (máquina de anestesia, gases respiratorios, gases anestésicos y vaporizadores)
  - Dispensar esos gases al paciente (sistema de respiración de anestesia)
  - Proporcionar ventilación con presión positiva (ventilador de anestesia)
  - Eliminación de gases residuales (sistema de eliminación de gases)
  - Monitoreo de la función respiratoria y de la máquina (monitores de sistema integrados)
- **Revisión de la máquina de anestesia** : la revisión de la máquina de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos (ASA) ( [tabla 1](#) ), o recomendaciones similares, se debe realizar diariamente, y se deben verificar elementos seleccionados antes de la administración de cada anestésico para evitar el mal uso o falla de la estación de trabajo de anestesia. (Consulte '[Prueba de máquina de anestesia estandarizada](#)' más arriba).
- **Alarmas de la máquina de anestesia** : las alarmas para los problemas más comunes y/o graves de la máquina de anestesia, las posibles causas y las respuestas sugeridas por el médico se muestran en las tablas (consulte '[Alarmas de la estación de trabajo de anestesia](#)' más arriba):
  - Alarma de pérdida de energía eléctrica ( [tabla 2](#) )
  - Alarma de presión de suministro de oxígeno ( $O_2$ ) ( [tabla 3](#) )
  - Alarma de apnea ( [tabla 4](#) )
  - Alarma de presión de apnea ( [tabla 5](#) )
  - Alarma de flujo de apnea ( [tabla 6](#) )
  - Alarma de apnea de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) ( [tabla 7](#) )
  - Alarma de presión alta en las vías respiratorias ( [tabla 8](#) )
  - Alarma de presión continua en las vías respiratorias ( [tabla 9](#) )
  - Alarma de presión negativa en las vías respiratorias ( [tabla 10](#) )
  - Alarma de oxígeno inspirado bajo ( [tabla 11](#) )

- Alarma de CO<sub>2</sub> inspirado alto ( [tabla 12](#) )
- Alarma de agente anestésico de inspiración baja (si está indicada) ( [tabla 13](#) )
- **Prevención, diagnóstico y resolución de problemas con las máquinas de anestesia** . Las estrategias para evitar el mal uso y gestionar el mal funcionamiento de los componentes de las máquinas de anestesia incluyen:
  - Pérdida de suministro eléctrico (ver '[Pérdida de suministro eléctrico](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento del suministro de gas comprimido (consulte '[Mal funcionamiento del suministro de gas comprimido](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento del medidor de flujo de gas comprimido (consulte '[Mal funcionamiento del medidor de flujo de gas comprimido](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento del sistema dosificador o de la válvula a prueba de fallas (consulte '[Mal funcionamiento de la válvula de cierre \(a prueba de fallas\) del sistema dosificador o del sensor de presión](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento del vaporizador (consulte '[Mal funcionamiento del vaporizador](#)' más arriba)
  - Circule la fuga u obstrucción del sistema respiratorio (consulte '[Fuga en el sistema respiratorio](#)' arriba y '[Obstrucción del sistema respiratorio](#)' arriba)
  - Agotamiento o toxicidad del absorbente de CO<sub>2</sub> (consulte '[Agotamiento o toxicidad del absorbente de dióxido de carbono](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento de las válvulas:
    - Válvula limitadora de presión ajustable (APL) (consulte '[Válvula limitadora de presión ajustable](#)' más arriba)
    - Válvulas unidireccionales (consulte '[Válvulas unidireccionales \(inspiratorias y espiratorias\)](#)' más arriba)
    - Válvula de presión positiva al final de la espiración (PEEP) (consulte '[Válvula de presión positiva al final de la espiración](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento del ventilador (consulte '[Mal funcionamiento del ventilador](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento del sistema de eliminación (depurador) de gases residuales (consulte '[Mal funcionamiento del sistema de eliminación \(depurador\) de gases residuales](#)' más arriba)
  - Mal funcionamiento del sistema respiratorio Mapleson (consulte '[Mal funcionamiento del sistema respiratorio Mapleson](#)' más arriba):
    - Circuito Mapleson D (Bain) modificado (consulte '[Circuito Mapleson D \(Bain\) modificado](#)' más arriba)
    - Circuito Mapleson E (pieza en T) (consulte '[Circuito Mapleson E \(pieza en T\)](#)' más arriba)

- **Prevención, diagnóstico y resolución de problemas con los monitores de anestesia** : las estrategias para evitar usos indebidos y gestionar el mal funcionamiento de los monitores de anestesia integrados en la estación de trabajo de anestesia incluyen:
  - Analizador de oxígeno (ver '[Analizador de oxígeno](#)' más arriba)
  - Capnómetro y analizadores de gases respiratorios (consulte '[Capnómetro y analizadores de gases respiratorios](#)' más arriba)
  - Mediciones de presión y flujo de las vías respiratorias:
    - Presión de las vías respiratorias (consulte '[Presión de las vías respiratorias](#)' más arriba)
    - Flujo de las vías respiratorias (consulte '[Flujo de las vías respiratorias](#)' más arriba)
- **Garantizar la disponibilidad de equipo de respaldo** : la falta de equipo de respaldo para oxigenación y ventilación (p. ej., cilindro de oxígeno auxiliar lleno y dispositivo de ventilación manual autoinflable) puede resultar en la incapacidad de oxigenar y ventilar a un paciente si ocurre un mal funcionamiento de la máquina de anestesia. (Consulte '[Equipo de respaldo para oxigenación y ventilación](#)' más arriba).

El uso de UpToDate está sujeto a los [Términos de uso](#) .

## REFERENCIAS

1. Caplan RA, Vistica MF, Posner KL, Cheney FW. Resultados anestésicos adversos derivados de los equipos de administración de gas: un análisis de reclamaciones cerrado. *Anestesiología* 1997; 87:741.
2. Mehta SP, Eisenkraft JB, Posner KL, Domino KB. Lesiones de pacientes causadas por equipos de administración de gas anestésico: una actualización de reclamaciones cerradas. *Anestesiología* 2013; 119:788.
3. Webb RK, Russell WJ, Klepper I, Runciman WB. El estudio australiano de seguimiento de incidentes. Fallo del equipo: un análisis de 2000 informes de incidentes. *Anaesth Cuidados Intensivos* 1993; 21:673.
4. Cassidy CJ, Smith A, Arnot-Smith J. Informes de incidentes críticos relacionados con equipos anestésicos: análisis de los datos del Sistema Nacional de Informes y Aprendizaje (NRLS) del Reino Unido de 2006 a 2008\*. *Anestesia* 2011; 66:879.
5. Buffington CW, Ramanathan S, Turndorf H. Detección de fallas en las máquinas de anestesia. *Anesth Analg* 1984; 63:79.
6. Larson ER, Nuttall GA, Ogren BD, et al. Un estudio prospectivo sobre la identificación de

- fallas en máquinas de anestesia. *Anesth Analg* 2007; 104:154.
7. [www.asahq.org/resources/clinical-information/2008-asa-recommendations-for-pre-anesthesia-checkout](http://www.asahq.org/resources/clinical-information/2008-asa-recommendations-for-pre-anesthesia-checkout) (consultado el 19 de marzo de 2017).
  8. [https://www.aagbi.org/sites/default/files/checking\\_anaesthetic\\_equipment\\_2012.pdf](https://www.aagbi.org/sites/default/files/checking_anaesthetic_equipment_2012.pdf) (Consultado el 19 de marzo de 2017).
  9. <http://www.anzca.edu.au/documents/ps31-2014-guidelines-on-checking-anaesthesia-deliv.pdf> (Consultado el 19 de marzo de 2017).
  10. Glenski TA, Diehl C, Clopton RG, Friesen RH. Cumplimiento del circuito respiratorio y precisión del volumen corriente mostrado durante la ventilación controlada por presión de bebés: un proyecto de mejora de la calidad. *Pediatra Anaesth* 2017; 27:935.
  11. Jelacic S, Bowdle A, Nair BG, et al. Los efectos de una lista de verificación de anestesia previa a la inducción computarizada estilo aviación en la configuración preanestésica y los eventos no rutinarios. *Anestesia* 2019; 74:1138.
  12. Raphael DT, Weller RS, Doran DJ. Un algoritmo de respuesta para la condición de alarma de baja presión. *Anesth Analg* 1988; 67:876.
  13. Feldman J. Cuando los estándares de equipos médicos no logran proteger a los pacientes. *Boletín APSF* 2020; 35:48.
  14. Suzuki T, Otsuka N, Kohzuka Y, et al. El aire transitorio rico en oxígeno procedente de las salidas de aire se detecta rápidamente por fallo de la anestesia de control al final de la espiración. *Representante de JA Clin* 2018; 4:64.
  15. Karuppiyah S, Kiberenge R, Prielipp R. Intercambios de medicamentos y gases medicinales comprimidos. *Boletín APSF* 2020; 35:47.
  16. Parker JD. Fuga de la máquina de anestesia no detectada por la prueba de fuga universal. *Anestesia* 2019; 74:545.
  17. Hendrickx JF, De Wolf AM, De Hert S. O<sub>2</sub>, ¿alguien? *Eur J Anesthesiol* 2015; 32:371.
  18. Bond JA, Barry C, Hollis N. Llenar mal el vaporizador agotado. *Boletín APSF* 2020; 35:46.
  19. Bernard Liban J. 'Sin agente volátil' como alarma estándar en estaciones de trabajo anestésicos. *Anestesia* 2019; 74:251.
  20. Geffroy JC, Gentili ME, Le Pollès R, Triclot P. Inhalación masiva de desflurano debido a disfunción del vaporizador. *Anestesiología* 2005; 103:1096.
  21. Foong TW, Tan YKG. Suministro excesivo de desflurano a través del vaporizador Aisys Carestation Aladin2 Cassette™. *H. J. Anaesth* 2018; 120:1434.
  22. Watanabe H, Moriyama K, Tokumine J, et al. La fuga masiva en el absorbente de CO<sub>2</sub> de Perseus A500 no inhibió la ventilación mecánica sino la ventilación manual con bolsa:

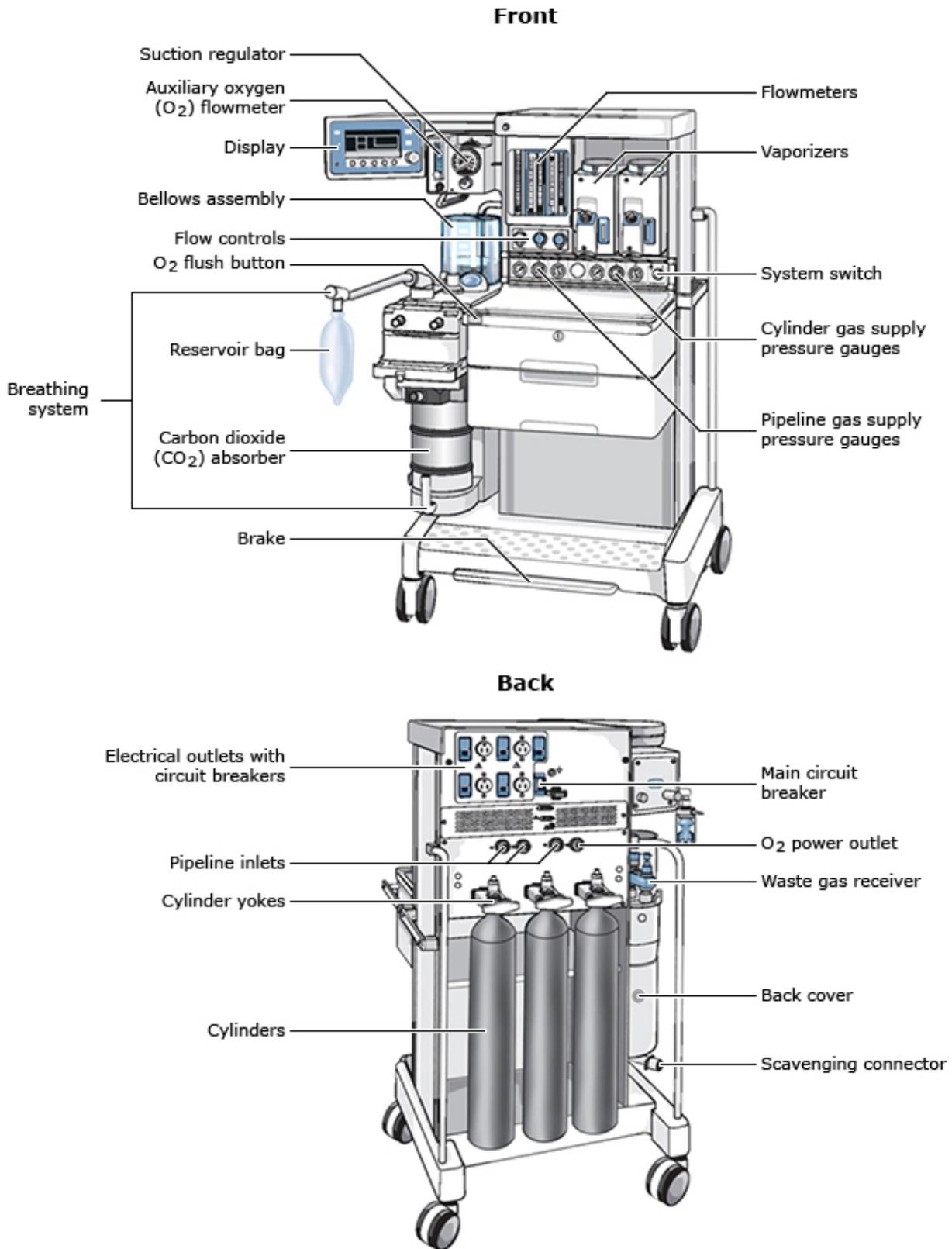
- informe de un caso con reproducción experimental. *Práctica AA* 2021; 15:e01425.
23. MAUDE: experiencia de dispositivo de instalación de fabricante y usuario. Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfmaude/search.cfm> (Consultado el 13 de junio de 2017).
  24. Križmarić M, Maver U, Zdravković M, Mekiš D. Efectos de la desconexión de la bolsa reservorio sobre los gases inspirados durante la anestesia general: un estudio basado en simulador. *BMC Anesthesiol* 2021; 21:32.
  25. Gross JB, Scannell JP. La acumulación de agua en el recipiente Amsorb puede causar obstrucción del flujo inspiratorio: informe de un caso. *Práctica AA* 2021; 15:e01389.
  26. Feldman JM, Hendrickx J, Kennedy RR. Absorción de dióxido de carbono durante la anestesia por inhalación: una práctica moderna. *Anesth Analg* 2021; 132:993.
  27. Feldman JM, Lo C, Hendrickx J. Estimación del impacto de las diferencias en el rendimiento del absorbente de dióxido de carbono en el costo del absorbente durante la anestesia de bajo flujo. *Anesth Analg* 2020; 130:374.
  28. Feldman JM, Hendrickx J, Kennedy RR. En respuesta. *Anesth Analg* 2021; 133:e24.
  29. Wu J, Previte JP, Adler E, et al. Ignición espontánea, explosión e incendio con sevoflurano y cal hidróxido de bario. *Anestesiología* 2004; 101:534.
  30. Castro BA, Freedman LA, Craig WL, Lynch C 3er. Explosión dentro de una máquina de anestesia: Baralyme, altos flujos de gas fresco y concentración de sevoflurano. *Anestesiología* 2004; 101:537.
  31. Ikeda T, Orii R, Iwakiri M, et al. Depósitos inesperados en el circuito anestésico: una posible causa de mal funcionamiento de la válvula PEEP/Pmax. *J Clin Monit Comput* 2021; 35:943.
  32. Loeb RG, Gravenstein N. Cambio de color simultáneo en los extremos opuestos de recipientes absorbentes de dióxido de carbono. *Anestesiología* 2018; 129:1170.
  33. Chaturvedi AU, diputado de Potdar. Mal funcionamiento de la válvula limitadora de presión ajustable. *J Anesthesiol Clin Pharmacol* 2017; 33:264.
  34. Thomas J, Weiss M, Schmidt AR, Buehler PK. Rendimiento de válvulas limitadoras de presión ajustables (APL) en dos máquinas de anestesia modernas diferentes. *Anestesia* 2017; 72:28.
  35. Weigel WA, Murray WB. Detección de incompetencia de la válvula unidireccional mediante el método de disminución de presión modificado. *Anesth Analg* 2005; 100:1723.
  36. Markar JJ, Disque AA. Falla del ventilador después de una derivación cardiopulmonar: reporte de un caso. *Práctica AA* 2020; 14:e01282.
  37. Ortega RA, Zambricki ER. La falla de la válvula de desacoplamiento de gas fresco impide la ventilación mecánica en una máquina de anestesia Draeger Fabius GS. *Anesth Analg* 2007;

104:1000; discusión 1000.

