

CAPITULO DE LIBRO
PRINCIPIO BASICOS DE LA VENTILACION MECANICA
BASIC PRINCIPLE OF MECHANICAL VENTILATION

Luisa Fernanda Acosta Riveros

Estudiante de Fisioterapia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6992-8179>

Universidad Santiago de Cali

Correo: luisa.acosta00@usc.edu.co

Daniela Fernanda Flórez Guerrero

Estudiante de Fisioterapia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0192-0322>

Universidad Santiago de Cali

Correo: daniela.florez00@usc.edu.co

Mariana Arango Osorio

Estudiante de Fisioterapia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1077-1891>

Universidad Santiago de Cali

Correo: mariana.arango00@usc.edu.co

José Julián Bernal Sánchez

Fisioterapeuta Especialista en Fisioterapia Cardiopulmonar

Magister en ciencias biomédicas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9708-8536>

Universidad Santiago de Cali

Correo: jose.bernal00@usc.edu.co

AGRADECIMIENTOS

Le damos gracias a Dios por darnos la sabiduría para culminar tan grande proceso, a nuestras familias por el acompañamiento constante y fundamental que tuvieron a lo largo de nuestra carrera profesional y todos los acontecimientos de esta y a nuestros familiares que se quedaron en el camino pero que desde el cielo nos guiaron y acompañaron por el mejor camino. Extendemos nuestros más grandes agradecimientos a cada profesor que aportó su granito de arena para que esto fuera posible, a nuestro tutor José Julián Bernal Sánchez por guiarnos para la realización de este Capítulo de libro y por último a nuestras compañeras por tan grande esfuerzo para cumplir nuestro objetivo.

RESUMEN

Introducción: La ventilación mecánica es un procedimiento terapéutico invasivo o no invasivo que puede reemplazar parcial o totalmente la función respiratoria; se lleva a cabo por medio de ventiladores y su manejo siempre debe estar a cargo de personal especializado. Esta puede definirse como un método físico que utiliza un aparato mecánico para el soporte artificial de la ventilación y la oxigenación, cuando el sistema respiratorio es insuficiente. Este capítulo de libro tiene como objetivo mencionar los principios básicos de la ventilación mecánica de forma detallada y entendible para estudiantes de pregrado. **Materiales y métodos:** Se realizó una búsqueda de bibliografía de artículos tipo descriptivos, analíticos y experimentales, revisiones sistemáticas y bibliográficas en las bases de datos: ScienceDirect, PubMed, Scielo, Scopus, al igual que se realizaron búsquedas de libros sobre ventilación mecánica y fisiología respiratoria. **Resultados:** teniendo en cuenta la información encontrados en las bases de datos y demás bibliografía, se extrajeron los datos más relevantes para dar a conocer los principios básicos de la ventilación en donde se incluye la definición, parámetros y variables y los distintos modos ventilatorios convencionales.

Conclusiones: Al no obtener mucha evidencia que fuese sencilla de comprender para estudiantes de pregrado, se optó por realizar un capítulo de libro donde se le facilitara al lector el aprendizaje de la ventilación mecánica de forma detallada y guiada, permitiendo así que los estudiantes de pregrado logren comprender los principios básicos de la ventilación y de esta misma forma mejorar el desempeño en la práctica clínica.

PALABRAS CLAVES: Ventilación Mecánica, ventilación invasiva, principios de ventilación, parámetros ventilatorios, variable des fase, modos ventilatorios.

ABSTRACT

Introduction: Mechanical ventilation is an invasive or non-invasive therapeutic procedure that can partially or totally replace respiratory function; it is carried out by means of ventilators and its management should always be performed by specialized personnel. It can be defined as a physical method that uses a mechanical device for the artificial support of ventilation and oxygenation, when the respiratory system is insufficient. This book chapter aims to mention the basic principles of mechanical ventilation in a detailed and understandable way for undergraduate students. **Materials and methods:** A bibliographic search of descriptive, analytical and experimental articles, systematic and bibliographic reviews was carried out in the following databases: ScienceDirect, PubMed, Scielo, Scopus, as well as searches for books on mechanical ventilation and respiratory physiology. **Results:** taking into account the information found in the databases and other bibliography, the most relevant data were extracted to make known the basic principles of ventilation where the definition, parameters and variables and the different conventional ventilatory modes are included.

Conclusions: Since we did not obtain much evidence that was easy to understand for undergraduate students, we decided to write a book chapter to facilitate the reader's learning of mechanical ventilation in a detailed and guided way, thus allowing undergraduate students to understand the basic principles of ventilation and thus improve their performance in clinical practice.

KEY WORDS: Mechanical ventilation, invasive ventilation, principles of ventilation, ventilatory parameters, phase variable, ventilatory modes.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	6
HISTORIA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA.....	6
VENTILACIÓN MECÁNICA.....	18
OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA	20
PRINCIPIOS BÁSICOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA	21
ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO.....	21
VARIABLE DE FASE Y CONTROL.....	30
VARIABLE DE FASE.....	31
VARIABLE DE CONTROL.....	33
CICLO RESPIRATORIO.....	35
TIPOS DE VENTILACIÓN	37
FASE INSPIRATORIA EN LA VENTILACIÓN MECÁNICA	38
FASE ESPIRATORIA (LÍNEA DE BASE)	42
MODOS VENTILATORIOS	45
MODOS VENTILATORIOS BÁSICOS	46
PARÁMETROS PROGRAMABLES:	48
VENTILACIÓN MANDATORIA INTERMITENTE SINCRONIZADA (SIMV)	48
VENTILACIÓN ESPONTÁNEA (SV)	49
PRESIÓN POSITIVA CONTINUA EN LA VÍA AÉREA (CPAP)	50
VENTILACIÓN CON PRESIÓN DE SOPORTE (PSV).....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	54

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un sin número de documentos y libros que definen y explican los principios básicos de ventilación mecánica; sin embargo, en los procesos de formación de pregrado de salud los contenidos están orientados en lenguajes técnicos y complejos. Este capítulo pretende, explicar estos conceptos en un lenguaje “coloquial”, que permita la orientación básica y fácil en ventilación mecánica.

En este texto el lector podrá encontrar definiciones sobre la ventilación mecánica, los principios fisiológicos y los principios básicos de esta misma. Los autores de este documento proponen códigos de colores para reflejar las diferentes explicaciones del texto.

Los textos en fondo azul representan una interpretación en términos genéricos de conceptos técnicos, de esta manera el lector podrá comprender de manera sencilla y breve estas definiciones. Los textos en color rosado contienen definiciones y conceptos textuales de los diferentes autores consultados para la elaboración de este documento adicionalmente se incluyen imágenes, tablas y graficas que puedan complementar e ilustrar los conceptos del capítulo.

Los autores esperan contribuir en el entendimiento de las variables de la ventilación mecánica.

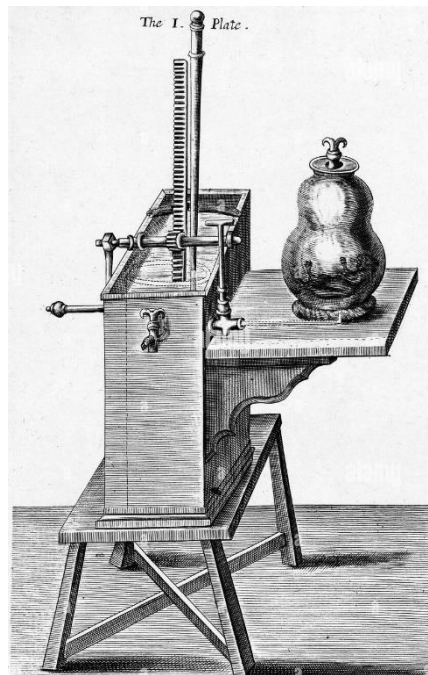
HISTORIA DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

La ventilación mecánica es importante cuando hablamos del cuidado de un paciente crítico, este soporte es primordial en los pacientes que manifiestan alteraciones en el sistema respiratorio y que ponen en riesgo su vida.

La historia de la ventilación mecánica se enlaza con la historia de la anatomía, la química, la fisiología y la medicina moderna. Teniendo esto en cuenta los anatomistas expusieron las conexiones que había entre los pulmones y el corazón, desarrollando así conocimientos sobre el funcionamiento de estos órganos, mientras los químicos y los fisiólogos complementaban los estudios.

Los médicos del renacimiento en el año 1602 llevaron a cabo diversas pruebas donde investigaron el movimiento, el pulso y la acción de las arterias y el corazón, hasta que lograron establecer la relación entre el pulmón, el corazón y el papel de la sangre; esta investigación fue de gran importancia para el desarrollo de múltiples descubrimientos. Los químicos y fisiólogos, en 1670 reconocieron una sustancia la cual era fundamental para mantener viva una llama; este experimento fue realizado por Boyle (Imagen 1) y consistió en colocar una llama en una pequeña cámara de cristal, la cual se apagaría, pero al colocar un animal, este moriría.