38. Pham V, Nguyen L, Hedin RJ, et al. Enfermedad por coronavirus 2019: Presión del circuito de la máquina de anestesia durante su uso como ventilador improvisado en una unidad de cuidados intensivos. *Anesth Analg* 2021; 132:1191.
39. Spinney STJ, Sprigge KA. Características de flujo-presión de cuatro válvulas limitadoras de presión ajustables suministradas con circuitos Mapleson C. *Anestesia* 2021; 76:854.
40. Kaul TK, Sistemas respiratorios de Mittal G. Mapleson. *India J Anaesth* 2013; 57:507.
41. van Genderingen HR, Gravenstein N. Artefacto de capnograma durante altas presiones en las vías respiratorias causadas por una trampa de agua. *Anesth Analg* 1987; 66:185.
42. Nabatame M, Kiyama S, Uezono S. Hipoventilación inadvertida durante la ventilación controlada por presión con modo de volumen garantizado de la máquina de anestesia Aisys®. *Representante de JA Clin* 2020; 6:33.
43. Kojima Y, Yoshimine S, Sugimura M. Falla del sensor de flujo durante la inducción. *Can J Anaesth* 2021; 68:1440.
44. Yamaguchi Y, Miyashita T, Matsuda Y, et al. La diferencia entre el volumen corriente establecido y administrado: un estudio de simulación pulmonar. *Dispositivos médicos (Auckl)* 2020; 13:205.

Tema 94594 Versión 24.0

## Representación de una estación de trabajo de anestesia típica

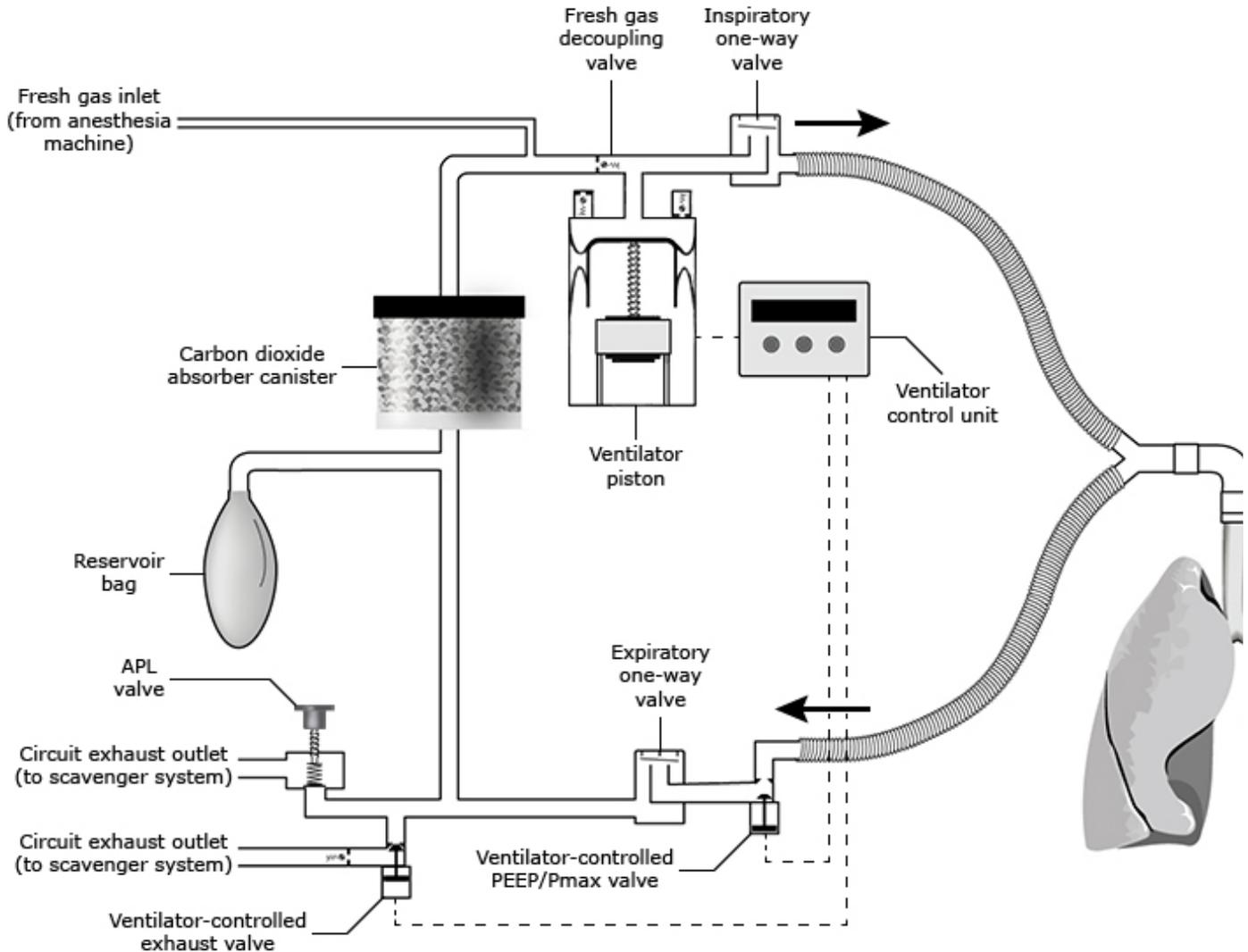


*Reproducido con autorización de: Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. La máquina de anestesia. En: Anestesiología clínica de Morgan & Mikhail, 5.ª ed., McGraw-Hill 2013. Copyright © 2013 McGraw-Hill Education. McGraw-Hill Education no hace declaraciones ni garantiza la exactitud de la información contenida en el Material educativo de McGraw-Hill, incluidas las garantías de comerciabilidad o idoneidad para un propósito particular. En ningún caso McGraw-Hill Education tendrá responsabilidad alguna ante ninguna parte por daños especiales, incidentales, agravios o consecuentes que surjan de o en conexión con el Material educativo de McGraw-Hill, incluso si McGraw-Hill Education ha sido informado de la posibilidad. de tales daños.*

---

Gráfico 113607 Versión 2.0

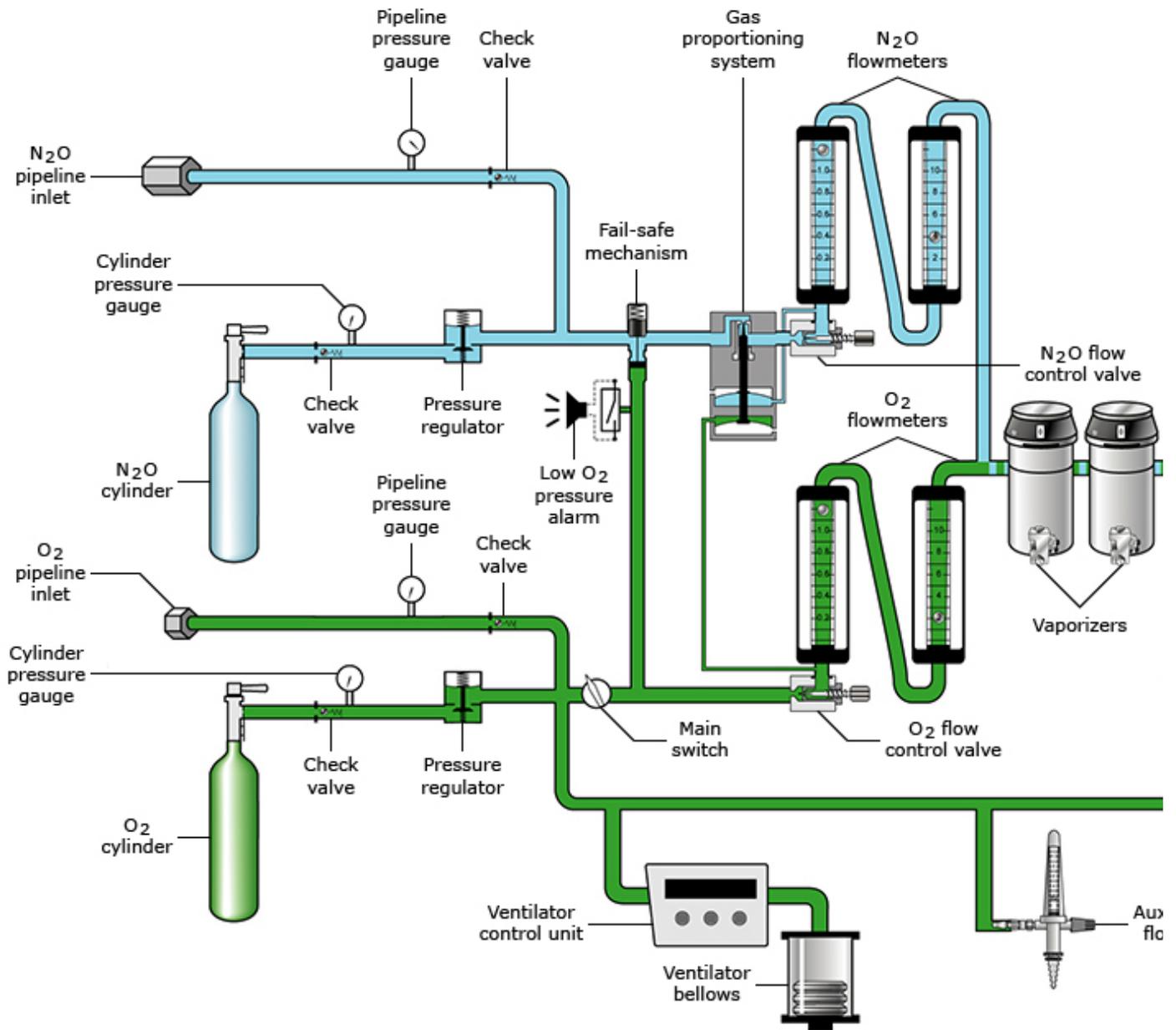
## Sistema de respiración desacoplado de gas fresco



APL: válvula limitadora de presión ("pop-off") ajustable; PEEP: presión positiva al final de la espiración; Pmax: presión máxima.

De: Loeb RG, Feldman J. Máquinas de anestesia. En: Enciclopedia de instrumentos y dispositivos médicos, 2.ª ed., Webster JG (Ed), Wiley, Hoboken, Nueva Jersey 2006. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/0471732877>. Copyright © 2006. Reproducido con permiso de John Wiley & Sons Inc. Esta imagen ha sido proporcionada por Wiley o es propiedad de este. Se necesita permiso adicional antes de poder descargarlo en PowerPoint, imprimirlo, compartirlo o enviarlo por correo electrónico. Comuníquese con el departamento de permisos de Wiley por correo electrónico: [permisos@wiley.com](mailto:permisos@wiley.com) o utilice el servicio RightsLink haciendo clic en el enlace 'Solicitar permiso' que acompaña a este artículo en la biblioteca en línea de Wiley (<http://onlinelibrary.wiley.com>).

## Tubería interna de la máquina de anestesia



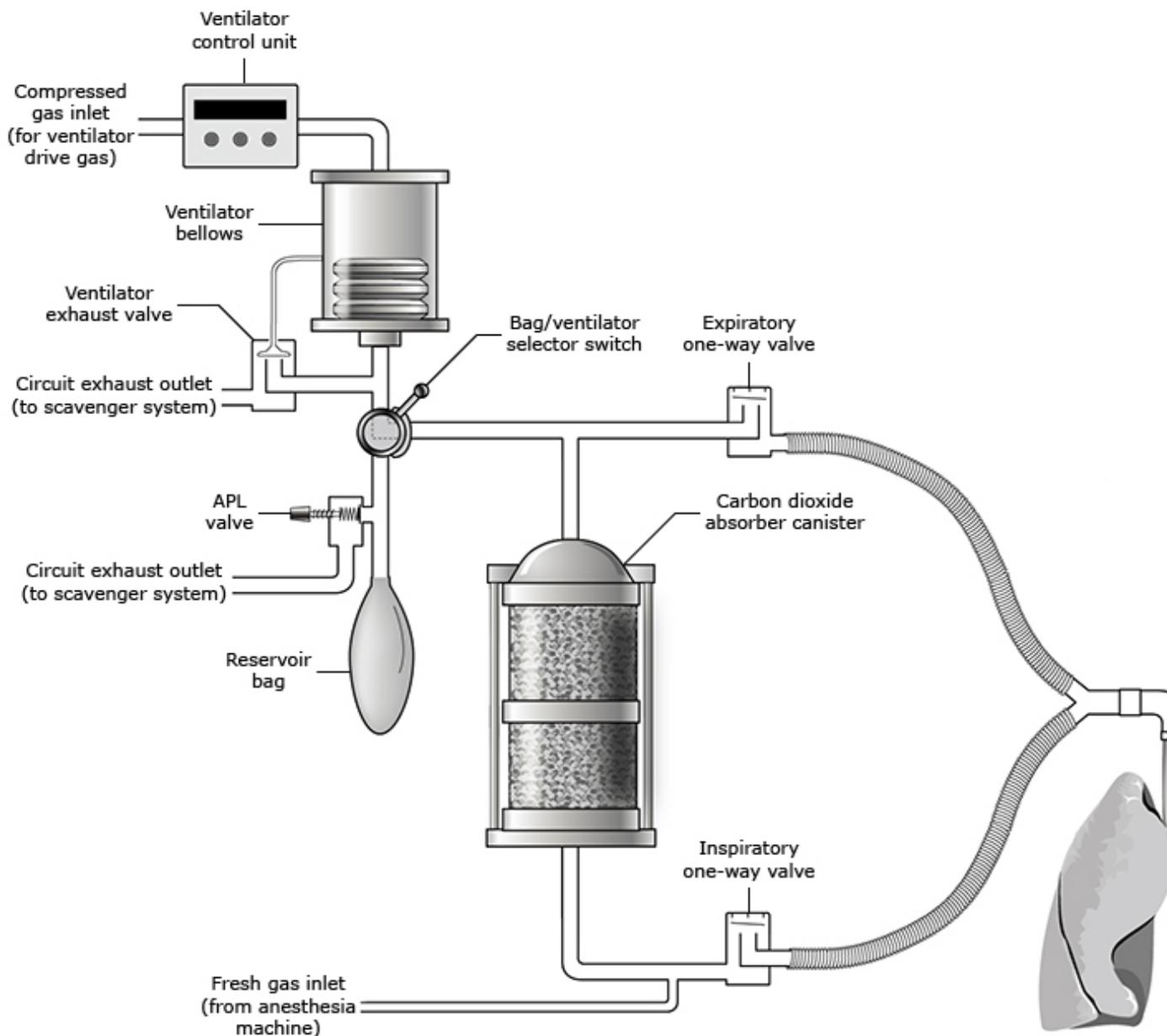
Tuberías internas de la máquina de anestesia, Draeger Narkomed.

N<sub>2</sub>O : óxido nitroso ; O<sub>2</sub> : oxígeno .

De: Loeb RG, Feldman J. Máquinas de anestesia. En: Enciclopedia de instrumentos y dispositivos médicos, 2.ª ed., Webster JG (Ed), Wiley, Hoboken, Nueva Jersey 2006. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/0471732877> . Copyright © 2006. Reproducido con permiso de John Wiley & Sons Inc. Esta imagen ha sido proporcionada por Wiley o es propiedad de este. Se necesita permiso adicional antes de poder descargarlo en PowerPoint, imprimirlo, compartirlo o enviarlo por correo electrónico. Comuníquese con el departamento de permisos de Wiley por correo electrónico: [permisos@wiley.com](mailto:permisos@wiley.com) o utilice el servicio RightsLink haciendo clic en el enlace 'Solicitar permiso' que acompaña a este artículo en la biblioteca en línea de Wiley ( <http://onlinelibrary.wiley.com> ).



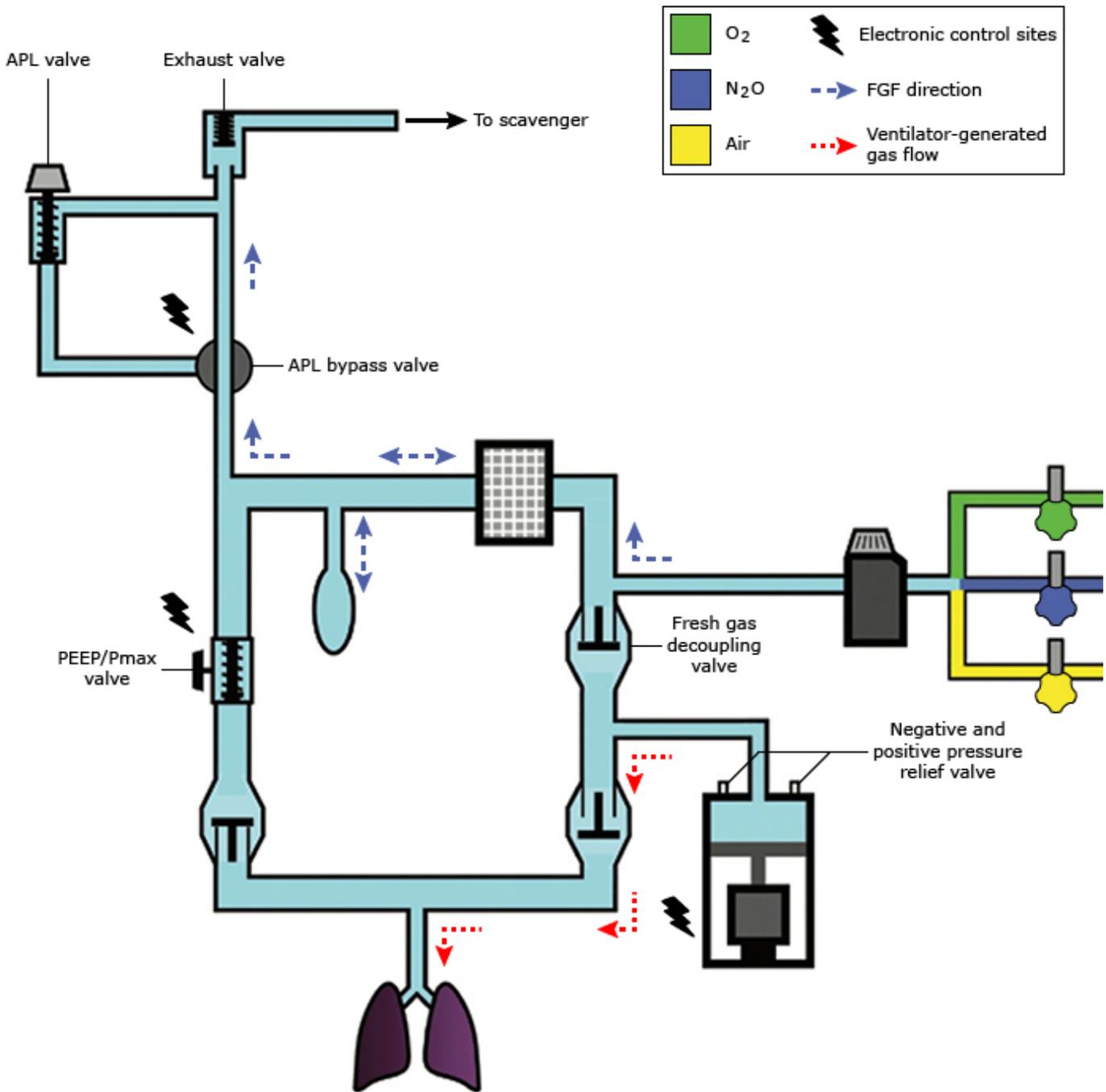
## Componentes del sistema de respiración circular.



Válvula APL: válvula limitadora de presión ("pop-off") ajustable.

De: Loeb RG, Feldman J. Máquinas de anestesia. En: Enciclopedia de instrumentos y dispositivos médicos, 2.ª ed., Webster JG (Ed), Wiley, Hoboken, Nueva Jersey 2006. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/0471732877>. Copyright © 2006. Adaptado con permiso de John Wiley & Sons Inc. Esta imagen ha sido proporcionada por Wiley o es propiedad de este. Se necesita permiso adicional antes de poder descargarlo en PowerPoint, imprimirlo, compartirlo o enviarlo por correo electrónico. Comuníquese con el departamento de permisos de Wiley por correo electrónico: [permisos@wiley.com](mailto:permisos@wiley.com) o utilice el servicio RightsLink haciendo clic en el enlace 'Solicitar permiso' que acompaña a este artículo en la biblioteca en línea de Wiley (<http://onlinelibrary.wiley.com>).

# Esquema funcional simplificado de la máquina de anestesia Fabius, Tiro o Apollo



El diagrama muestra la máquina durante la fase inspiratoria de una respiración mecánica (flechas azules discontinuas, dirección del FGF; flechas rojas punteadas, flujo de gas generado por el ventilador) con la válvula inspiratoria abierta y la válvula espiratoria cerrada. Los relámpagos indican sitios de control electrónico. Durante la ventilación espontánea o manual, el exceso de gas se expulsa del circuito respiratorio a través de la válvula APL, que queda excluida del sistema durante la ventilación mecánica. Desde las salidas de pared o los cilindros, los gases presurizados (O<sub>2</sub>, verde; aire, amarillo; N<sub>2</sub>O, azul) pasan a través de reguladores de presión en la entrada de la máquina de anestesia. El gas fresco se mide mediante controles mecánicos con caudalímetros electrónicos y luego fluye a través de un vaporizador mecánico convencional (excepto el desflurano, que es electrónico). Una válvula de desacoplamiento de gas

fresco dirige el FGF durante la fase inspiratoria a la bolsa del depósito y, una vez llena, a la válvula de escape. Durante la fase espiratoria anterior, el ventilador de pistón accionado electrónicamente se habría llenado con gas de la bolsa de depósito y, si la bolsa de depósito estuviera vacía, la válvula de alivio de presión negativa del ventilador se habría abierto para introducir aire ambiental. Durante la inspiración, el volumen corriente del ventilador de pistón se suministra directamente al paciente sin contribución de FGF. La válvula PEEP/Pmax controlada por el ventilador se cierra durante la inspiración de modo que solo se presuriza el lado del paciente del circuito respiratorio. Durante la exhalación, el exceso de gas se expulsa del circuito a través de una válvula de escape que aporta una PEEP insignificante.

---

O<sub>2</sub> : oxígeno ; N<sub>2</sub>O : óxido de nitrógeno ; FGF: flujo de gas fresco; APL: limitación de presión ajustable; PEEP: presión positiva al final de la espiración; Pmax: presión máxima.

---

*Adaptado de: Hendrickx JF, De Wolf AM. La estación de trabajo de anestesia: ¿Quo Vadis?. Anesth Analg 2018; 127:671. DOI: [10.1213/ANE.0000000000002688](https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002688) . Copyright © 2018 Sociedad Internacional de Investigación en Anestesia. Reproducido con autorización de Wolters Kluwer Health. Está prohibida la reproducción no autorizada de este material.*

---

Gráfico 120028 Versión 3.0

## Resumen de recomendaciones para la verificación de máquinas de anestesia de la Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos

Artículo por completar	Fiesta responsable
<b>Para completar diariamente</b>	
Punto #1: Verificar que el cilindro de oxígeno auxiliar y el dispositivo de ventilación manual autoinflable estén disponibles y funcionando	Proveedor y técnico
Ítem #2: Verificar que la succión del paciente sea adecuada para despejar las vías respiratorias	Proveedor y técnico
Punto #3: Encienda el sistema de administración de anestesia y confirme que haya energía de CA disponible	Proveedor o técnico
Punto #4: Verificar la disponibilidad de los monitores requeridos, incluidas las alarmas	Proveedor o técnico
Ítem #5: Verifique que la presión sea adecuada en el cilindro de oxígeno de repuesto montado en la máquina de anestesia.	Proveedor y técnico
Ítem #6: Verifique que las presiones del gas en la tubería sean $\geq 50$ psig	Proveedor y técnico
Punto #7: Verifique que los vaporizadores estén adecuadamente llenos y, si corresponde, que los puertos de llenado estén bien cerrados	Proveedor o técnico
Ítem #8: Verifique que no haya fugas en las líneas de suministro de gas entre los medidores de flujo y la salida de gas común	Proveedor o técnico
Ítem #9: Probar la función del sistema de eliminación de residuos	Proveedor o técnico
Ítem #10: Calibrar o verificar la calibración del monitor de oxígeno y verificar la alarma de oxígeno bajo	Proveedor o técnico
Ítem #11: Verificar que el absorbente de dióxido de carbono no esté agotado	Proveedor o técnico
Punto #12: Pruebas de fugas y presión del sistema respiratorio	Proveedor y técnico
Ítem #13: Verificar que el gas fluya adecuadamente a través del circuito respiratorio tanto durante la inspiración como la exhalación.	Proveedor y técnico
Punto #14: Documentar la finalización de los procedimientos de pago	Proveedor y técnico

Ítem #15: Confirmar la configuración del ventilador y evaluar la preparación para brindar atención anestésica ( <b>tiempo de espera de la anestesia</b> )	Proveedor
<b>Debe completarse antes de cada procedimiento.</b>	
Ítem #2: Verificar que la succión del paciente sea adecuada para despejar las vías respiratorias	Proveedor y técnico
Punto #4: Verificar la disponibilidad de los monitores requeridos, incluidas las alarmas	Proveedor o técnico
Punto #7: Verifique que los vaporizadores estén adecuadamente llenos y, si corresponde, que los puertos de llenado estén bien cerrados	Proveedor
Ítem #11: Verificar que el absorbente de dióxido de carbono no esté agotado	Proveedor o técnico
Punto #12: Pruebas de fugas y presión del sistema respiratorio	Proveedor y técnico
Ítem #13: Verificar que el gas fluya adecuadamente a través del circuito respiratorio tanto durante la inspiración como la exhalación.	Proveedor y técnico
Punto #14: Documentar la finalización de los procedimientos de pago	Proveedor y técnico
Ítem #15: Confirmar la configuración del ventilador y evaluar la preparación para brindar atención anestésica ( <b>tiempo de espera de la anestesia</b> )	Proveedor

CA: corriente alterna; psig: libras por pulgada cuadrada.

*Reproducido con autorización de: Riutort KT, Eisenkraft JB. La estación de trabajo de anestesia y los sistemas de administración de anestésicos inhalados. En: Anestesia clínica, 7ª ed, Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, et al. (Eds), Lippincott Williams & Wilkins, Filadelfia 2013. Copyright © 2013 Lippincott Williams & Wilkins. [www.lww.com](http://www.lww.com).*

## Alarma de pérdida de energía eléctrica.

Manifestaciones	▪ Mensaje de alarma que indica que el sistema está funcionando con batería.
	▪ Pérdida de iluminación de la habitación.
	▪ Pérdida de energía en otros dispositivos.
	▪ Pantalla(s) en blanco.
	▪ El ventilador deja de funcionar si no hay respaldo de batería.
Causas potenciales	▪ Factores del paciente (ninguno).
	▪ Factores de equipamiento.
	• Fallo de red
	◦ En toda la instalación
	◦ En el disyuntor
	◦ En el tomacorriente de interrupción del circuito de falla a tierra (GFCI)
	◦ Fusible quemado (potencialmente en la salida de extensión)
	◦ Estación de trabajo de anestesia desconectada
• Batería agotada	
Respuestas sugeridas	▪ Verifique al paciente: es posible que deba ventilar manualmente, es posible que deba monitorear manualmente si hay una pérdida de energía en los monitores electrónicos.
	▪ Estación de trabajo de anestesia con suministro neumático de oxígeno preservado. Las pantallas electrónicas y el ventilador funcionan hasta que se agota la batería.
	▪ Obtenga otras fuentes de luz si se corta la energía de iluminación (linterna de emergencia, teléfono celular).
	▪ Pruebe con otro tomacorriente (la mayoría de los quirófanos cuentan con más de un disyuntor), idealmente un tomacorriente conectado a la red eléctrica de emergencia.
	▪ Desenchufe el último dispositivo enchufado o activado, luego reinicie el disyuntor o reemplace el fusible quemado.
	▪ Conservar el suministro de batería.

- Convertir al modo de ventilación espontánea/manual (si el ventilador funciona eléctricamente)

- Notificar a la instalación.

O: quirófano.

Gráfico 113667 Versión 1.0

## Alarma de presión de suministro de O<sub>2</sub>

Manifestaciones	▪ Mensaje de alarma por presión de suministro de O <sub>2</sub> baja
	▪ Pérdida de flujo de O <sub>2</sub> y óxido nitroso.
	▪ Pérdida de flujo de aire en algunas estaciones de trabajo de anestesia (con válvula de seguridad en la tubería de aire)
	▪ Pérdida de flujo auxiliar de O <sub>2</sub>
	▪ Pérdida del ciclo del ventilador (con ventilador accionado neumáticamente)
Causas potenciales	▪ Factores del paciente (ninguno)
	▪ Factores de equipamiento
	• Pérdida de suministro de O <sub>2</sub> en la tubería
	◦ En toda la instalación
	◦ En la válvula de zona
	◦ Manguera de tubería de O <sub>2</sub> desconectada
• Cilindro de O <sub>2</sub> de respaldo vacío	
Respuestas sugeridas	▪ Cilindro de respaldo abierto de O <sub>2</sub>
	• Si esto no restablece el flujo de O <sub>2</sub> , entonces el cilindro de respaldo está vacío o no está montado correctamente.
	▪ Conservar O <sub>2</sub>
	• Terminar la ventilación mecánica (si es un ventilador accionado neumáticamente)
	• Disminución de flujos de O <sub>2</sub> (caudalímetros principales y auxiliares)
	▪ Es posible que aún pueda administrar aire con anestésicos inhalados incluso con pérdida de presión de O <sub>2</sub>
	▪ Obtenga un cilindro de O <sub>2</sub> de respaldo adicional que se ajuste al yugo de la estación de trabajo de anestesia.
	▪ Ventile con una bolsa de reanimación manual conectada a un cilindro de O <sub>2</sub> separado si no hay flujo de O <sub>2</sub> de aire desde la estación de anestesia.

O2 : oxígeno ·

---

Gráfico 113668 Versión 1.0

## Descripción general de la alarma de apnea

Ventilación mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apnea: solo presión</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falsa alarma: umbral demasiado alto</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga en el sistema respiratorio</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconexión u obstrucción del tubo del sensor de presión</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apnea: solo flujo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falsa alarma: umbral alto (p. ej., neonato)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de flujo defectuoso (p. ej., debido a humedad o filamento roto)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apnea-CO<sub>2</sub> solamente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea de muestra del capnómetro agrietada o desconectada</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intubación esofágica</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paro cardíaco</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apnea-flujo y apnea-CO<sub>2</sub></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción del sistema respiratorio</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga grande en el manguito (no hay gas exhalado en el sistema respiratorio)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intubación esofágica</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apnea-presión y apnea-flujo y apnea-CO<sub>2</sub></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconexión del sistema respiratorio</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal funcionamiento del ventilador apagado o falla del ciclo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Succión de las vías respiratorias inferiores (sonda gástrica en la tráquea, succión traqueal/bronquial)</li> </ul>	
Ventilación espontánea o manual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sólo presión de apnea</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falsa alarma: al cambiar de ventilación mecánica a ventilación espontánea (la presión de apnea no se aplica en el modo espontáneo)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sólo flujo de apnea</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falsa alarma: umbral alto (neonato)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torcedura u obstrucción incompleta del tubo endotraqueal</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema respiratorio se desconecta con el paciente aún conectado al sitio de muestreo de CO<sub>2</sub></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de flujo defectuoso (p. ej., debido a humedad o filamento roto)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apnea-CO<sub>2</sub> solamente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea de muestra del capnómetro agrietada o desconectada</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apnea-flujo y apnea-CO<sub>2</sub> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apnea del paciente</li> <li>• Obstrucción del sistema respiratorio</li> <li>• Obstrucción de las vías respiratorias (ETT o LMA)</li> <li>• Desconexión del sistema respiratorio</li> <li>• Succión de las vías respiratorias inferiores (sonda gástrica en la tráquea, succión traqueal/bronquial)</li> <li>• Intubación esofágica</li> <li>• Paro cardiaco</li> </ul> </li> </ul>

Diagnóstico diferencial basado en modo de ventilación y combinación de alarmas.

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono; TET: tubo endotraqueal; LMA: vía aérea con mascarilla laríngea.