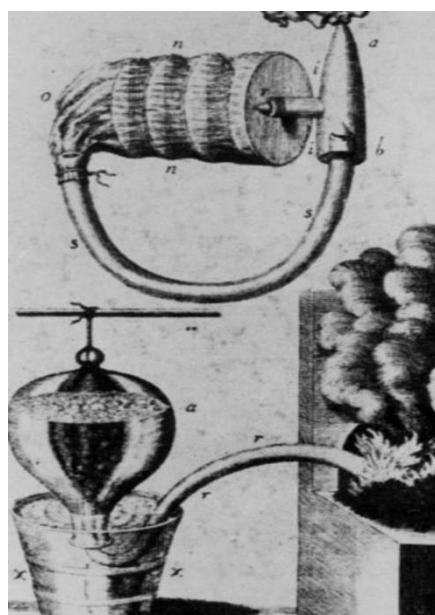
Imagen 1 :bomba al vacío la cual fue ideada por Hooke y Boyle en 1660; contiene un frasco de cristal con un animal dentro, la presión dentro se reduce, levantando la corredera ajustada con la manivela



Fuente: Alamy Limited. (s/f). Robert boyle bomba de aire fotografías e imágenes de alta resolución. Alamy. Recuperado el 29 de agosto de 2022, de <https://www.alamy.es/imagenes/robert-boyle-bomba-de-aire.html>

Luego Mayow encerró un ratón en una cámara de cristal pequeña, similar a la de Boyle, pero con la variación de una vejiga humedecida que la cubría, la cual se hinchaba cuando el ratón moría y con esto llegaron a la conclusión de que el animal necesitaba aire para sobrevivir, al cual le llamaron oxígeno. Boyle y Robert crearon una bomba neumática al vacío donde estudiaban los animales, al observar veían como en la sangre del ratón se formaban burbujas al ponerlo al vacío y llegaron a la conclusión de que la sangre contenía un gas, el oxígeno era algo necesario para vivir y que el dióxido de carbono era un desecho. Unos años después Hales en 1727 desarrolló una máquina, la cual era capaz de distinguir entre el gas libre y el gas combinado con líquido; y a su vez reconoció que el primer componente del aire era el dióxido de carbono (Imagen 2).

Imagen 2: Canal neumático (Hales, 1727): Contiene en la parte superior un respirador de circuito cerrado, para inhalar los gases recogidos, producidos por el calentamiento



Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1

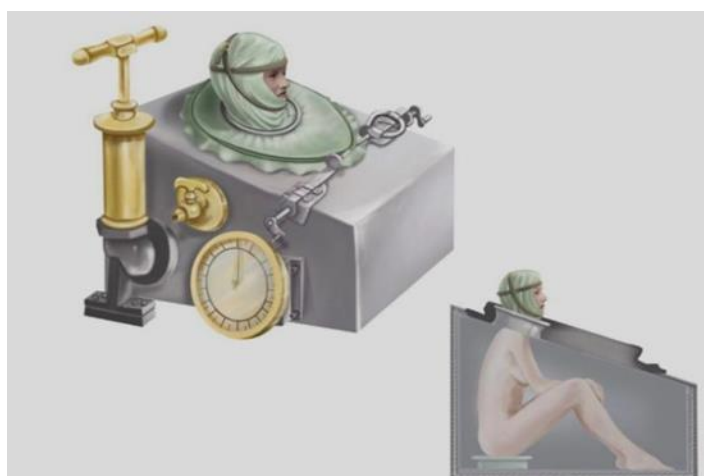
En el año de 1754 Joseph Black realizó un experimento donde utilizó trapos mojados con agua de cal en los conductos de aire de una iglesia escocesa, aquí descubrió un gas que

se desprendía de la respiración, pasados unos años, Lavoisier, partiendo de una clase de

experimentos realizados que consistían en la combinación de carbón y la porción respirable del agua y a esto se le llamó oxígeno, al elemento respirable del aire.

Unos años después, en 1828 durante un experimento en animales, se evidenció un neumotórax asociado a inflación excesiva a través de presión positiva. Por esta razón se decidió no recomendar el uso de presión positiva. En 1832, Dalziel diseñó un ventilador a presión negativa (Imagen 3), el cual constaba de una caja hermética, donde el paciente se sentaba y era cubierto por esta misma hasta el cuello, la presión era dada por unos fuelles que estaban dentro de la caja y que se manejaban desde afuera con una varilla y una válvula. (Tobin, 2013)

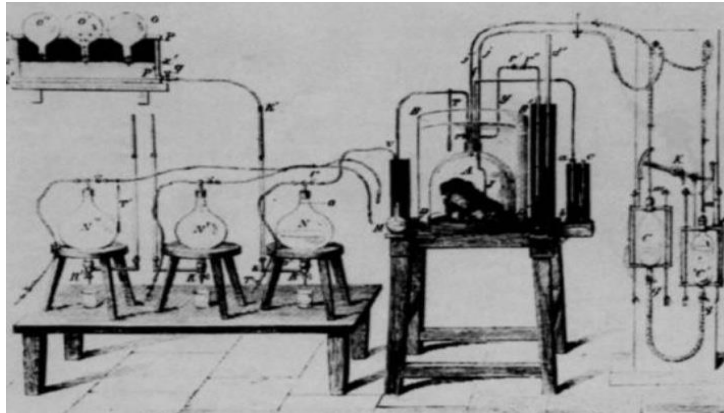
Imagen 3 El respirador de tanque (Dalziel 1832) creaba presión negativa



Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.

En el año 1849 Renault y Reiset idearon una máquina para estudiar el consumo del oxígeno y también la producción de dióxido de carbono (Imagen 4), mejoraron una cámara metabólica de circuito cerrado donde hacían circular el aire, absorber dióxido de carbono y agregar habitualmente el oxígeno, aunque en estos estudios se investigaba la relación del oxígeno y el dióxido de carbono, ya podían observarse los primeros métodos de la ventilación. (Tobin, 2013)

Imagen 4: Cámara metabólica de circuito cerrado (Regnault y Reiset, 1849): estudiaban el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono en los animales.



Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1

En el año 1864 John, de Kentucky fue uno de los primeros en realizar la patente del respirador de tanque en EEUU, este dispositivo fue de gran ayuda para las personas que sufrían de asma o bronquitis ya que este invento les facilitó el manejo de estas enfermedades. Bert escribió una cámara de presión positiva que fue construida por Jourdanet en la década de 1870, con una cámara de diferenciación neumática, los pacientes fueron introducidos en un gabinete (Imagen 5), el aire de éste se extrae por succión, se les administró aire antiséptico con agentes curativos en la boca de los pacientes, se pensaba que la presión reducida alrededor del tórax y la presión atmosférica aplicada a los pulmones dilataban éstos de una manera beneficiosa.

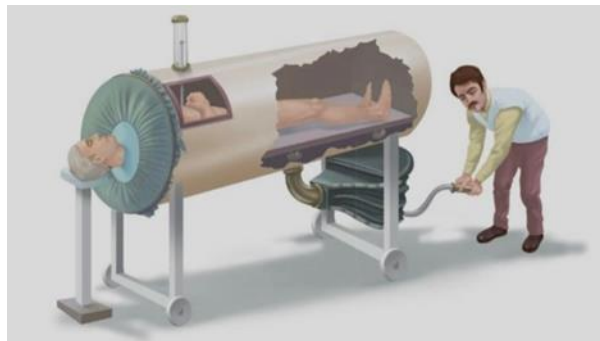
Imagen 5: Cámara a presión positiva (Jourdanet, 1870) usó esta cámara en pacientes con una variedad de trastornos



Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1

En el año de 1876, Woillez realizó la presentación de un respirador de tanque, un cilindro hueco de metal con extremo inferior rígido y un extremo superior que rodea el cuello y fabricado en goma, el aire era evacuado del cilindro por un fuelle (Imagen 6).

Imagen 6: El espiroforo (Woillez, 1876) contenía en el esternón del paciente una varilla que indicaba la idoneidad de las excursiones de las mareas, el aire era evacuado por un fuelle

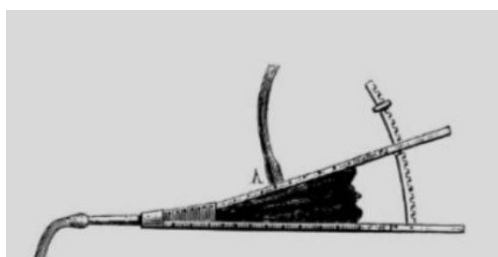


Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1

Por otro lado, en el año de 1878, Siebe Gaman And Company produjeron el primer traje de buceo autónomo, este traje tenía una cámara de cobre que contenía potasa para absorber el dióxido de carbono y un cilindro de oxígeno a presión. Cuando se habla de gases, Bert investigó en 1878 el resultado de la ventilación en los gases y en sangre, utilizando un fuelle para ventilar a los animales por medio de una traqueotomía, halló que al aumentar la ventilación también incrementa el contenido de oxígeno en sangre y a su vez reduce el dióxido de carbono (

Imagen 7).