## Alarma de presión de apnea

Manifestaciones	▪ Fuelles vacíos
	▪ Bolsa de depósito vacía (en el sistema respiratorio circular desacoplado de gas fresco)
	▪ Fuelle o pistón del ventilador fijo
Causas potenciales	▪ Factores del paciente (ninguno)
	▪ Factores de equipamiento
	• Falsa alarma
	◦ Al cambiar de ventilación mecánica a ventilación espontánea
	◦ Configuración de alarma de presión umbral demasiado alta
	◦ Desconexión u obstrucción de la línea del sensor de presión
	• Reducción o pérdida del flujo de gas hacia el sistema respiratorio.
	◦ Fuga dentro de la máquina de anestesia aguas abajo de los caudalímetros
	◦ Fuga dentro del vaporizador (solo ocurre cuando el vaporizador está encendido; a menudo la tapa de llenado se deja abierta)
	◦ Manguera de gas fresco suelta u obstruida
	◦ Gas fresco mal dirigido a la salida de gas común auxiliar
	• Fuga o desconexión del sistema respiratorio
	◦ En las vías respiratorias (fuga del manguito o de la mascarilla)
	◦ Dentro del sistema respiratorio
	▪ Conexiones de tubería flojas o desconectadas
	▪ Recipiente absorbente de CO <sub>2</sub> agrietado o no sellado correctamente
	▪ Línea de muestra del analizador de gas suelta o desconectada
▪ Válvula de alivio del ventilador con fugas	
◦ En ventilador	
• Presión negativa aplicada al sistema respiratorio (consulte también la tabla sobre alarma de presión negativa en las vías respiratorias)	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tubo gástrico en la tráquea</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aspiración traqueal/bronquial intencional (p. ej., fibra óptica)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mal funcionamiento del sistema de eliminación a través de la válvula de alivio del ventilador</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal funcionamiento del ventilador apagado o falla del ciclo</li> </ul>
Respuestas sugeridas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinar si se está produciendo ventilación del paciente (examinar el tórax, auscultar los pulmones, comprobar la forma de onda de CO<sub>2</sub> y los monitores respiratorios, comprobar la SpO<sub>2</sub>)</li> <li>▪ Busque desconexión del circuito respiratorio.</li> <li>▪ Llene el circuito respiratorio con altos flujos de gas fresco.</li> <li>▪ Desconecte al paciente y pruebe rápidamente la presión del sistema respiratorio para determinar si hay una fuga en la estación de trabajo o en las vías respiratorias.</li> <li>▪ Verifique que el ventilador esté funcionando</li> <li>▪ Cambiar a ventilación manual</li> <li>▪ Si es necesario, ventile con dispositivo de reanimación manual conectado a O<sub>2</sub></li> </ul>

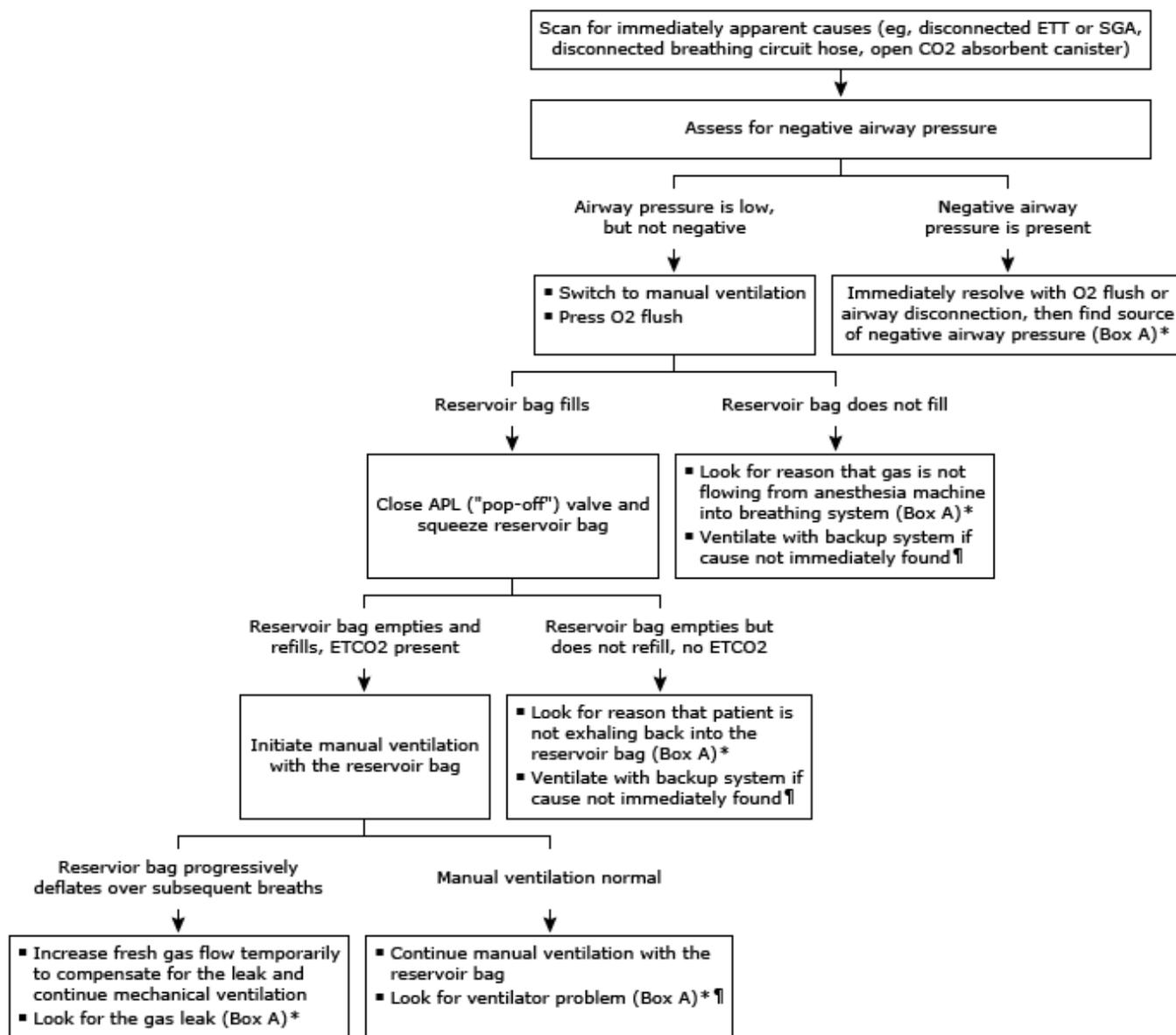
Sólo es pertinente durante la ventilación mecánica con presión positiva; consulte otras alarmas de apnea para ventilación espontánea o manual.

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono; SpO<sub>2</sub> : oximetría de pulso; O<sub>2</sub> : oxígeno .

*Referencia:*

1. Raphael DT, Weller RS, Doran DJ. Un algoritmo de respuesta para la condición de alarma de baja presión. *Anesth Analg* 1988; 67:876.

## Evaluación de la alarma de apnea de baja presión en las vías respiratorias durante la ventilación con una estación de anestesia



TET: tubo endotraqueal; AGE: vía aérea supraglótica; CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono; O<sub>2</sub>: oxígeno; Válvula APL: válvula limitadora de presión regulable; ETCO<sub>2</sub>: presión parcial al final de la espiración de dióxido de carbono.

\* Consulte el contenido de UpToDate sobre diagnóstico y manejo de fallas de funcionamiento de las máquinas de anestesia.

¶ Considere reemplazar la máquina de anestesia y el ventilador.

## Alarma de flujo de apnea

Manifestaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuelle o pistón del ventilador fijo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sin movimiento respiratorio del paciente.</li> </ul>
Causas potenciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores del paciente               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apnea del paciente (sin esfuerzo respiratorio)</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores de equipamiento               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falsa alarma                   <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Umbral alto (neonato)</li> <li>◦ Sensor de flujo defectuoso (humedad, filamento quemado)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El gas exhalado sale del sistema respiratorio antes del medidor de flujo.               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Fuga grande en el manguito (no hay gas exhalado en el sistema respiratorio)</li> <li>◦ Succión de las vías respiratorias inferiores (sonda gástrica en la tráquea, succión traqueal/bronquial)</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuga o desconexión del sistema respiratorio</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción del sistema respiratorio</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción de las vías respiratorias (ETT o LMA)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal funcionamiento del ventilador apagado o falla del ciclo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinar si se está produciendo ventilación del paciente (examinar e tórax, auscultar los pulmones, comprobar la forma de onda de CO<sub>2</sub> y los monitores respiratorios, comprobar la SpO<sub>2</sub>)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Busque desconexión u obstrucción del circuito respiratorio.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verifique que el ventilador esté funcionando</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiar a ventilación manual</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si es necesario, ventile con un dispositivo de reanimación manual conectado a oxígeno.</li> </ul>

TET: tubo endotraqueal; LMA: vía aérea con mascarilla laríngea; CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono; SpO<sub>2</sub> : oximetría de pulso.



## Alarma de apnea-CO<sub>2</sub>

Manifestaciones	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pérdida de capnograma</li></ul>
Causas potenciales	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Factores del paciente<ul style="list-style-type: none"><li>• Apnea del paciente (sin esfuerzo respiratorio)</li><li>• Intubación esofágica</li><li>• Paro cardíaco</li></ul></li><li>▪ Factores de equipamiento<ul style="list-style-type: none"><li>• Falsa alarma<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Línea de muestra del capnómetro agrietada o desconectada</li></ul></li><li>• El gas exhalado sale del sistema respiratorio antes del sitio de muestreo.<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Fuga grande en el manguito (no hay gas exhalado en el sistema respiratorio)</li><li>◦ Succión de las vías respiratorias inferiores (sonda gástrica en la tráquea, succión traqueal/bronquial)</li></ul></li><li>• Desconexión del sistema respiratorio</li><li>• Obstrucción del sistema respiratorio</li><li>• Obstrucción de las vías respiratorias (ETT o LMA)</li><li>• Mal funcionamiento del ventilador apagado o falla del ciclo</li></ul></li></ul>
Respuestas sugeridas	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Comprobar la circulación (electrocardiograma y pletismograma)</li><li>▪ Determinar si se está produciendo ventilación del paciente (examinar e tórax, auscultar los pulmones, comprobar los monitores respiratorios, comprobar la SpO<sub>2</sub>)</li><li>▪ Descartar intubación esofágica si fue intubado recientemente</li><li>▪ Busque desconexión u obstrucción del circuito respiratorio.</li><li>▪ Verifique que el ventilador esté funcionando</li><li>▪ Cambiar a ventilación manual</li><li>▪ Si es necesario, ventile con dispositivo de reanimación manual conectado a O<sub>2</sub></li></ul>

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono; TET: tubo endotraqueal; LMA: vía aérea con mascarilla laríngea; SpO<sub>2</sub> : oximetría de pulso; O<sub>2</sub> : oxígeno .

---

Gráfico 113672 Versión 1.0

## Alarma de presión alta en las vías respiratorias

Manifestaciones	▪ Presión elevada en las vías respiratorias en el manómetro
	▪ Mayor pendiente del circuito presión-volumen
	▪ Mensaje de alarma "Volumen corriente no entregado, límite de presión"
Causas potenciales	▪ Factores del paciente
	• Bajo cumplimiento
	◦ Toser o saltar
	◦ Insuflación peritoneal quirúrgica
	◦ Ventilación intencional de un solo pulmón
	◦ Intubación principal
	◦ Edema pulmonar
	◦ Neumotórax, especialmente neumotórax a tensión.
	• Alta resistencia
	◦ Broncoespasmo
	◦ Laringoespasmo
	◦ Obstrucción de las vías respiratorias por mucosas, sangre, cuerpo extraño.
	▪ Factores de equipamiento
	• Tubo endotraqueal torcido u obstruido
	• Mayor volumen tidal entregado
◦ Alto caudal de gas fresco con ventilador no compensado	
◦ Flujo de oxígeno durante la inspiración.	
• Atascamiento de la respiración debido a un tiempo espiratorio inadecuado	
• Sistema respiratorio obstruido en el tubo inspiratorio	
◦ Equipos mal colocados, como válvula PEEP o humidificador.	
Respuestas sugeridas	▪ Revise al paciente (busque movimiento y signos de tos, observe el movimiento del tórax del paciente, ausculte los pulmones)

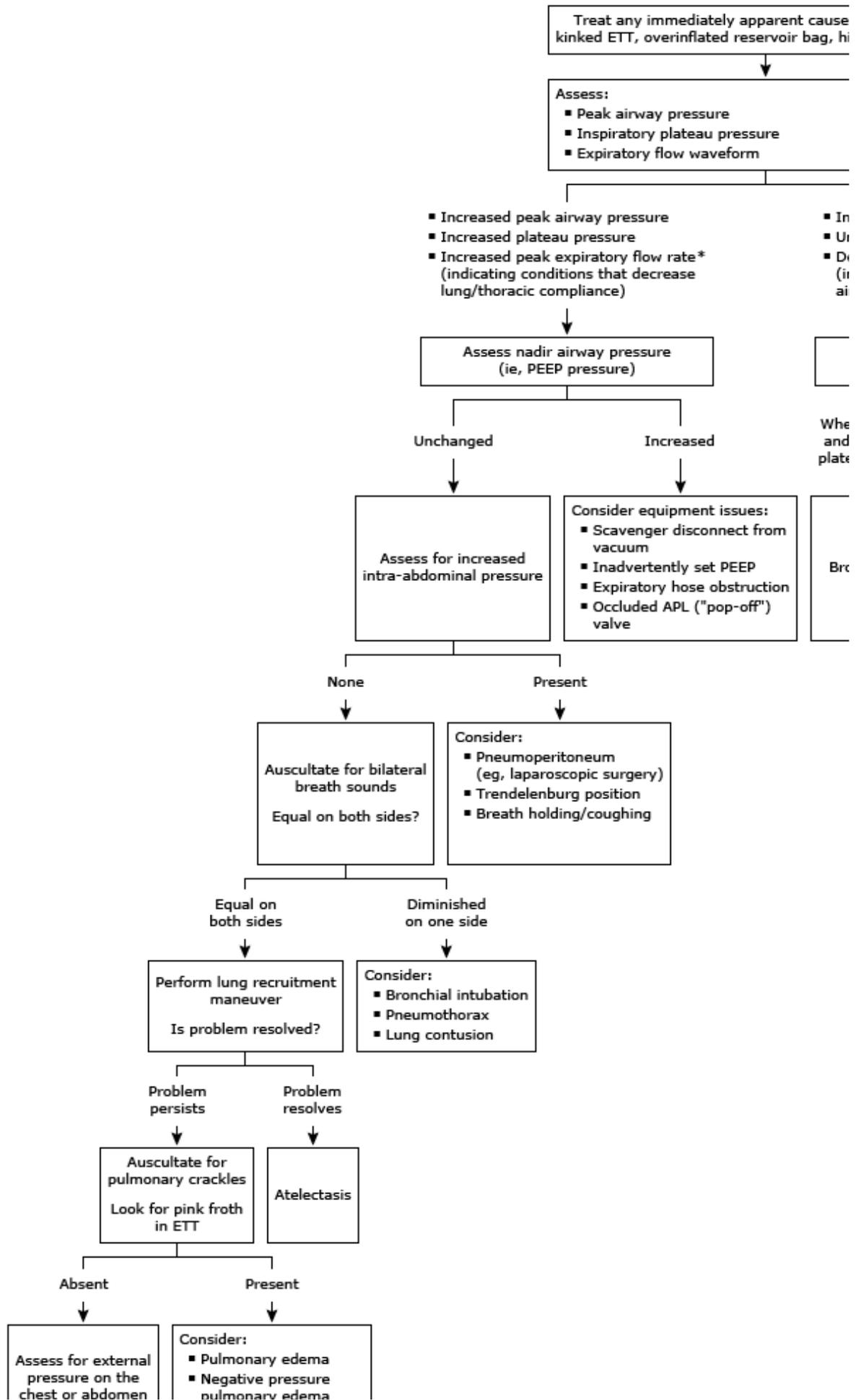
- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Observe la forma de la curva de presión de las vías respiratorias y la porción espiratoria del circuito flujo-volumen (para diferenciar una resistencia alta de una distensibilidad baja)</li></ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Observe la forma del capnograma (para diagnosticar la resistencia de las vías respiratorias pequeñas)</li></ul>   |
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pase el catéter de succión por el tubo endotraqueal (para detectar torceduras, tapones mucosos u otras obstrucciones)</li></ul>   |

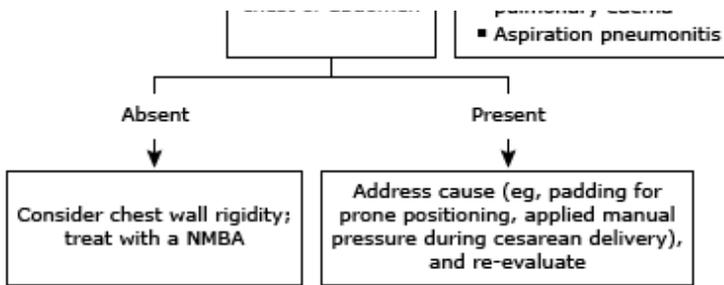
PEEP: presión positiva al final de la espiración.

---

Gráfico 113673 Versión 1.0

# **Evaluación de la alarma de presión máxima alta en las vías respiratorias durante la ventilación con una estación de trabajo de anestesia**





PEEP: presión positiva al final de la espiración; APL: válvula limitadora de presión ajustable; TET: tubo endotraqueal; NMBA: agente bloqueante neuromuscular.

\* Examinar los trazados del flujo de las vías respiratorias o los circuitos de flujo-volumen para determinar si la tasa de flujo espiratorio máximo ha cambiado. Consulte el contenido de UpToDate sobre la ventilación mecánica en adultos durante la anestesia y la ventilación mecánica en la unidad de cuidados intensivos.

## Alarma de presión continua en las vías respiratorias

Manifestaciones	▪ Presión elevada continua en las vías respiratorias en el manómetro
	▪ Aumento reciente en el ajuste de PEEP
	▪ Bolsa de depósito hiperinflada
	▪ Conversión reciente de mascarilla a ETT o LMA
Causas potenciales	▪ Factores del paciente (ninguno)
	▪ Factores de equipamiento
	• Obstrucción de la rama espiratoria del sistema respiratorio.
	◦ válvula PEEP
	◦ Válvula espiratoria unidireccional
	• Escape del sistema respiratorio obstruido
	◦ Válvula APL cerrada u obstruida
	◦ Válvula de alivio del ventilador cerrada u obstruida
	◦ Obstrucción de la tubería entre la(s) válvula(s) de alivio y el eliminador
	• Obstrucción del flujo de salida del sistema de eliminación
◦ Salida de barrido baja con válvula de seguridad bloqueada	
Respuestas sugeridas	▪ Desconecte al paciente del sistema respiratorio.
	▪ Abrir válvula APL
	▪ Reduzca el caudal de gas fresco
	▪ Verificar el funcionamiento del sistema de recuperación

PEEP: presión positiva al final de la espiración; TET: tubo endotraqueal; LMA: vía aérea con mascarilla laríngea; APL: limitación de presión ajustable.

## Alarma de presión negativa en las vías respiratorias

Manifestaciones	▪ Presión en las vías respiratorias inferior a cero
	▪ Bolsa de depósito colapsada o fuelle
Causas potenciales	▪ Factores del paciente
	• Presión inspiratoria generada por el paciente con una bolsa de depósito vacía o un fuelle del ventilador
	▪ Factores de equipamiento
	• Succión aplicada debajo de las vías respiratorias.
	◦ Tubo gástrico en la tráquea
	◦ Succión traqueal/bronquial (p. ej., fibra óptica)
	• Succión aplicada por encima de las vías respiratorias.
◦ Sistema de recuperación que funciona mal	
Respuestas sugeridas	▪ Desconecte inmediatamente las vías respiratorias del sistema respiratorio.
	▪ Llene el sistema respiratorio con flujo de oxígeno o altos flujos de gas fresco.

## Alarma de O<sub>2</sub> inspirado bajo

<b>Manifestaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FiO<sub>2</sub> inferior a lo esperado</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SpO<sub>2</sub> baja</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baja concentración del agente anestésico (si entra aire en el sistema respiratorio)</li> </ul>
<b>Causas potenciales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores del paciente                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• El consumo de O<sub>2</sub> del paciente y el muestreo de gas exceden el caudal de O<sub>2</sub></li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores de equipamiento                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cruce del sistema de tuberías de gas</li> <li>• Fuente de O<sub>2</sub> mal llena</li> <li>• Mala conexión de la manguera de la tubería de O<sub>2</sub></li> <li>• Mezclador de gas entre tubería de O<sub>2</sub> y máquina de anestesia</li> <li>• Cruce de tuberías de gas dentro de la máquina de anestesia</li> <li>• Caudalímetro de O<sub>2</sub> agrietado</li> <li>• Entrada de aire al sistema respiratorio.                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Desconexión del circuito con respiración espontánea.</li> <li>◦ Desconexión de circuito con ventilador de fuelle colgante</li> <li>◦ Desconexión del circuito con ventilador de pistón.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar el caudal de O<sub>2</sub> y disminuir el caudal de otros gases.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Considere un mal funcionamiento del gas si la concentración de O<sub>2</sub> inspirado no aumenta                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abra el cilindro de respaldo de O<sub>2</sub> <b>Y</b> desconecte la manguera de la tubería de O<sub>2</sub> si se sospecha que hay un cruce de tuberías.</li> <li>• No utilice el caudalímetro de O<sub>2</sub> auxiliar en la estación de trabajo de anestesia tiene la misma fuente de O<sub>2</sub> que el caudalímetro de O<sub>2</sub> principal.</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventilar con bolsa de reanimación manual conectada a un cilindro de O<sub>2</sub> diferente</li> </ul>

FiO<sub>2</sub> : fracción de oxígeno inspirado; SpO<sub>2</sub> : oximetría de pulso; O<sub>2</sub> : oxígeno ·

## Alarma de CO<sub>2</sub> inspirado alto

Manifestaciones	▪ Forma anormal del capnograma con línea de base elevada
	▪ Absorbedor de CO <sub>2</sub> descolorido
	▪ Movimiento anormal de válvulas unidireccionales.
Causas potenciales	▪ Factores del paciente
	• Frecuencia respiratoria alta, volumen corriente pequeño en pediatría
	• Hipertermia maligna
	▪ Factores de equipamiento
	• Absorbedor de CO <sub>2</sub> agotado
	• Abra la conexión del recipiente de CO <sub>2</sub> autosellante (es decir, conexión rápida)
	• Administración intencional de CO <sub>2</sub> (p. ej., recién nacidos con ventrículo único)
	• Espacio muerto excesivo del aparato en relación con el volumen corriente (p. ej., recién nacido)
	• Válvula inspiratoria incompetente (atascada abierta)
	• Válvula espiratoria incompetente (atascada)
	• Se producen niveles bajos de CO <sub>2</sub> inspirado con circuitos de reinhalación como los circuitos Mapleson D o Bain.
• Desconexión del sistema respiratorio (durante la respiración espontánea)	
Respuestas sugeridas	▪ Aumente el caudal de gas fresco a una ventilación superior al minuto (el CO <sub>2</sub> inspirado desaparecerá si se agota el absorbente o disminuirá con el sistema de respiración Mapleson)
	▪ Reemplace el absorbente de CO <sub>2</sub> y verifique que el recipiente esté conectado correctamente
	▪ Aumentar la ventilación minuto (para compensar la reinhalación)
	▪ Inspeccionar, vibrar, secar y/o reparar válvulas unidireccionales
	▪ Cambie el modo del ventilador (espontáneo-manual versus mecánico) si la válvula unidireccional en el sistema de respiración desacoplado de

gas fresco es incompetente

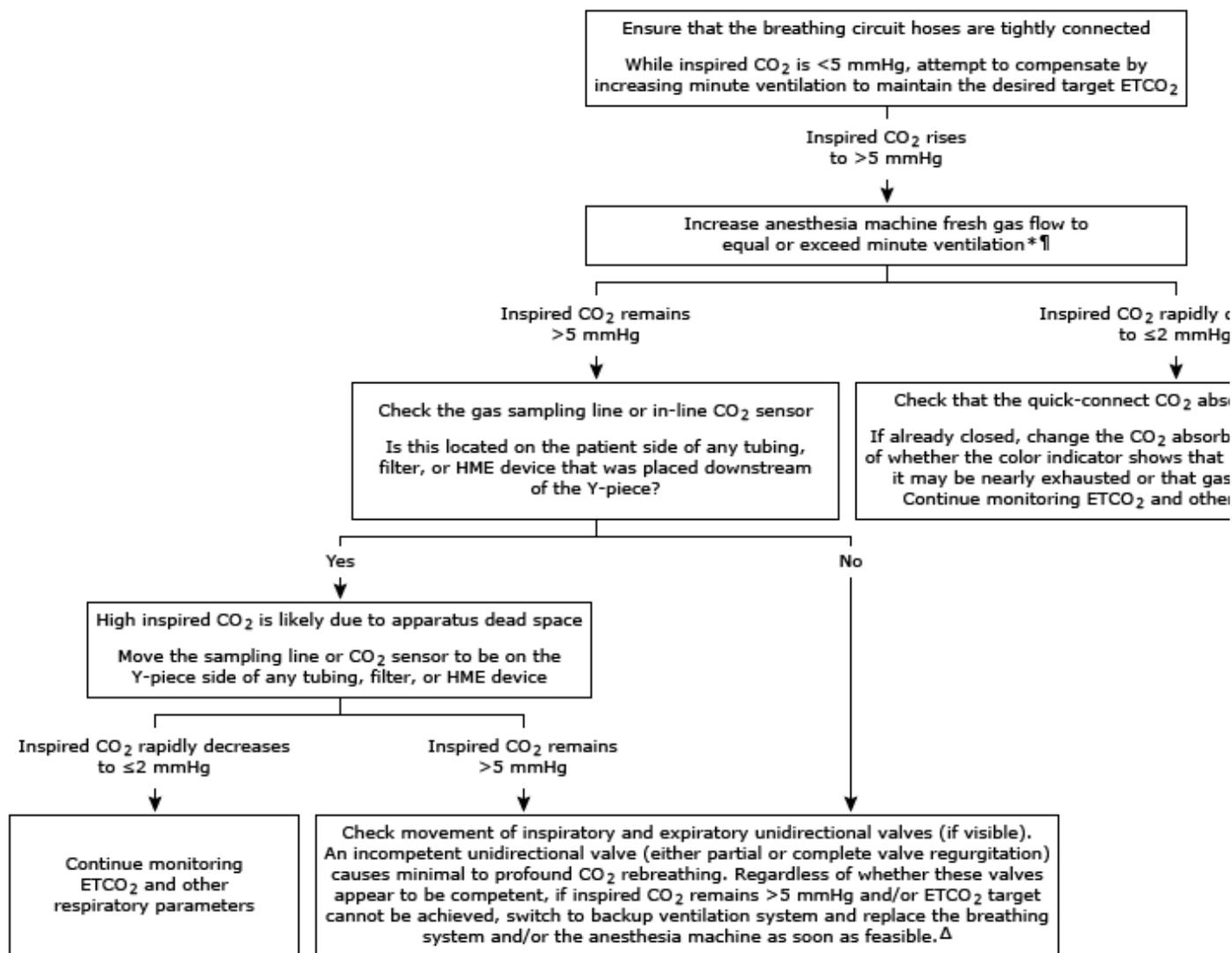
---

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono.

---

Gráfico 113677 Versión 1.0

## Evaluación de niveles elevados de CO<sub>2</sub> inspirado durante la ventilación con una estación de anestesia



Este algoritmo se desarrolló para pacientes sometidos a ventilación con presión positiva estándar mediante una máquina de anestesia.

CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono; ETCO<sub>2</sub>: dióxido de carbono al final de la espiración; HME: intercambio de calor y humedad; RR: frecuencia respiratoria.

\* Si se utiliza un sistema de respiración Mapleson (poco común en Estados Unidos), la reinhalación de CO<sub>2</sub> es normal. Puede ser necesario un flujo muy alto de gas fresco de la máquina de anestesia para disminuir tanto el CO<sub>2</sub> inspirado como el ETCO<sub>2</sub>, especialmente si el paciente es un adulto de gran tamaño.

¶ El CO<sub>2</sub> inspirado alto puede ser un artefacto si RR >30 respiraciones/minuto. (La RR alta causa artefactos que incluyen lecturas altas de CO<sub>2</sub> inspirado y lecturas bajas de ETCO<sub>2</sub> cuando el monitor de CO<sub>2</sub> no puede rastrear cambios rápidos, como lo indica la falta de mesetas inspiratorias y espiratorias en la forma de onda).

Δ Consulte el contenido de UpToDate sobre el diagnóstico y manejo de fallas de funcionamiento de las máquinas de anestesia.

---

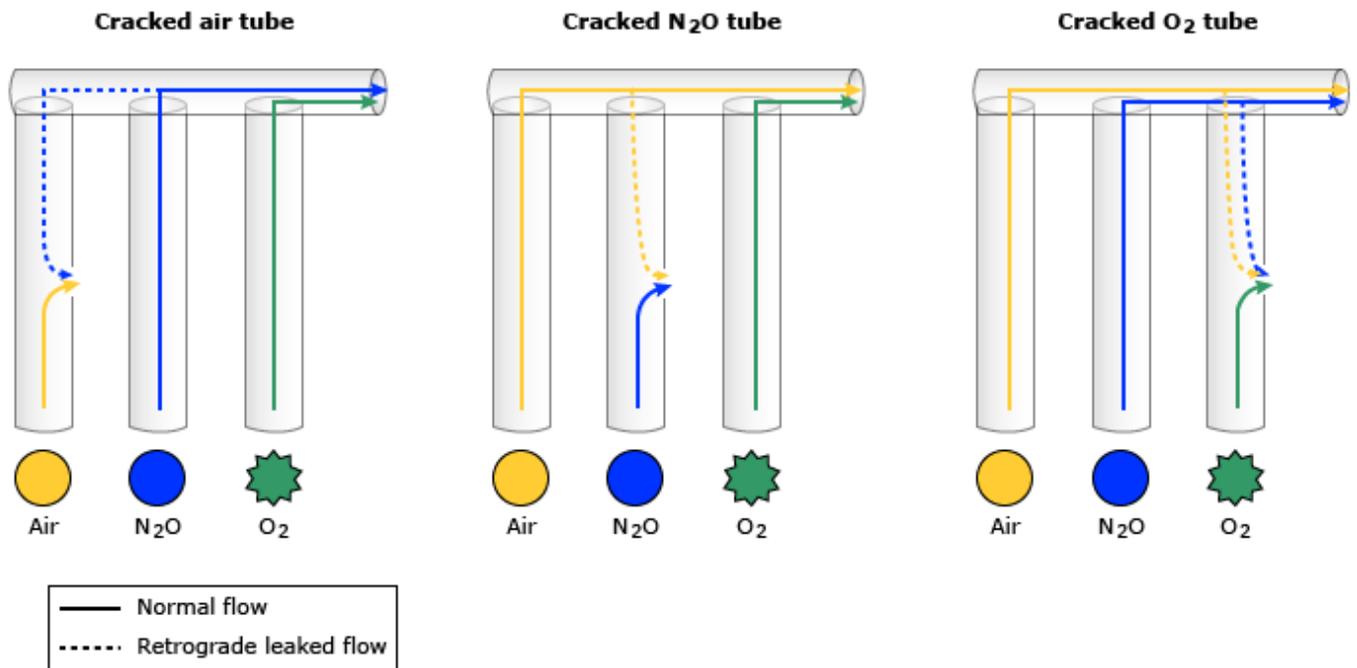
Gráfico 141484 Versión 1.0

## Agente anestésico de baja inspiración.

Manifestaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Signos de anestesia "ligera"</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concentración de anestésico medida inferior a la prevista (normalmente no hay alarma configurada para esto)</li> </ul>	
Causas potenciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores del paciente (ninguno)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores de equipamiento:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• vaporizador vacío</li> </ul> </li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tapa del vaporizador suelta</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaporizador mal colocado</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada de aire al sistema respiratorio.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradación anestésica por cal sodada o baralyme.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores de usuario:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente equivocado en vaporizador</li> </ul> </li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuelles rellenos mediante descarga de oxígeno.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de gas fresco muy bajo</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No encender el vaporizador</li> </ul>	
	Respuestas sugeridas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar el caudal de gas fresco</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar la configuración del vaporizador</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Llenar vaporizador</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verifique la tapa del vaporizador y la conexión al colector.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiar vaporizadores</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verifique que el absorbente de CO<sub>2</sub> no esté caliente o decolorado en el extremo opuesto de donde normalmente cambia de color.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplace el absorbente de CO<sub>2</sub></li> </ul> </li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Convertir a anestésico intravenoso</li> </ul>		

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono.

## Secuencia del caudalímetro



El oxígeno es el último gas que ingresa al colector para evitar mezclas hipóxicas debido a fugas en otros caudalímetros.

O<sub>2</sub> : oxígeno , N<sub>2</sub> O: óxido nítrico.