Imagen 7: Fuelle (Bert, 1878) usó este para ventilar animales para controlar el volumen corriente

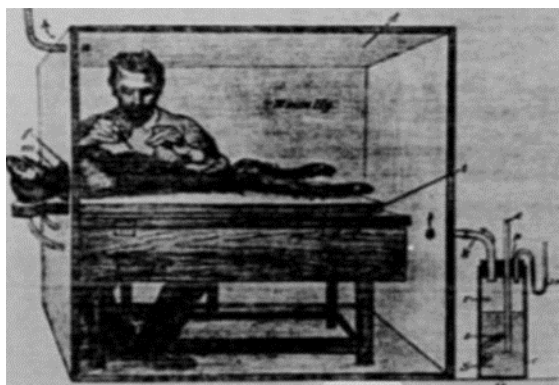


Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1

Ya en el año de 1879, Fieus incluye una máscara oro facial y oro nasal que se conformaba de una válvula de entrada y un escape, esta válvula de entrada permitía la inspiración desde una cámara metálica que contenía oxígeno a presión.

En el año de 1904 Sauerbruch creó un modelo funcional de un gabinete el cual generaba una presión negativa alrededor del pulmón, también construyó un quirófano pequeño y hermético donde el cuerpo del paciente y del cirujano estuvieran dentro, mientras que la cabeza del paciente sobresalía del pequeño quirófano (Imagen 8). Al aplicar una succión en esta sala, se produjo una presión diferencial a través de la superficie pleural, también una presión atmosférica dentro del árbol bronquial y una presión negativa por fuera del pulmón.

Imagen 8: El gabinete de presión diferencial (Sauerbruch) colocó al cirujano dentro de una pequeña cámara. Se aplicó succión a ésta con la cabeza del animal o del paciente fuera de ella, la presión intrabronquial se mantuvo al nivel del mar, está presión diferencial mantuvo la inflación pulmonar cuando el tórax estaba abierto



Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1

En el año de 1912 una máscara de presión positiva ideada por Bunnell se usaba como una alternativa a los gabinetes, luego otros cirujanos utilizaron máscaras faciales y también cascos para suministrar la ventilación con presión positiva y ya a principios del año 1928 se utilizó un ventilador de presión negativa (Imagen 9), que tuvo gran éxito en el uso clínico y fue el pulmón de hierro de Drinker Shaw. En este año hubo una epidemia de poliomielitis lo que llevó a Emerson en 1931 a fabricar un respirador de tanque simplificado y mejor, convirtiéndose así en algo importante para el tratamiento de los pacientes con parálisis respiratoria por poliomielitis. Haldane y Priestley crearon un dispositivo para tomar muestras de gas espirado alveolar, en el cual se recolecta el aire espirado al final de la espiración, este dispositivo recolectaba una alícuota pequeña de aire. Krogh desarrolló una técnica mejorada para medir los gases en sangre apoyándose en el micro aerómetro, demostrando que la tensión de oxígeno del aire alveolar era mucho más alta que la tensión de oxígeno en la sangre y viceversa para el dióxido de carbono. Con este trabajo los químicos y fisiólogos ya tenían claro los conocimientos para el avance y el desarrollo de la ventilación mecánica. El concepto del ácido base en la sangre se indagó más a fondo a principios del siglo XX y en 1930 se dispuso de un

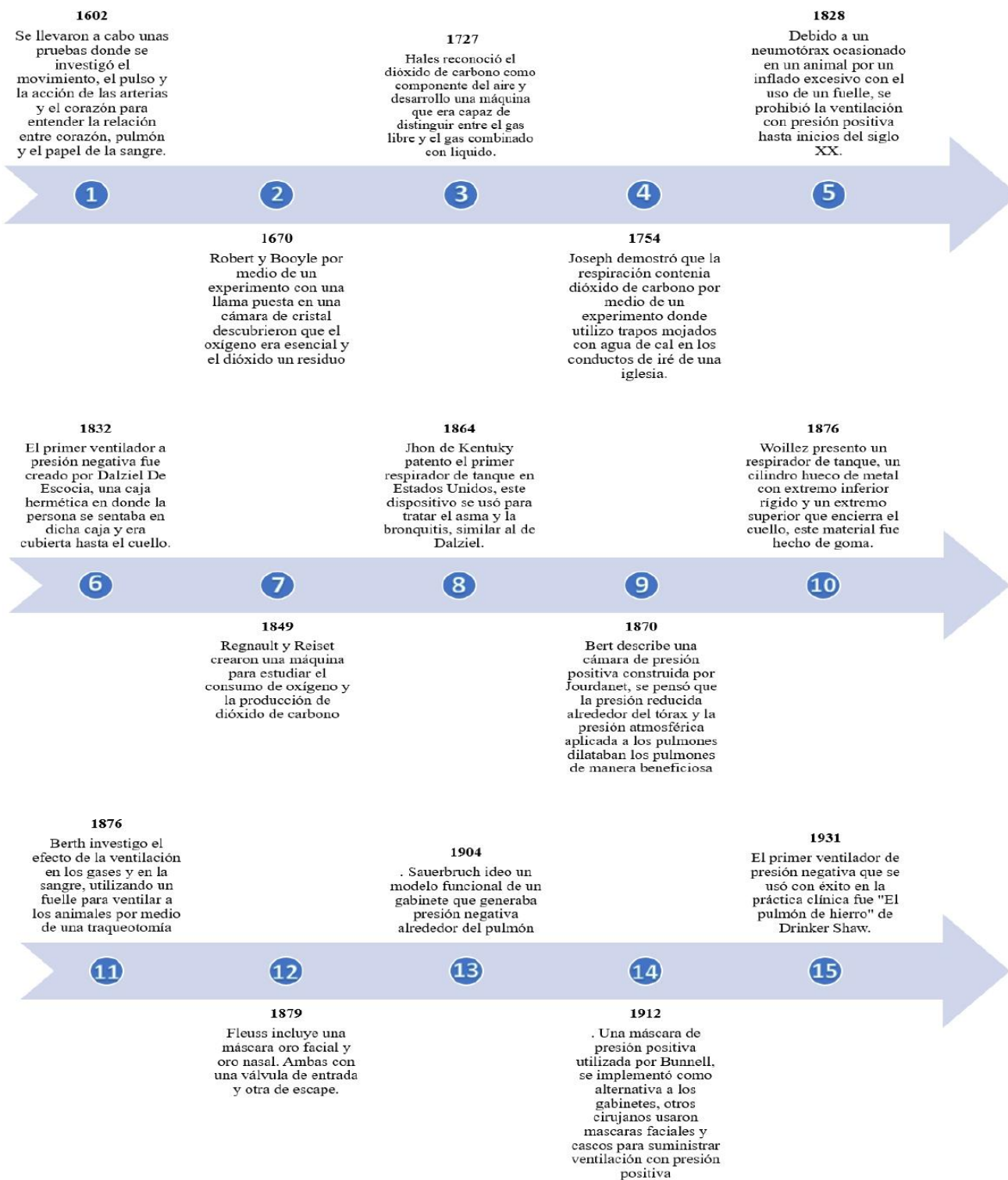
electrodo para establecer el PH anaeróbico de la sangre, no se pensó que el PH fuera útil hasta la epidemia de poliomielitis, la acidosis en estas personas causó una tasa de mortalidad alta en los pacientes con esta enfermedad. (Tobin, 2013)

Imagen 9: El pulmón de hierro (Drinker-Shaw, 1928) contenía un collarín de goma sellando el cuello del paciente, mientras su cabeza sobresalía del dispositivo reposaba sobre un soporte plano



Fuente:1.Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1

Imagen 10: Línea de tiempo sobre la historia de la ventilación mecánica



Fuente: Elaboración propia

La ventilación mecánica mejoró a través del tiempo en tecnología. Después de la epidemia de la poliomielitis, muchos fabricantes se han dado a la tarea de producir y comercializar los ventiladores, su diferencia radica en su diseño, los cuales se clasifican en 5 generaciones que se han dado en los últimos 40 años, el tiempo entre cada generación es de 8 años y se pueden encontrar clasificados de la siguiente manera.