Gráfico 114773 Versión 1.0

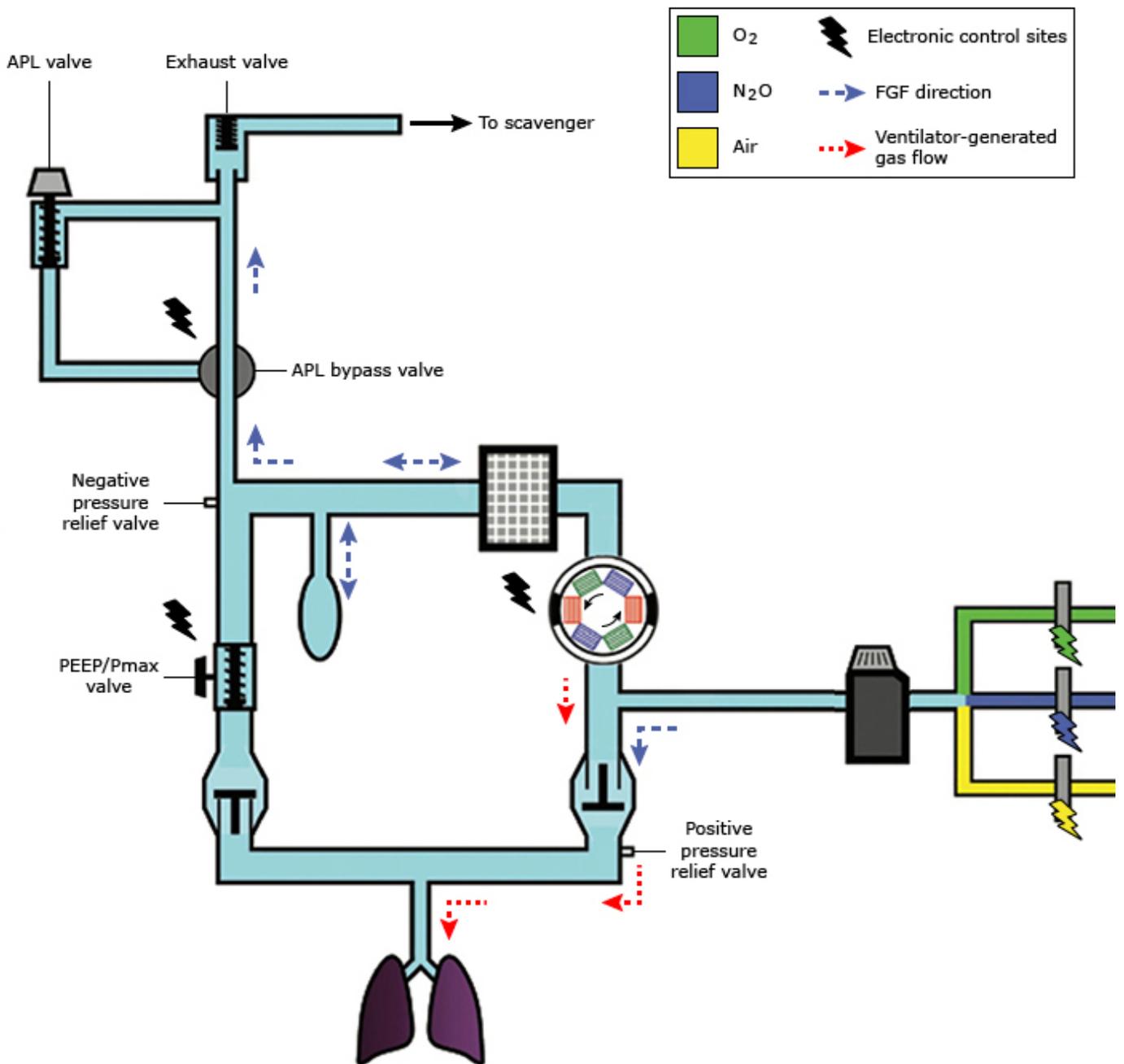
## Prueba de fuga de presión negativa



Se emplea una prueba de fuga de presión negativa para detectar fugas en un medidor de flujo u otros componentes internos de la máquina de anestesia. Con esta prueba, todos los flujos de gas comprimido se ajustan a cero, luego se conecta una pera de succión a la salida de gas común de la máquina de anestesia y se aprieta repetidamente hasta que colapsa, como se muestra en esta foto. La bombilla no permanecerá colapsada si hay una fuga. (Consulte los temas que describen la máquina de anestesia para obtener más información).



## Diagrama funcional simplificado de una máquina de anestesia Perseus.



El diagrama muestra la máquina durante la fase inspiratoria de una respiración mecánica (flechas azules discontinuas, dirección del FGF; flechas rojas punteadas, flujo de gas generado por el ventilador) con la válvula inspiratoria abierta y la válvula espiratoria cerrada. Los relámpagos indican sitios de control electrónico. Durante la ventilación espontánea o manual, el exceso de gas se expulsa del circuito respiratorio a través de la válvula APL, que queda excluida del sistema durante la ventilación mecánica. Desde las salidas de pared o los cilindros, los gases presurizados (O<sub>2</sub>, verde; aire, amarillo; N<sub>2</sub>O, azul) pasan a través de reguladores de presión en la entrada de la máquina de anestesia. El gas fresco se mide mediante controles mecánicos o electrónicos (opción de compra) con caudalímetros electrónicos y luego fluye a través de un vaporizador mecánico convencional (excepto desflurano). Una turbina accionada electrónicamente mezcla los gases en el sistema (acortando los tiempos de respuesta) y entrega un

volumen corriente medido (compensando inmediatamente el flujo continuo de gas fresco). La válvula PEEP/Pmax controlada por el ventilador se cierra durante la inspiración de modo que solo se presuriza el lado del paciente del circuito respiratorio. Durante la exhalación, el exceso de gas se expulsa del circuito a través de una válvula de escape que aporta una PEEP insignificante.

---

O<sub>2</sub> : oxígeno ; N<sub>2</sub>O : óxido de nitrógeno ; FGF: flujo de gas fresco; APL: limitación de presión ajustable; PEEP: presión positiva al final de la espiración; Pmax: presión máxima.

---

*Adaptado de: Hendrickx JF, De Wolf AM. La estación de trabajo de anestesia: ¿Quo Vadis?. Anesth Analg 2018; 127:671. DOI: [10.1213/ANE.0000000000002688](https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002688) . Copyright © 2018 Sociedad Internacional de Investigación en Anestesia. Reproducido con autorización de Wolters Kluwer Health. Está prohibida la reproducción no autorizada de este material.*

---

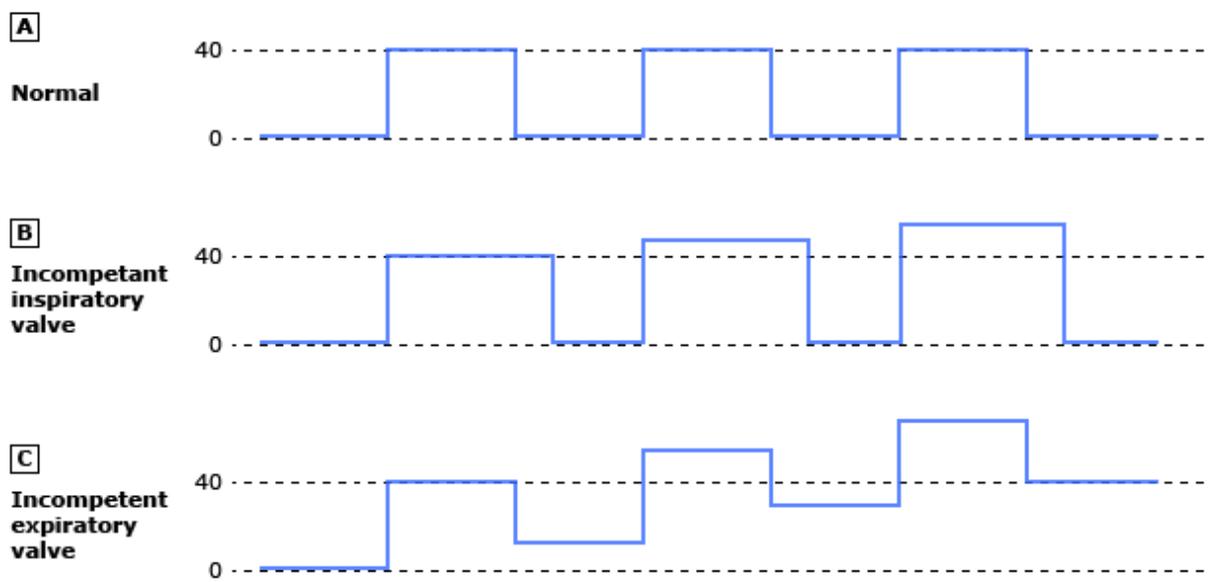
Gráfico 120114 Versión 4.0

## Tapón oclusivo rojo



Este tapón de goma, que había sido retirado del mercado por el fabricante, fue diseñado para insertarse en el puerto espiratorio del sistema respiratorio durante una verificación de fugas de baja presión previa al uso. Se produce una obstrucción completa del circuito respiratorio si la manguera del circuito respiratorio está conectada al otro lado del tapón. El fabricante sustituirá estos tapones potencialmente peligrosos por otros que no permitan la conexión de mangueras del circuito respiratorio.

## Válvula inspiratoria incompetente versus válvula espiratoria incompetente



La capnografía puede ayudar a distinguir una válvula inspiratoria incompetente de una válvula espiratoria incompetente.

(A) Normalmente, las válvulas inspiratoria y espiratoria impiden la reinhalación.

(B) Una válvula **inspiratoria** incompetente provoca cierta reinhalación, porque el gas exhalado fluye hacia la rama inspiratoria, que es pequeña. En la inspiración, se vuelve a inhalar el gas al final de la espiración, seguido de gas fresco. El resultado es un capnograma espiratorio prolongado, un CO<sub>2</sub> inspirado normal y un aumento lento del CO<sub>2</sub> al final de la espiración .

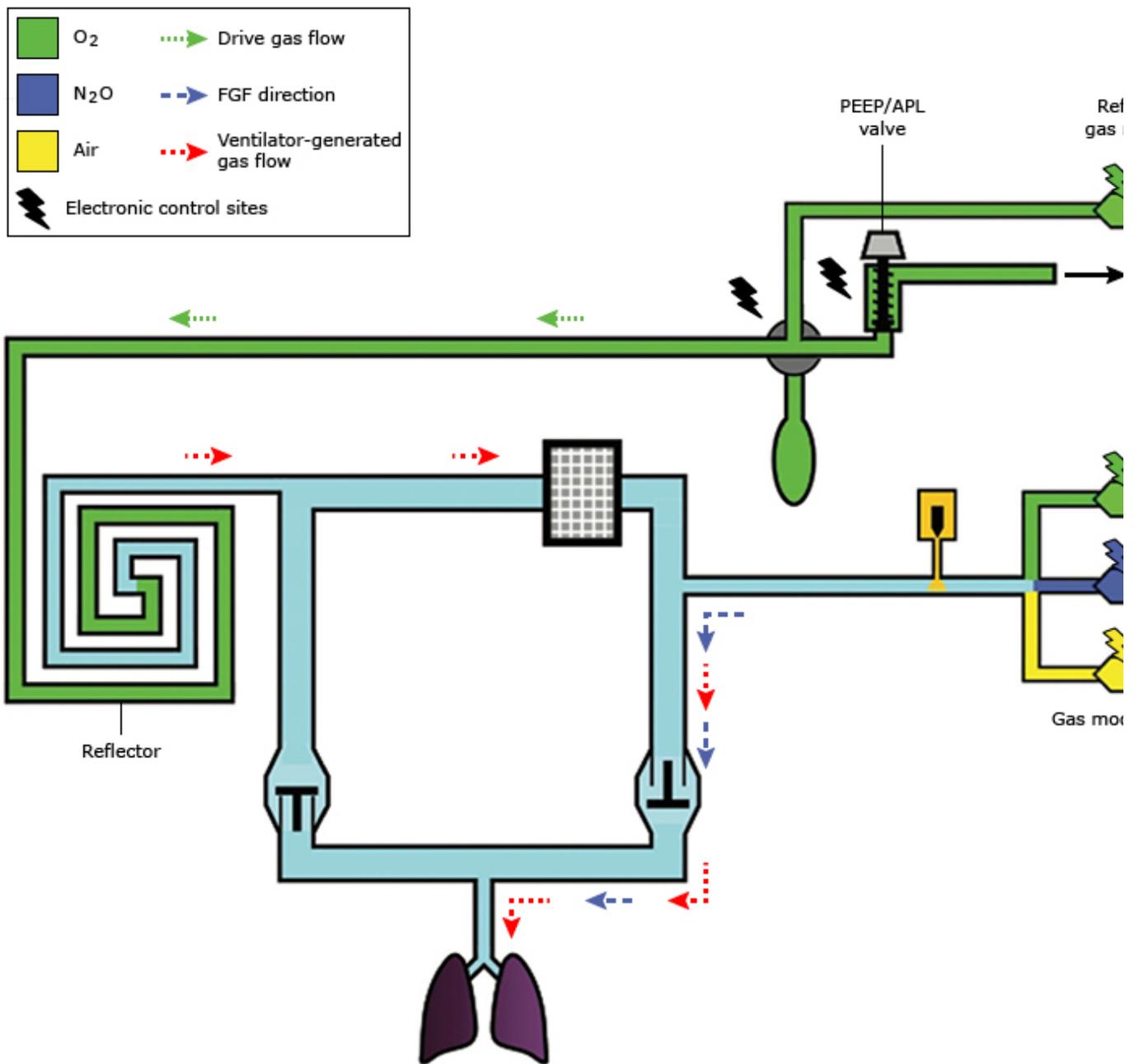
(C) Una válvula **espiratoria** incompetente provoca más reinhalación, porque la rama espiratoria contiene la bolsa reservorio o el fuelle del ventilador. Durante la inspiración, se vuelve a inhalar el gas fresco del tubo inspiratorio y el gas al final de la espiración del tubo espiratorio. El resultado es un capnograma espiratorio de longitud normal, CO<sub>2</sub> inspirado elevado y un aumento más rápido del CO<sub>2</sub> al final de la espiración . El aumento del flujo de gas fresco no disminuye el CO<sub>2</sub> inspirado (lo que ocurre cuando se agota el absorbente de CO<sub>2</sub> ).

---

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono.

---

## Diagrama funcional simple de una máquina de anestesia FLOW-i



El diagrama muestra la máquina durante la fase inspiratoria de una respiración mecánica (flechas azules de trazos largos, dirección de FGF; flechas rojas de trazos cortos, flujo de gas generado por el ventilador; flechas verdes de puntos, flujo de gas impulsor) con la válvula inspiratoria abierta y la válvula espiratoria cerrada. Los relámpagos indican sitios de control electrónico. Durante la ventilación espontánea o manual, el exceso de gas se expulsa del circuito respiratorio a través de la válvula APL, que queda excluida del sistema durante la ventilación mecánica. Desde las salidas de pared o los cilindros, los gases presurizados (O<sub>2</sub>, verde; aire, amarillo; N<sub>2</sub>O, azul) pasan a través de reguladores de presión externos antes de la entrada de la máquina de anestesia. El gas fresco se suministra a través de tres módulos de gas controlados electrónicamente con un flujo máximo de más de 20 L/minuto (O<sub>2</sub>, verde; aire, amarillo; N<sub>2</sub>O, azul), y el vapor se añade desde un vaporizador controlado electrónicamente que inyecta agente

líquido. en una cámara de vaporización calentada. El gas exhalado se almacena temporalmente en un tubo largo llamado reflector de volumen que reemplaza a un fuelle. La mezcla de gases dentro del reflector de volumen es mínima. El volumen corriente inspirado consta tanto del gas impulsor del reflector de volumen empujado hacia el paciente por el módulo de gas reflector como del gas fresco de su entrada al circuito respiratorio. La válvula APL/PEEP controlada electrónicamente se cierra durante la inhalación mecánica. Durante la exhalación, el exceso de gas se expulsa del circuito a través de la válvula APL/PEEP, que no aporta ninguna PEEP obligatoria.

---

O<sub>2</sub> : oxígeno ; N<sub>2</sub>O : óxido de nitrógeno ; FGF: flujo de gas fresco; APL: limitación de presión ajustable; PEEP: presión positiva al final de la espiración.