Primera generación: nació a finales de la década de 1950 cuando los dispositivos eran muy simples y neumáticos básicos, con un solo modo de operación, una interfaz básica del operador, los diales no muy bien calibrados, palancas, manómetros a presión y sin alarmas.

Segunda generación: En 1970 se agregaron nuevas funciones, como los ciclos de volumen y otras modalidades ventilatorias, las características de éste eran: el circuito de control de fluidos, como era el flujo, selección de modo restringido, ventilación controlada por volumen, ventilación intermitente controlada por presión, presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), interruptores, manómetros de presión, botones; aun así, contaba con algunas limitaciones con relación a los tiempos de respuesta y las tareas que podía controlar.

Tercera generación: esta generación surgió gracias a los microprocesadores. Este control microprocesador mejoró en los sensores de flujo, reguladores, válvulas, transductores de presión. La mayor característica de los ventiladores son los circuitos de control electrónico digital (microprocesador), controles de flujo para distintas formas de onda, actualización del software, varias opciones para el modo, ventilación intermitente sincronizada mandatorio, presión de soporte, interfaz de operador electrónico, indicador numérico y de texto con LED, indicador de presión electrónico, botón multiusos, máquina avanzada, mensajes de diagnóstico del sistema y alarmas para ver el estado del paciente.

Cuarta generación: en esta generación surgen nuevas herramientas como la interfaz del operador ya computarizada, pantallas de tubo de rayos catódicos y de cristal líquido,

pantallas de texto y gráfico, monitorización de formas de onda y mecánica respiratoria calculada, diagnósticos exhaustivos del sistema, lo que hace que ya se proporcione una ventilación más segura y con menos riesgos para los pacientes.

Quinta generación: En estos equipos se presentan respuestas mucho más rápidas a los cambios realizados por el software y hardware de control avanzado, un control más preciso de la presión, el volumen y el flujo; ya podemos ver ventiladores para pacientes neonatos, pediátricos y adultos, con una fácil actualización a través del software en lugar del hardware. En la **Tabla 1** se pueden ver las características de cada generación de ventiladores nombradas anteriormente. (Roldan Valencia, 2020)

Tabla 1

Características de cada generación de ventiladores

Primera generación	Segunda generación	Tercera generación	Cuarta generación	Quinta generación
<ul style="list-style-type: none"> -Interfaz básica del operador -Diales no muy bien calibrados -Palancas -Manómetros a presión -Sin alarmas 	<ul style="list-style-type: none"> -Se agregó el ciclado por volumen -Circuito de control de fluidos (flujo) -Selección de modo restringido -Ventilación controlada por volumen -Ventilación intermitente 	<ul style="list-style-type: none"> -Mejóro los sensores de flujo, reguladores, válvulas, transductores -Circuitos de control electrónico digital (microprocesador) -Controles de flujo para varias formas de onda -Actualización de software 	<ul style="list-style-type: none"> -Interfaz del operador ya computarizada -Pantallas de tubo de rayos catódicos y de cristal líquido -Pantallas de texto y gráfico, monitorización de formas de onda y mecánica respiratoria 	<ul style="list-style-type: none"> -Respuestas rápidas -Software y hardware avanzados -Control más preciso de la presión, volumen y flujo -Ventiladores para neonatos, pediátricos y adultos

	<p>controlada por presión</p> <p>-Presión positiva continua en la vía aérea (CPAP)</p> <p>-Interruptores</p> <p>-Manómetros de presión, botones</p> <p>-Limitación en la relación a los tiempos de respuesta y las tareas</p>	<p>-Opciones para el modo</p> <p>-Ventilación intermitente, sincronizada mandataria, presión de soporte, interfaz de operador electrónico, indicador numérico y de texto con LED</p> <p>-Indicador de presión electrónico, botón multiusos, alarmas, mensajes de diagnóstico del sistema</p>	<p>-Ventilación más segura y con menos riesgos para el paciente</p>	
--	---	--	---	--

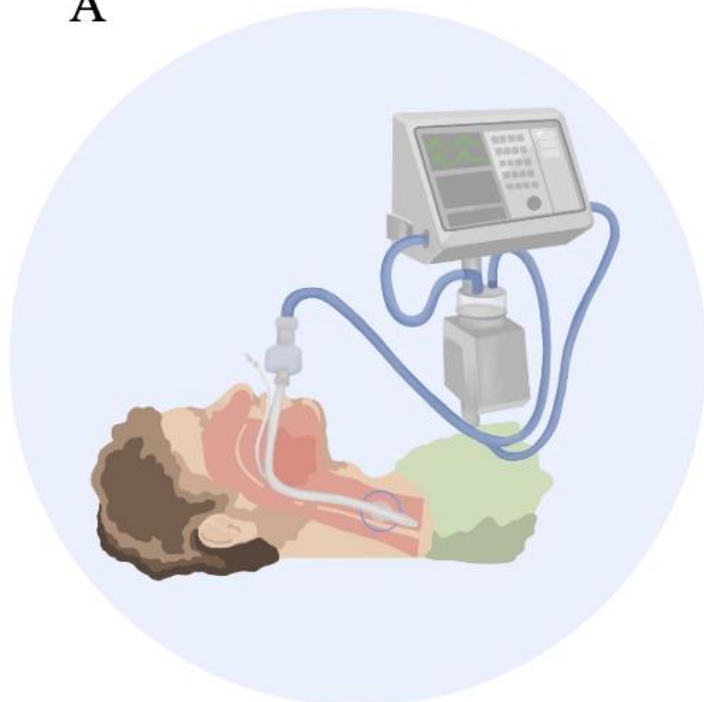
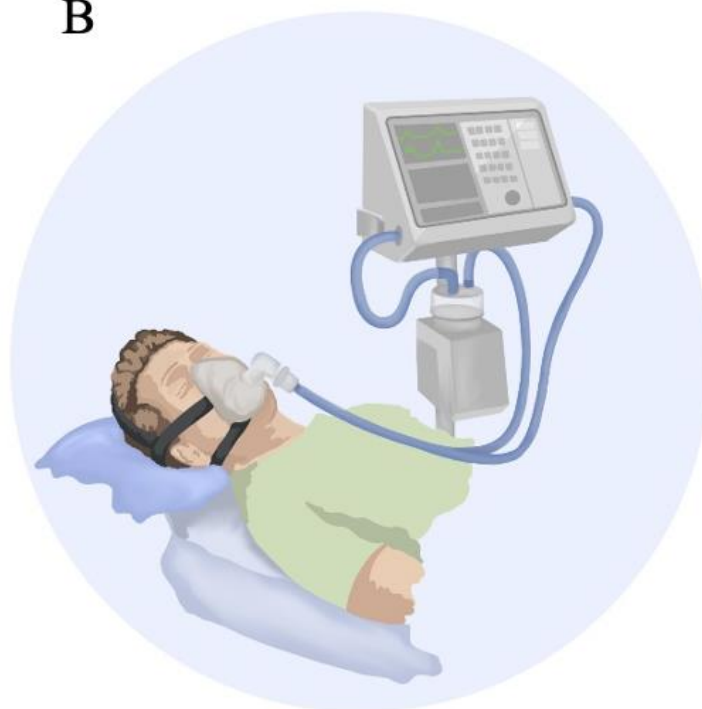
Fuente: Elaboración propia con apoyo de: Roldan Valencia, L. (2020). Terapia Respiratoria para profesionales- Todo Lo Que Debes Saber (Primera Edición). Distribuna.

VENTILACIÓN MECÁNICA

Es un procedimiento terapéutico invasivo o no invasivo que puede reemplazar parcial o totalmente la función respiratoria; se lleva a cabo por medio de ventiladores y su manejo siempre debe estar a cargo de personal especializado. La ventilación mecánica puede definirse como un método físico que utiliza un aparato mecánico para el soporte artificial de la ventilación y la oxigenación, cuando el sistema respiratorio es insuficiente (Ramos Gómez, 2012)

VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA	VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA
<p>Procedimiento respiratorio artificial donde se utiliza una máquina que sustituye total o parcial el trabajo respiratorio del paciente, que incluye un tubo endotraqueal, puede ser a través de la nariz, boca o una traqueostomía. Es una herramienta salvavidas que se utiliza en el cuidado de pacientes hospitalizados. (Walter et al., 2018)</p> <p>INDICACIONES DE LA VMI</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Depresión de los centros respiratorios (origen neurológico, farmacológico). 2. Disfunción de los músculos respiratorios. 3. Descompensaciones de neumopatías y broncopatías. 4. Síndrome de distrés respiratorio (SDRA). 5. Descompensación respiratoria postoperatoria. 6. Prevención y tratamiento de atelectasias perioperatorias. 7. Situación de shock establecido. (García Castillo et al., 2014) 	<p>La ventilación mecánica no invasiva se refiere a la entrega de ventilación a los pulmones utilizando técnicas que no requieren una vía aérea endotraqueal y tiene como interfaz una máscara facial (Fabio Andrés Varón V. & Ángela María Giraldo M., 2016)</p> <p>INDICACIONES DE LA VMNI</p> <p>Esta se instaura en situaciones agudas cuando se cumplen estos criterios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disnea moderada-grave con uso de musculatura accesoria y respiración abdominal paradójica. 2. Taquipnea más de 24 respiraciones por minuto en pacientes con patología obstructiva y más de 30 respiraciones por minuto en pacientes restrictivos. (García Castillo et al., 2014)

Imagen 11: En la imagen del lado izquierdo (A) se representa la ventilación mecánica invasiva por medio de un tubo endotraqueal conectado a un ventilador mecánico. En la imagen del lado derecho (B) se representa un dispositivo de ventilación mecánica no invasiva

A**B**

Fuente: Elaboración propia

OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

Los principales objetivos de la ventilación mecánica son:

- Mantener el intercambio gaseoso (López-Herce & Carrillo, 2008)
- Disminuir o sustituir el trabajo respiratorio del paciente para reducir el consumo de oxígeno de los tejidos. (López-Herce & Carrillo, 2008)
- Disminuir el consumo de oxígeno sistémico (VO_2) y miocárdico. (Muñoz Bonet, 2003)
- Conseguir la expansión pulmonar. (Muñoz Bonet, 2003)

PRINCIPIOS BÁSICOS DE VENTILACIÓN MECÁNICA

Los principios básicos en la ventilación mecánica se conocen como el conjunto de conceptos, parámetros y variables que permiten entender el funcionamiento de la ventilación mecánica.

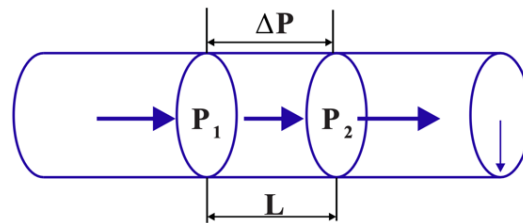
ECUACIÓN DEL MOVIMIENTO

Se entiende por ecuación del movimiento a los principios físicos y matemáticos que condicionan el ingreso y salida del aire en el sistema respiratorio. Estos principios establecen la relación entre la presión ejercida en el sistema respiratorio por un gas y los cambios de volumen pulmonar.

A continuación, se describen conceptos necesarios para el entendimiento de la ecuación del movimiento:

<p>RESISTENCIA</p>	<p>Es una medida de las fuerzas de fricción que se opone a la entrada de un gas a los pulmones, estas fuerzas de fricción son las vías aéreas, el tejido pulmonar y la pared torácica. (Ferrer & Celis, 2019).</p>
<p><i>Imagen 12: En (A) se observa un bronquio normal, (B) se observa un bronquio obstruido.</i></p> <div data-bbox="535 546 1006 1134" style="text-align: center;"> </div> <p>Fuente: Elaboración propia</p>	
<p>FLUJO</p>	<p>El flujo es una medida de velocidad del paso del volumen de aire en un punto determinado, se requiere un flujo mínimo para inflar los alvéolos, a mayor flujo mayor presión(Cediel Carrillo et al., 2020)</p>

Imagen 13: Ecuación de Poiseuille



$$Q = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \eta L}$$

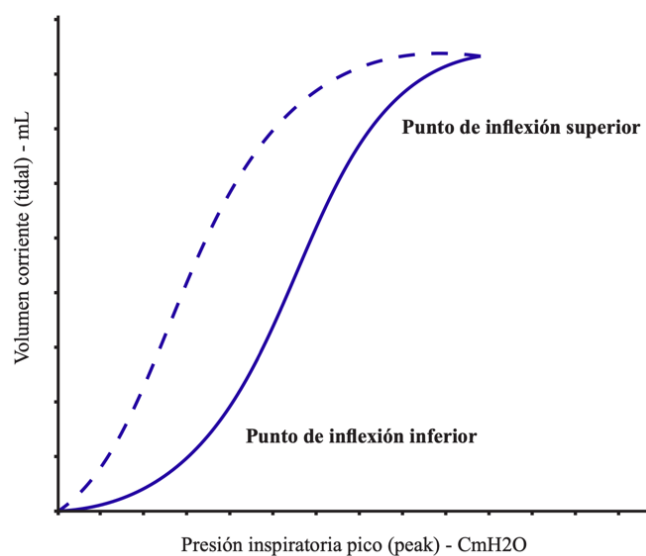
Q - flujo
r - radio
ΔP - gradiente de presión
η - viscosidad
L - longitud

Fuente: Elaboración propia

**COMPLIANCE O
DISTENSIBILIDAD**

Es el cambio de volumen que se representa con un cambio en la presión, es decir, la capacidad de un cuerpo para expandirse a medida que se da un cambio de presión sobre él. (Ferrer & Celis, 2019), (Cediel et al., 2020)

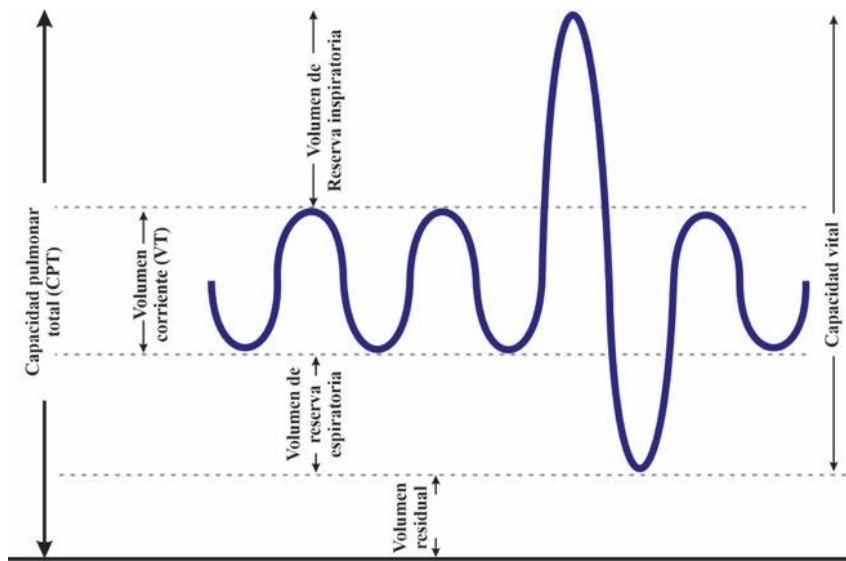
Imagen 14: Diagrama de la distensibilidad pulmonar en una curva volumen-presión



Fuente: Elaboración propia

<p>VOLUMEN TIDAL O CORRIENTE</p>	<p>Es la cantidad de volumen que entregará al paciente en cada respiración. (Cediel et al., 2020)</p> <p>Es la cantidad de volumen que se entregará con cada respiración, es una variable que se encuentra directamente relacionada con la ventilación minuto y varía dependiendo de las características del paciente (Cediel Carrillo et al., 2020)</p>
---	--

Imagen 15: Volúmenes y capacidades pulmonares.