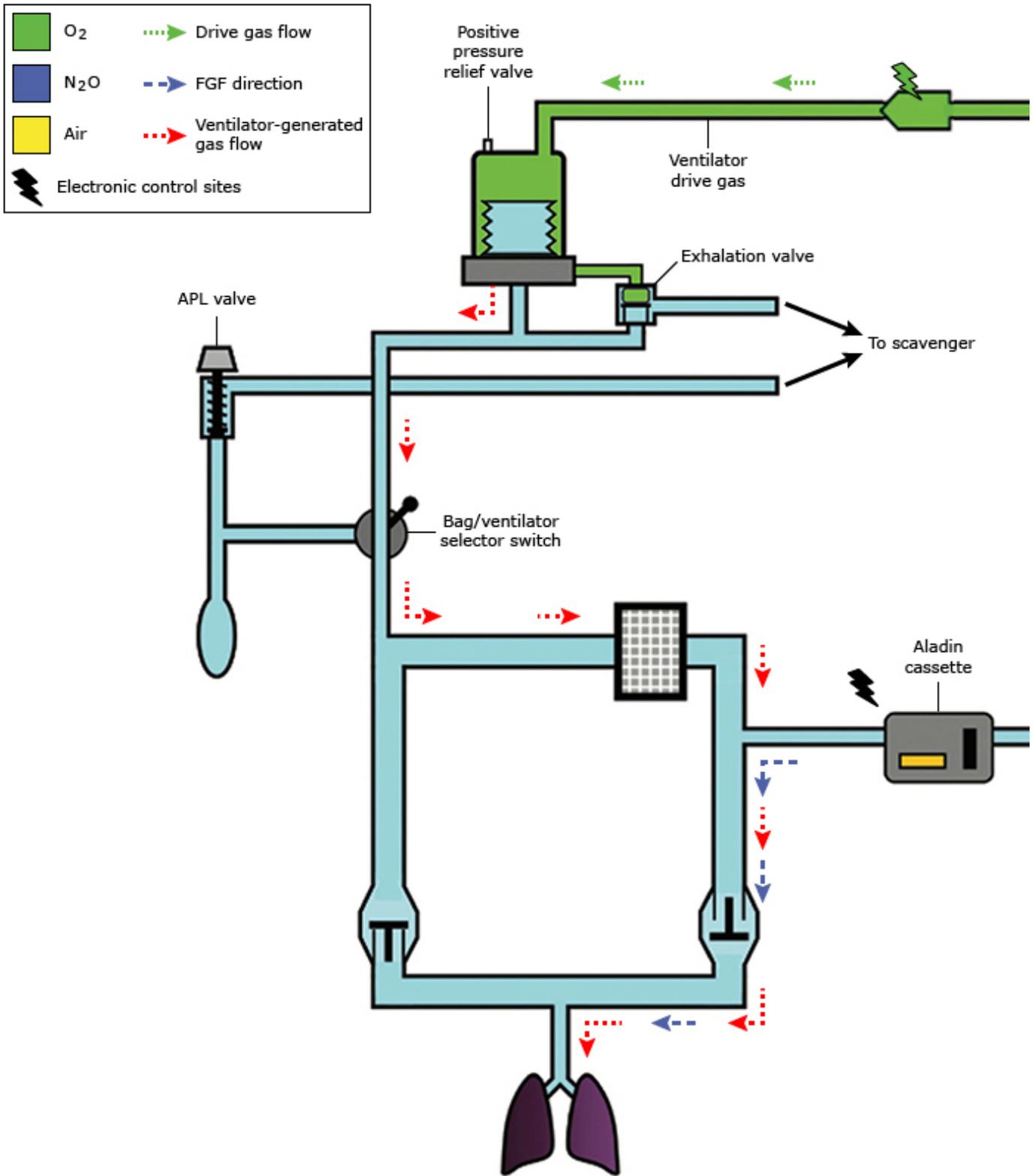
---

*Adaptado de: Hendrickx JF, De Wolf AM. La estación de trabajo de anestesia: ¿Quo Vadis?. Anesth Analg 2018; 127:671. DOI: [10.1213/ANE.0000000000002688](https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002688) . Copyright © 2018 Sociedad Internacional de Investigación en Anestesia. Reproducido con autorización de Wolters Kluwer Health. Está prohibida la reproducción no autorizada de este material.*

---

Gráfico 120116 Versión 3.0

# Esquema funcional simplificado de una máquina de anestesia Aisys



El diagrama muestra la máquina durante la fase inspiratoria de una respiración mecánica (flechas azules de trazos largos, dirección de FGF; flechas rojas de trazos cortos, flujo de gas generado por el ventilador; flechas verdes de puntos, flujo de gas impulsor) con la válvula inspiratoria abierta y la válvula espiratoria

cerrada. Los relámpagos indican sitios de control electrónico. Durante la ventilación espontánea o manual, el exceso de gas se expulsa del circuito respiratorio a través de la válvula APL, que queda excluida del sistema durante la ventilación mecánica. Desde las salidas de pared o los cilindros, los gases presurizados ( $O_2$ , verde; aire, amarillo;  $N_2O$ , azul) pasan a través de reguladores de presión en la entrada de la máquina de anestesia. El gas fresco se mide mediante controles electrónicos con medidores de flujo electrónicos y luego la mezcla fluye a través de un vaporizador de derivación variable controlado electrónicamente. La mezcla de gas anestésico resultante ingresa al sistema circular proximal a la válvula inspiratoria. El oxígeno comprimido de la salida de la pared se mide electrónicamente (compensando, mediante respiraciones secuenciales, el flujo continuo de gas fresco) para impulsar los fuelles del ventilador. Todo el circuito respiratorio está presurizado durante la inspiración. Durante la exhalación, el exceso de gas se expulsa del fuelle a través de una válvula de escape que aporta una PEEP obligatoria de 3  $cmH_2O$ .

---

$O_2$  : oxígeno ,  $N_2O$  : óxido de nitrógeno , FGF: flujo de gas fresco; APL: limitación de presión ajustable; PEEP: presión positiva al final de la espiración.

---

*Adaptado de: Hendrickx JF, De Wolf AM. La estación de trabajo de anestesia: ¿Quo Vadis?. Anesth Analg 2018; 127:671. DOI: [10.1213/ANE.0000000000002688](https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002688) . Copyright © 2018 Sociedad Internacional de Investigación en Anestesia. Reproducido con autorización de Wolters Kluwer Health. Está prohibida la reproducción no autorizada de este material.*

---

Gráfico 120085 Versión 3.0

## Componentes de un sistema de eliminación de residuos.

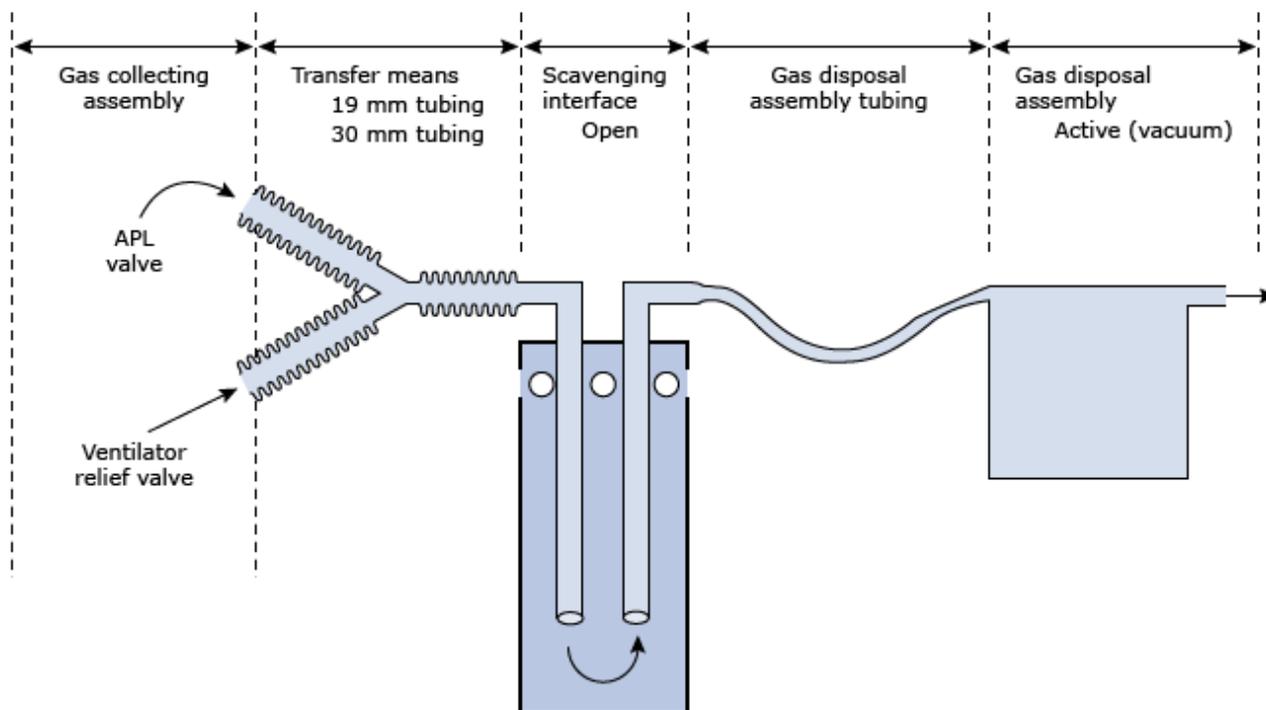
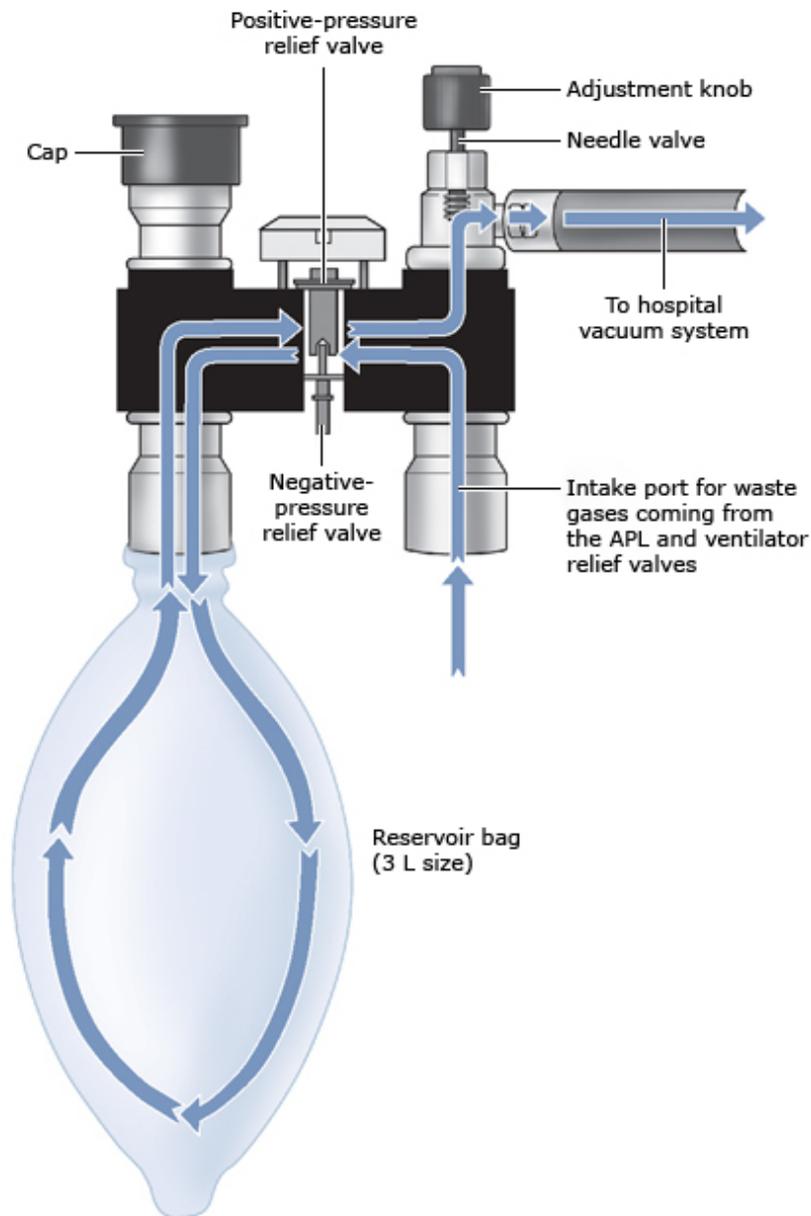


Diagrama de los componentes del sistema de eliminación de gases anestésicos residuales (comúnmente denominado sistema de eliminación) de una máquina de anestesia. Este sistema evita una presión positiva o negativa excesiva en la salida de las válvulas de escape de la máquina de anestesia y también evita la ventilación de gases anestésicos residuales al quirófano. ( En este gráfico se muestra un sistema de recuperación abierto/activo).

APL: válvula limitadora de presión ajustable; CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono.

*Reproducido con autorización de: Riutort KT, Eisenkraft JB. La estación de trabajo de anestesia y los sistemas de administración de anestésicos inhalados. En: Clinical Anesthesia, 8.ª ed, Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, et al (Eds), Wolters Kluwer, Filadelfia 2017. Copyright © 2017 Wolters Kluwer Health.*

## Sistema de barrido cerrado



APL: Limitador de presión ajustable.

---

*Reproducido con autorización de: Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. La máquina de anestesia. En: Anestesiología clínica de Morgan & Mikhail, 5.ª ed., McGraw-Hill, 2013. Copyright © 2013 McGraw-Hill Education. McGraw-Hill Education no hace declaraciones ni garantiza la exactitud de la información contenida en el Material educativo de McGraw-Hill, incluidas las garantías de comerciabilidad o idoneidad para un propósito particular. En ningún caso McGraw-Hill Education tendrá responsabilidad alguna ante ninguna parte por daños especiales, incidentales, agravios o consecuentes que surjan de o en conexión con el Material educativo de McGraw-Hill, incluso si McGraw-Hill Education ha sido informado de la posibilidad. de tales daños.*

---

## Circuito Mapleson D (Bain)



Circuito Bain (un circuito Mapleson D modificado) conectado a una salida de gas común auxiliar de una máquina de anestesia contemporánea. La perilla verde es la válvula limitadora de presión ajustable (APL) y la manguera azul conduce al sistema de eliminación.

El sistema de respiración circular y el ventilador de la máquina de anestesia, que se ven en esta foto, no se utilizan cuando el circuito Bain está conectado. El circuito de respiración circular se puede reconocer por sus válvulas unidireccionales abovedadas, conectores de mangueras de respiración, válvula APL negra, recipiente absorbente de dióxido de carbono e interruptor selector. El ventilador se puede reconocer por

su fuelle. Las mangueras de inspiración y espiración de los sistemas de respiración circular no se muestran en esta fotografía.

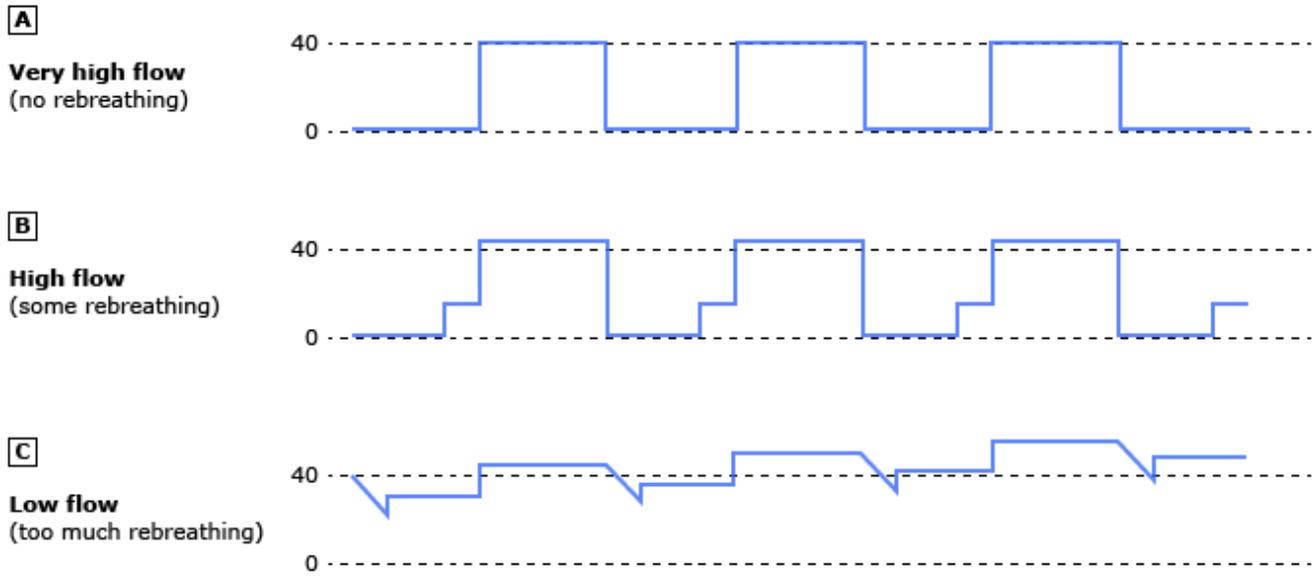
---

*Reproducido con permiso. Copyright © 2019 Mindray Norteamérica.*

---

Gráfico 121270 Versión 2.0

## Capnogramas de Mapleson



La capnografía puede ayudar a valorar el flujo de gas fresco adecuado cuando se utiliza un circuito respiratorio Mapleson y puede indicar una manguera de gas fresco con fugas o desprendida.