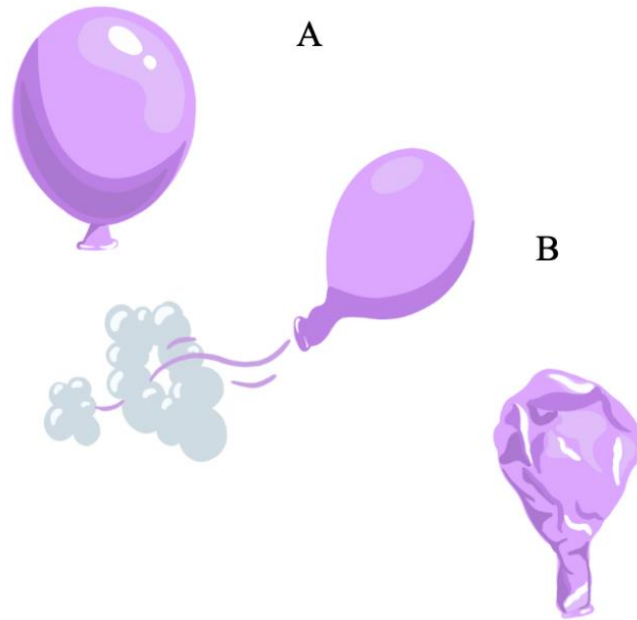


Fuente: Elaboración propia

ELASTANCIA

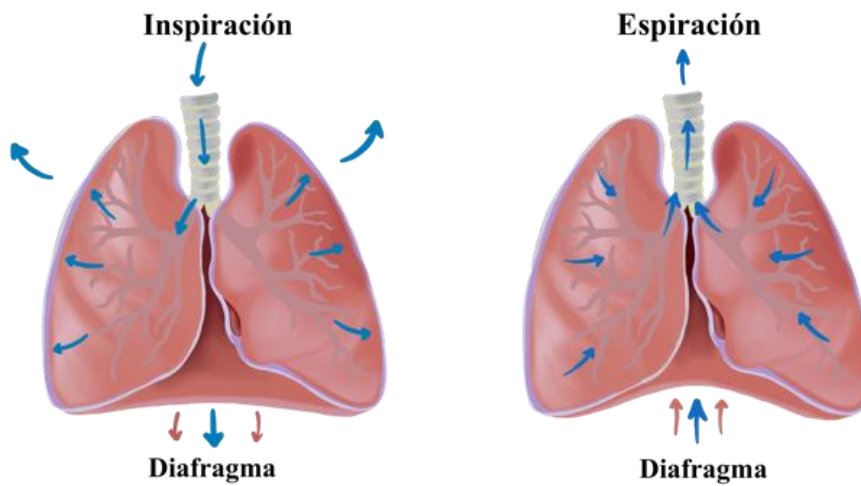
La elastancia, también conocida como resistencia elástica, es el cambio de presión que se requiere para provocar un cambio de volumen unitario, es decir el grado en que los pulmones retornan a la forma y dimensiones originales una vez el estrés de deformación se haya suprimido. La elastancia de todo el sistema respiratorio depende de la elastancia de la pared torácica y de los pulmones. (Romero, 2004)

Imagen 16: Ejemplo representativo de la elasticidad.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 17: Representación del ciclo respiratorio Inspiración-Espiración.

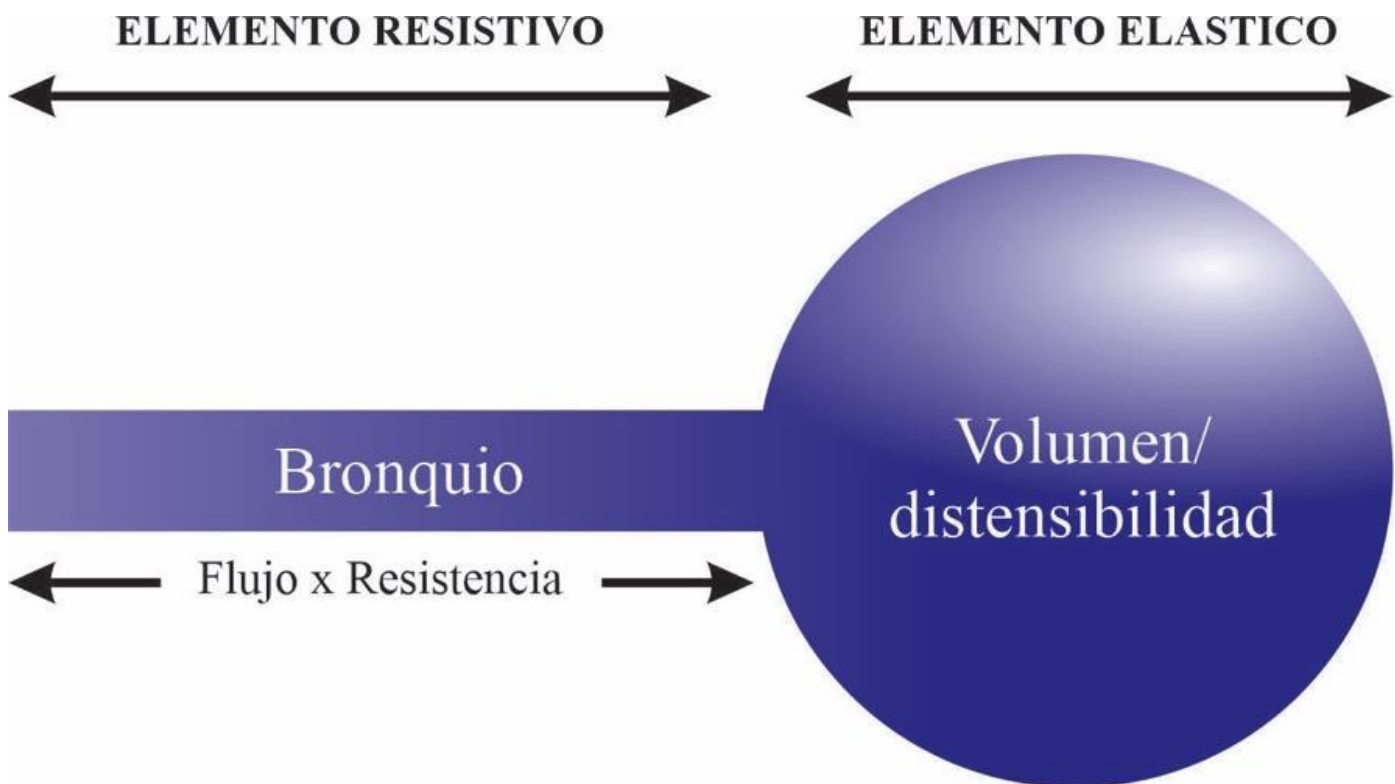


Fuente: Elaboración propia

Esta ecuación representa que, la presión de un gas dentro del sistema respiratorio, en cada momento está sometida a un componente elástico necesario para la distensión del parénquima pulmonar y el retroceso elástico en la fase espiratoria del ciclo respiratorio. De igual manera el gas está sometido a un componente resistivo, generando resistencias en la vía aérea y permitiendo variabilidad en el flujo del aire durante el ciclo respiratorio (ley de poiseuille). Este componente resistivo es necesario para permitir el avance del gas.(García-Prieto et al., 2014).

Para entender la ecuación del movimiento se debe tener claridad sobre los conceptos básicos que la componen. Esta consiste de un componente resistivo (resistencia y flujo) y un componente elástico (volumen tidal y distensibilidad).

Imagen 18: Representación gráfica de la ecuación del movimiento



Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los componentes representa un papel fundamental en la ecuación (Imagen 18). En el componente resistivo, el flujo depende de la resistencia que exista en la vía aérea, por esta razón en la ecuación podemos observar que el flujo se multiplica por la resistencia. Para esto debemos conocer las presiones que se generan a lo largo de la vía respiratoria. A nivel de vía aérea superior encontramos la presión transpulmonar que está determinada por la resistencia de la vía aérea, el flujo inspiratorio y la presión requerida para vencer el retroceso elástico. A nivel de vía aérea inferior encontramos la presión transtorácica que compone al elemento elástico, relacionada con el volumen y la distensibilidad torácico pulmonar. (Ramos Gomez, 2012)

PRESIÓN TRANSPULMONAR: La presión transpulmonar es el resultado de restar a la presión en la vía aérea la presión esofágica, que se calcula durante la oclusión al final de la inspiración y la espiración, y representa la presión necesaria para dilatar el parénquima pulmonar. (Dr. Jean & Dr. Dominik, s. f.)

PRESIÓN TRANSTORÁCICA: Es la diferencia de presiones a ambos lados de la pared torácica, es decir, entre la atmosférica y la pleural. (*Manual de Medicina Respiratoria. Parte 1 by SEPAR - Issuu*, s. f.)

A partir del concepto de la ecuación del movimiento, desde un aspecto de ingeniería y modelos matemáticos, se han establecido unos parámetros de programación para garantizar el soporte ventilatorio en condiciones específicas. Dentro de estos parámetros ventilatorios se tienen en cuenta en la literatura moderna: la frecuencia respiratoria, PEEP, presión inspiratoria máxima, tiempo inspiratorio, relación I:E, trigger, control o límite y ciclado.

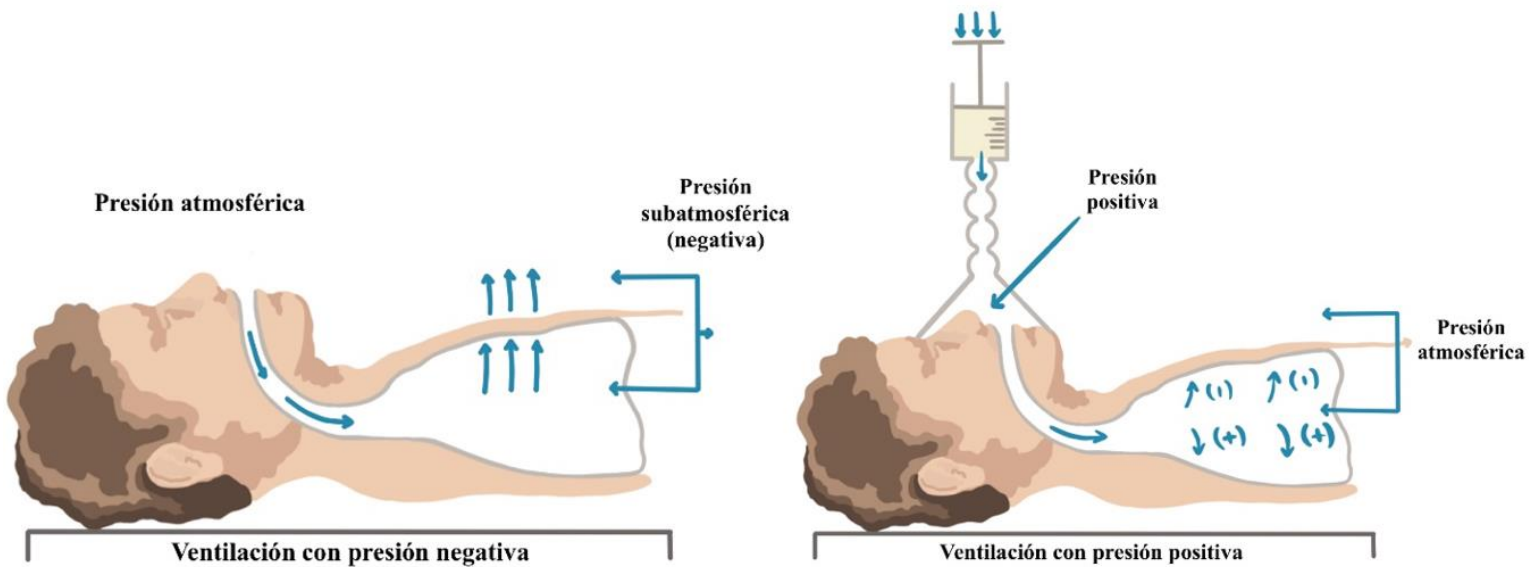
VARIABLE	Es aquella que es medida y usada por el ventilador para iniciar alguna fase del ciclo respiratorio ya sea inicio, límite o ciclado.
PARÁMETRO	Los parámetros son los que generan respuestas en el paciente y pueden ser medibles con el ventilador. Estos parámetros deben escogerse de acuerdo con la condición clínica del paciente.

A partir de los conceptos de la ecuación del movimiento, la ventilación mecánica se puede clasificar en:

VENTILACIÓN MECÁNICA CON PRESIÓN NEGATIVA	VENTILACIÓN MECÁNICA CON PRESIÓN POSITIVA
<p>Estos respiradores producen una ventilación similar a la respiración espontánea, no requieren la colocación de un tubo endotraqueal, ni la realización de una traqueostomía. Estos respiradores mediante un dispositivo crean un espacio cerrado alrededor del cuerpo del paciente que queda conectado a una bomba de presión.</p> <p>Durante la inspiración, la bomba genera una presión negativa en el espacio hermético e impulsa la pared del tórax hacia fuera.</p> <p>Durante la espiración, el motor generador puede producir una presión positiva que favorezca esta fase del ciclo respiratorio, esto no es necesario y la espiración ocurre de forma pasiva por retroceso elástico del pulmón.</p> <p>(Imagen 19) (Cano Gómez., S. (s. f.)</p>	<p>Es una forma de soporte ventilatorio mecánico que se aplica a través de una mascarilla facial o nasal, sin uso de una sonda endotraqueal ni de otros dispositivos invasivos sobre la vía respiratoria, esto crea una presión externa que introduce aire a los pulmones. Estos ventiladores son más efectivos ya que el tórax del paciente siempre va estar accesible, la ventilación mecánica con presión positiva reduce el trabajo de la respiración e incrementa la distensibilidad pulmonar, además, aumenta la presión intratorácica reduciendo, de esta manera, el retorno venoso al corazón, la presión transmural y la poscarga. La presión positiva también puede mantener abiertas las vías respiratorias flexibles de calibre pequeño disminuyendo, por tanto, el atrapamiento de aire y facilitando la</p>

	espiración. (Imagen 19) (Daily, J. C., & Wang, H. E. (2011))
--	--

Imagen 19: Representa la ventilación mecánica con presión negativa y la ventilación mecánica con presión positiva



Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DE FASE Y CONTROL

Los ventiladores son dispositivos que manejan variables dependientes o independientes de volumen, presión, tiempo y flujo. Por medio de estos ajustes se obtienen los modos ventilatorios que se conocen actualmente. A continuación, se dará una definición de cada variable, seguida de una representación gráfica que ejemplifique cada una de ellas. (Cediel et al., 2020)

VARIABLE DE FASE

Es aquella variable medida y usada por el ventilador para iniciar alguna fase del ciclo respiratorio. Es decir, sirve para iniciar (disparo o trigger), sostener (límite) y finalizar (ciclado) cada una de sus fases. (*Fundamentos-ventilación-mecánica.pdf*, s. f.)

Debido a que la respiración es un evento periódico, el ventilador debe controlar una serie de variables durante el ciclo respiratorio. Este lapso de tiempo se divide en cuatro fases: el cambio de espiración a inspiración, la inspiración, el cambio de inspiración a espiración y la espiración.

Una variable particular se mide y se utiliza para iniciar, mantener y finalizar cada fase. En este contexto el ventilador utiliza las presiones, el volumen, el flujo y el tiempo para controlar estas variables. (Tobin, 2013)

FASES	
1	DISPARO: paso de espiración a inspiración
2	INSPIRACIÓN: límite
3	CICLADO: cambio de inspiración a espiración
4	ESPIRACIÓN: fin de la fase

Trigger o disparo: Es aquella que indica al ventilador cuándo iniciar el flujo inspiratorio o la inspiración, puede ser variable de disparo por:

Tiempo: Cuando la respiración es iniciada por el ventilador una vez transcurrido un intervalo determinado, para lo cual debe seleccionarse una frecuencia respiratoria.

Presión: En este caso es el paciente quien inicia la inspiración al hacer un esfuerzo que ocasiona una caída en la presión del circuito, este cambio es detectado por el ventilador, este abre la válvula inspiratoria automáticamente e inicia la inspiración.

Flujo: Hay un sistema de flujo constante basal tanto en inspiración como en espiración, el cual si no hay esfuerzo inspiratorio pasa directamente de la vía inspiratoria a la espiratoria, pero si hay esfuerzo entra por el tubo endotraqueal y el ventilador censa una caída de éste e inmediatamente inicia la inspiración. Gráfica 1

LÍMITE: Es aquella que al cumplirse un valor predeterminado indica al ventilador cuándo detener el flujo inspiratorio, existen tres tipos:

Límite **por presión:** Cuando se programa un valor de presión que una vez alcanzado detiene la entrada de gas.

Límite **por volumen:** Cuando se establece un volumen corriente prefijado, y una vez alcanzado detiene la inspiración.

Límite **por flujo:** Se alcanza un valor máximo de flujo, sin sobrepasarse durante la inspiración.

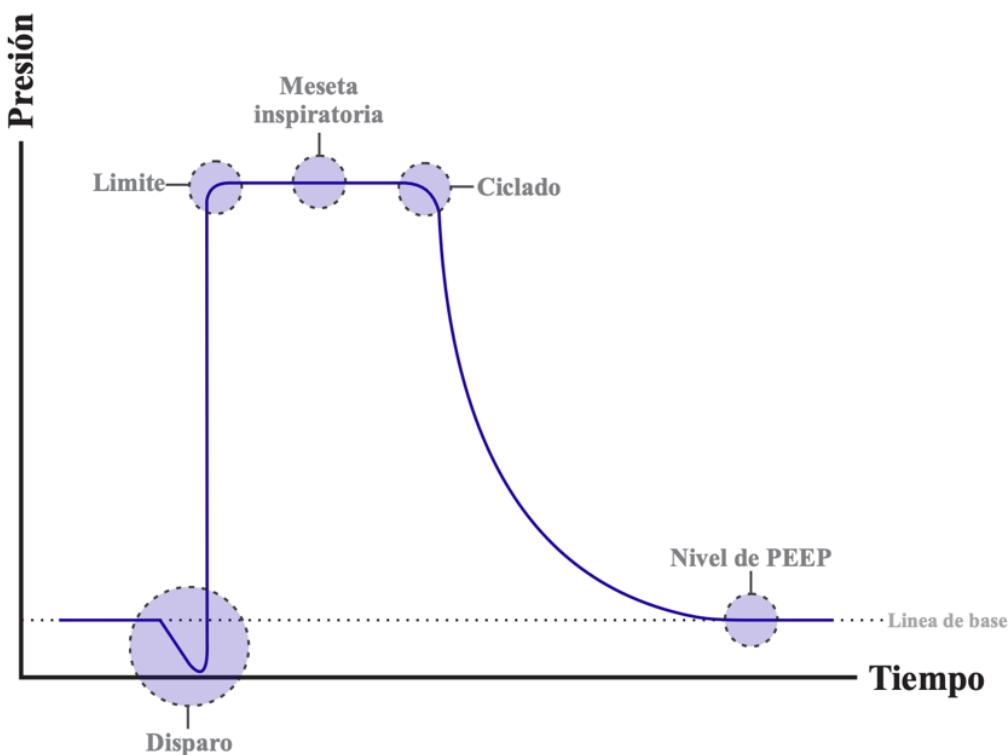
CICLADO: Es aquella que al cumplirse indica al ventilador cuando ciclar, es decir terminar la inspiración e iniciar la espiración.