(A) Con caudales de gas fresco muy altos, es posible que haya poca o ninguna reinhalación y el capnograma tendrá un aspecto "normal". Sin embargo, en este caso el flujo de gas fresco es mayor de lo necesario.

(B) Cuando el flujo de gas fresco es óptimo, habrá algo de CO<sub>2</sub> inspirado, pero el CO<sub>2</sub> al final de la espiración será normal con una hiperventilación moderada. La forma distintiva que se muestra en el panel B proviene de un circuito Mapleson D (Bain), donde se inhala gas fresco seguido de algo de gas exhalado.

(C) Cuando el flujo de gas fresco es demasiado bajo, o cuando la manguera de gas fresco está rota o desconectada, habrá un nivel elevado de CO<sub>2</sub> inspirado y ninguna cantidad de hiperventilación evitará la hipercapnia.

---

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono.

---

## Circuito Mapleson E (pieza en T)



La obstrucción del flujo de salida a través de la rama abierta de la "T" podría provocar presiones en las vías respiratorias de hasta 50 psig, lo que equivale a 3515 cmH<sub>2</sub>O.

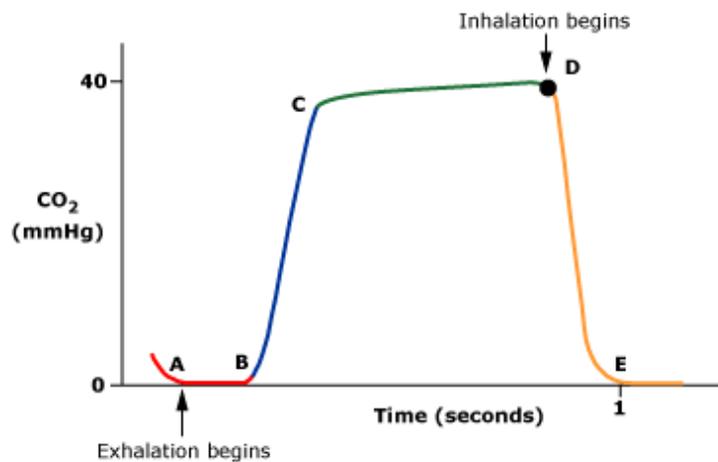
---

psig: libras por pulgada cuadrada; cmH<sub>2</sub>O: centímetros de agua.

---

Gráfico 114830 Versión 1.0

## Forma de onda normal de CO<sub>2</sub>



A - B: Ventilación del espacio muerto

B - C: Fase espiratoria ascendente

C - D: Meseta alveolar D: CO<sub>2</sub>

al final de la espiración D - E: Fase inspiratoria descendente

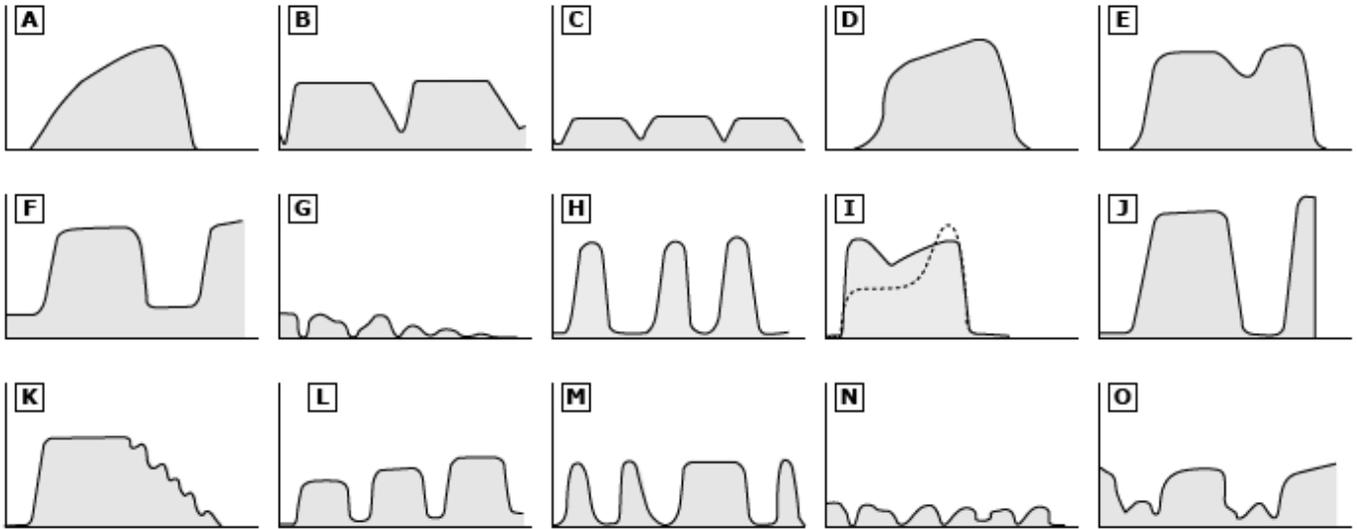
---

*Reproducido con autorización de: Krauss B, Deykin A, Lam A, et al. Forma de capnograma en la enfermedad pulmonar obstructiva. Anesth Analg 2005; 100:884. Copyright © 2005 Lippincott Williams y Wilkins.*

---

Gráfico 67700 Versión 11.0

## Formas de onda anormales del capnograma



(A) La fase II prolongada, el aumento del ángulo alfa y la fase III más pronunciada sugieren broncoespasmo u obstrucción de las vías respiratorias.

(B) Mal funcionamiento de la válvula espiratoria que produce elevación de la línea base y el ángulo entre la meseta alveolar y el recorrido descendente de la inspiración aumenta desde 90°. Esto se debe a la reinhalación de los gases espiratorios desde la rama espiratoria durante la inspiración.

(C) Mal funcionamiento de la válvula inspiratoria que resulta en la reinhalación de los gases espirados desde la rama inspiratoria durante la inspiración (referencia 1 para más detalles).

(D) Capnograma con fase II normal pero con pendiente aumentada de fase III. Este capnograma se observa en mujeres embarazadas bajo anestesia general (variante fisiológica normal y detalles en la referencia 2).

(E) Hendidura de Curare: el paciente intenta respirar durante una parálisis muscular parcial. Los movimientos quirúrgicos en el pecho y el abdomen también pueden provocar la hendidura del curare.

(F) La línea base está elevada como resultado de la reinhalación de dióxido de carbono.

(G) La intubación esofágica que resulta en el lavado gástrico del dióxido de carbono residual y el dióxido de carbono posterior será cero.

(H) Formas de onda de dióxido de carbono que respiran espontáneamente donde la fase III no está bien delineada.

(I) Capnograma dual en un paciente trasplantado de pulmón. El primer pico en la fase III proviene del pulmón normal trasplantado, mientras que el segundo pico proviene del pulmón enfermo nativo. Se ve una variación del capnograma dual (capnograma con signo de campanario - línea de puntos) si hay una fuga alrededor del puerto del sensor de corriente lateral en el monitor. Esto se debe a la dilución del  $\text{PCO}_2$  espirado con el aire atmosférico.

(J) Hiperpirexia maligna donde el dióxido de carbono aumenta gradualmente con una línea de base cero, lo que sugiere una mayor producción de dióxido de carbono con la absorción de dióxido de carbono por la cal sodada.

(K) Efecto dominó clásico durante la pausa espiratoria que muestra oscilaciones cardiogénicas. Estos ocurren como resultado del movimiento de vaivén de los gases espirados en el sensor debido al movimiento de los latidos del corazón durante la pausa espiratoria cuando la frecuencia respiratoria de la ventilación mecánica es baja. Las formas de onda con un efecto dominó también ocurren cuando el flujo directo de gases frescos desde una fuente durante la pausa espiratoria se entremezcla con los gases espiratorios en el sensor. (L) Aumento repentino de la línea base y la  $PCO_2$

al final de la espiración ( $PETCO_2$ ) debido a la contaminación del sensor con secreciones o vapor de agua. Se produce un aumento gradual de la línea base y del  $PETCO_2$  cuando se agota la cal sodada. (M) Respiraciones de ventilación mecánica intermitente (IMV) en medio de un paciente que respira espontáneamente. Una comparación de la altura de las respiraciones espontáneas con las respiraciones mecánicas es útil para evaluar la ventilación espontánea durante el proceso de destete.

(N) Reanimación cardiopulmonar: capnograma que muestra formas de onda positivas durante cada compresión, lo que sugiere una compresión cardíaca efectiva que genera sangre pulmonar.

(O) Capnograma que muestra la reinhalación durante la inspiración. Esto es normal en circuitos de reinhalación como el circuito Mapleson D o Bain.

---

*Referencias:*

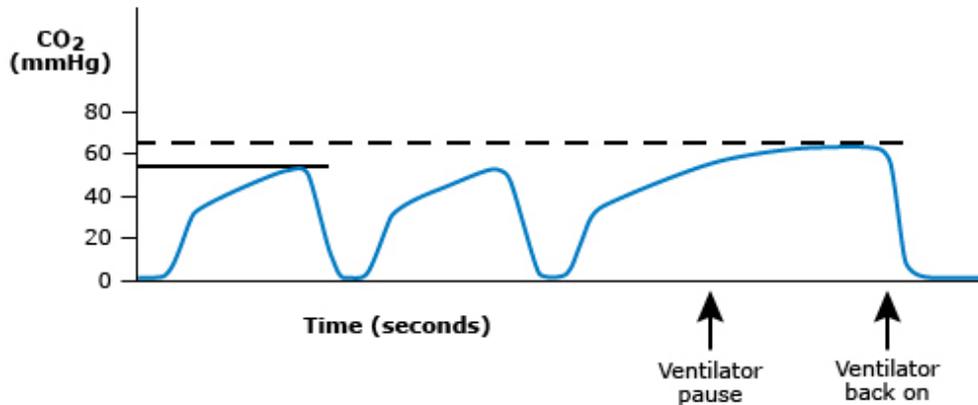
1. Bhavani-Shankar K, Kumar AY, Moseley HS, Ahyee-Hallsworth R. Terminología y limitaciones actuales de la capnografía temporal: una breve revisión. *J Clin Monit* 1995; 11:175.

2. Fletcher R. La prueba de aliento único para dióxido de carbono (Tesis). Lund, Suecia, Berlings, 1980.

De: Kodali BS. Capnografía fuera de los quirófanos. *Anestesiología* 2013; 118:192. DOI: [10.1097/ALN.0b013e318278c8b6](https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318278c8b6). Copyright © 2013 Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos. Reproducido con autorización de Lippincott Williams & Wilkins. Está prohibida la reproducción no autorizada de este material.

---

## Capnograma con meseta ascendente



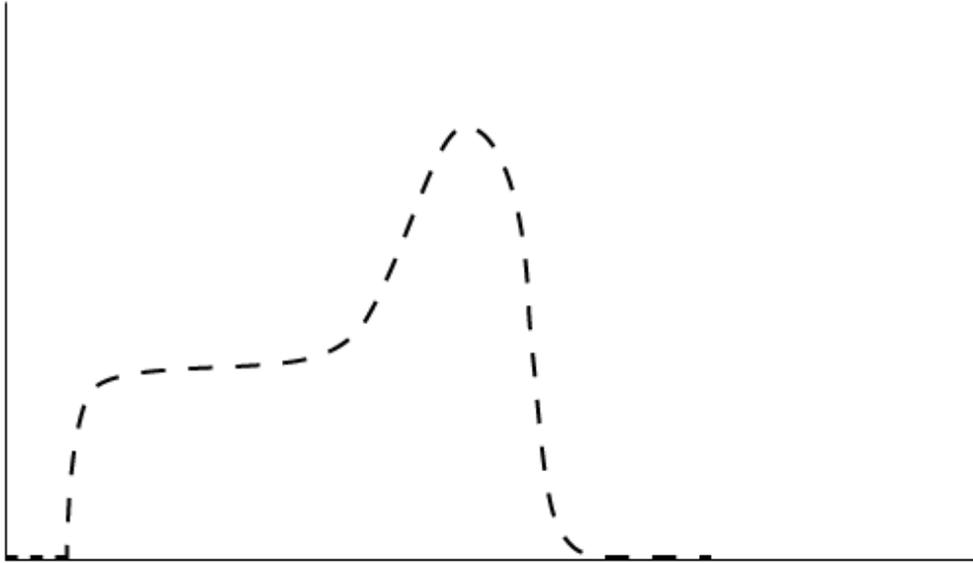
En pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva y una meseta de ETCO<sub>2</sub> ascendente, la inspiración puede ocurrir antes del final real de la espiración y dar como resultado un ETCO<sub>2</sub> falsamente bajo (línea continua). Reducir la frecuencia respiratoria (o detener brevemente el ventilador) debería permitir una exhalación completa y una lectura precisa de ETCO<sub>2</sub> (línea discontinua).

---

CO<sub>2</sub> : dióxido de carbono; ETCO<sub>2</sub> : dióxido de carbono al final de la espiración.

---

## Capnograma de signo de campanario



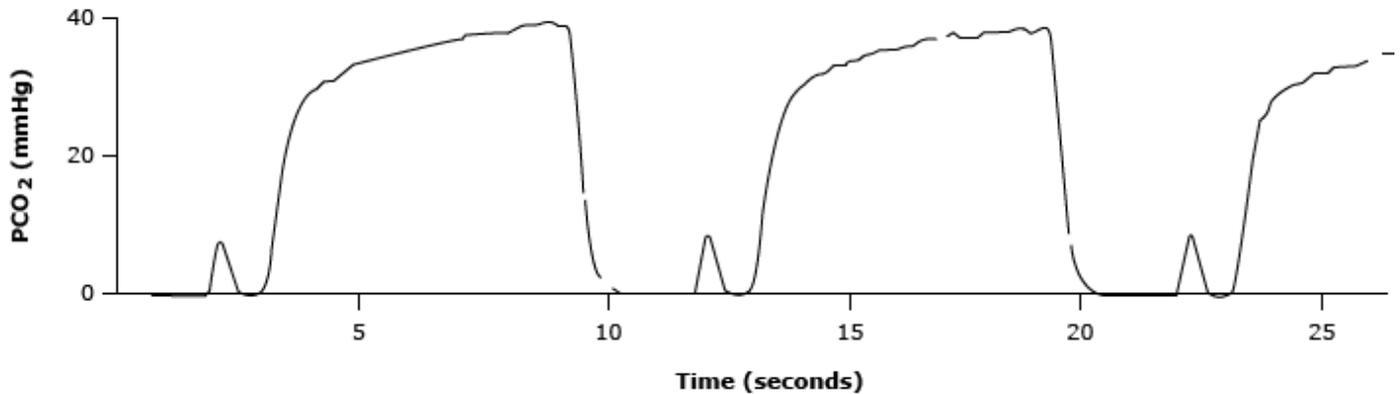
Se produce un capnograma de "signo de campanario" durante la ventilación con presión positiva cuando hay una fuga en la línea de muestra de un monitor de capnografía de flujo lateral. Esto ocurre porque el aire arrastrado a través de la fuga diluye el dióxido de carbono muestreado y la magnitud de la fuga varía con los cambios de presión fásicos en el circuito respiratorio.

---

*De: Kodali BS. Capnografía fuera de los quirófanos. Anestesiología 2013; 118:192. DOI: [10.1097/ALN.0b013e318278c8b6](https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318278c8b6) . Copyright © 2013 Sociedad Estadounidense de Anestesiólogos. Reproducido con autorización de Lippincott Williams & Wilkins. Está prohibida la reproducción no autorizada de este material.*

---

## Artefacto de capnograma debido a trampa de agua.



Capnogramas durante la ventilación mecánica. El tubo endotraqueal estaba parcialmente obstruido y la presión máxima en el circuito fue de 50 cm H<sub>2</sub>O. Las formas de onda indican una breve espiración durante la inspiración mecánica.

---

PCO<sub>2</sub> : presión parcial de dióxido de carbono; H<sub>2</sub>O : agua.

---

*De: van Genderingen HR, Gravenstein N. Artefacto de capnograma durante altas presiones en las vías respiratorias causadas por una trampa de agua. Anesth analgésico 1987; 66:185. Copyright © 1987 Sociedad Internacional de Investigación en Anestesia. Reproducido con autorización de Lippincott Williams & Wilkins. Está prohibida la reproducción no autorizada de este material.*

---