Ciclado por presión: En este caso una vez se alcanza el valor de presión preseleccionado, cesa la inspiración y comienza la espiración.

Ciclado por flujo: Se presenta cuando el flujo inspiratorio cae hasta un valor establecido, el cual es generalmente un porcentaje del flujo pico alcanzado durante la inspiración.

Ciclado por tiempo: cuando la fase inspiratoria termina después de un tiempo predeterminado. (Dueñas C. et al., 2011)

Gráfica 1: Representación gráfica de las variables de fase.



Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DE CONTROL

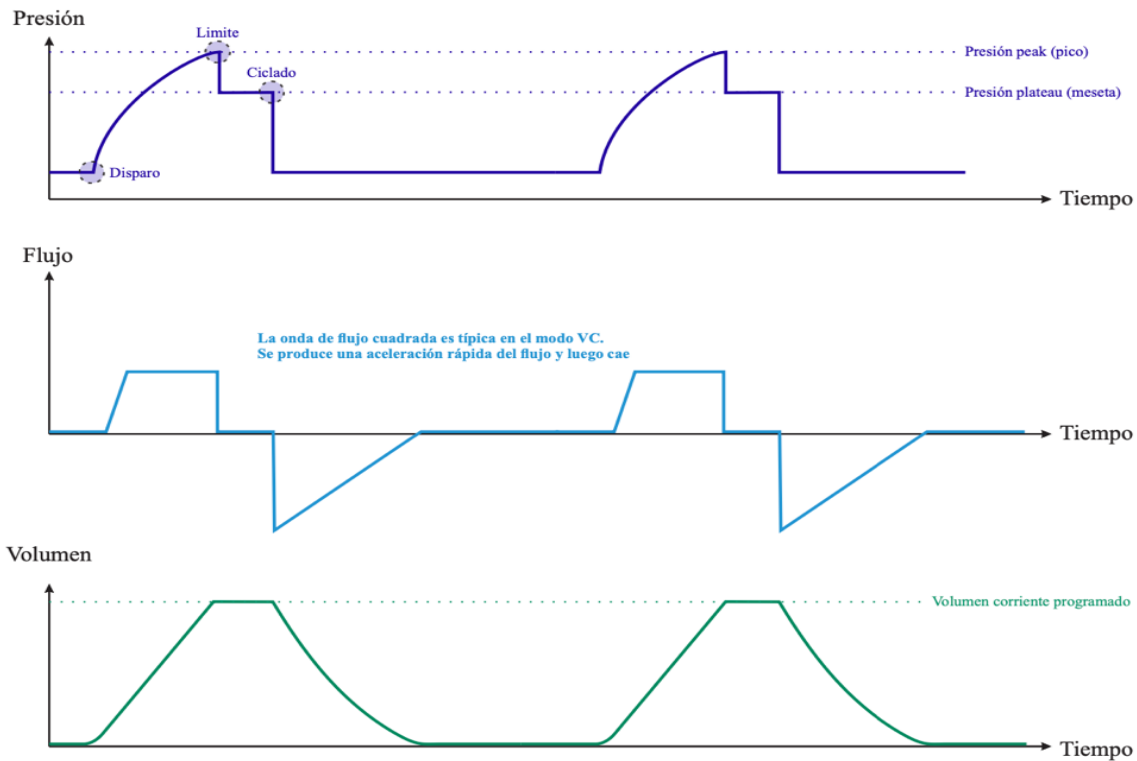
La variable de control también se puede denominar como variable independiente, puesto que no se modificará ante cambios en la distensibilidad o la resistencia pulmonar (impedancia respiratoria del sistema), mientras que la otra sí lo hará, pasando a ser de esta forma la «variable dependiente». (Garnero et al., 2013)

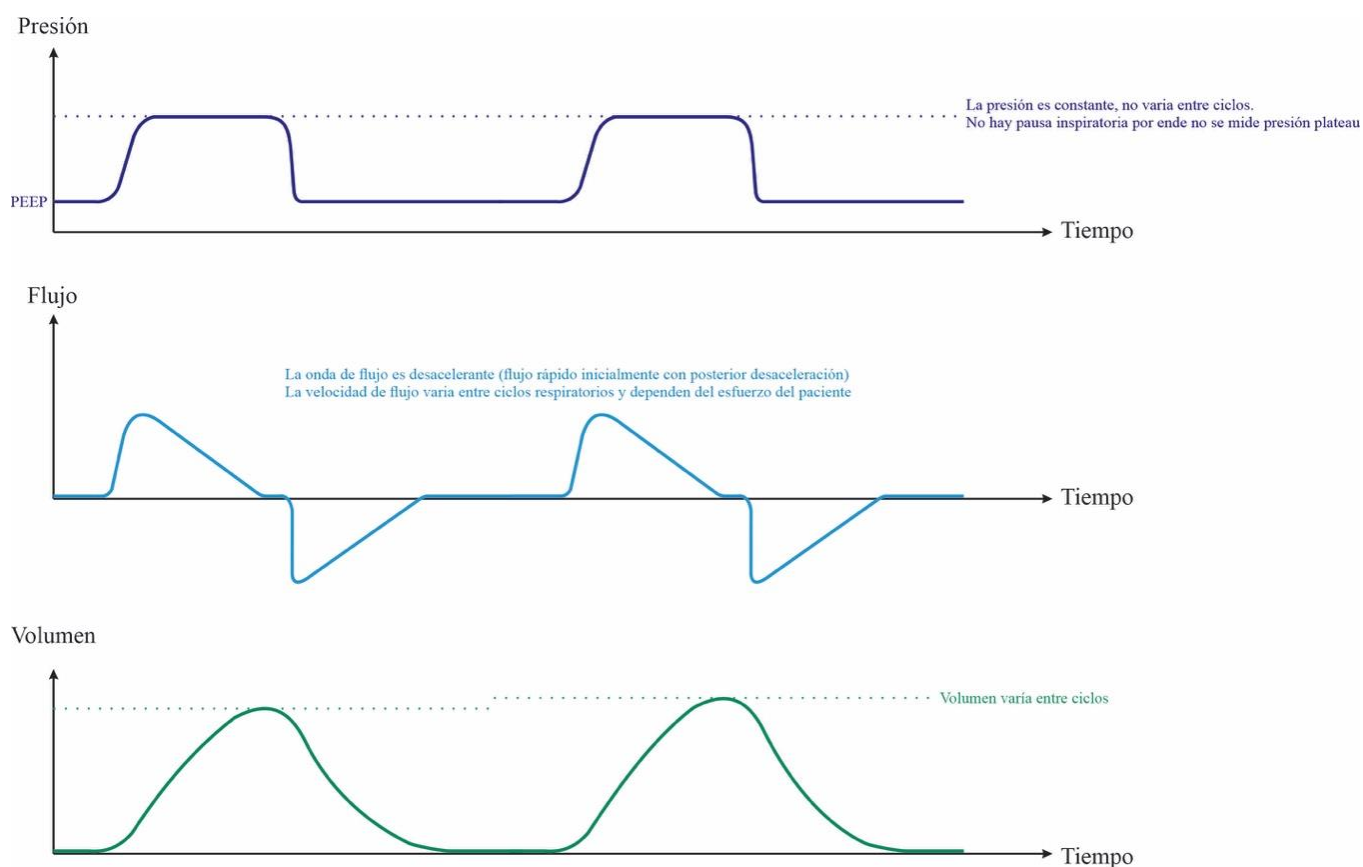
Esta puede ser controlada por presión o por volumen, es decir que, si se establece como variable independiente el volumen, la presión a la que está expuesto el paciente en cada ciclo respiratorio será la variable dependiente. En la .

se evidencia cada una de ellas. (Cediel et al., 2020).

En la ecuación del movimiento, la forma matemática de cualquiera de las variables puede ser predeterminada, convirtiéndola en la variable independiente y haciendo que la otra sea la variable dependiente. Cualquier ventilador puede controlar solo una variable a la vez ya sea presión o volumen (Tobin, 2013).

Gráfica 2: Representación gráfica de la variable control por volumen y por presión



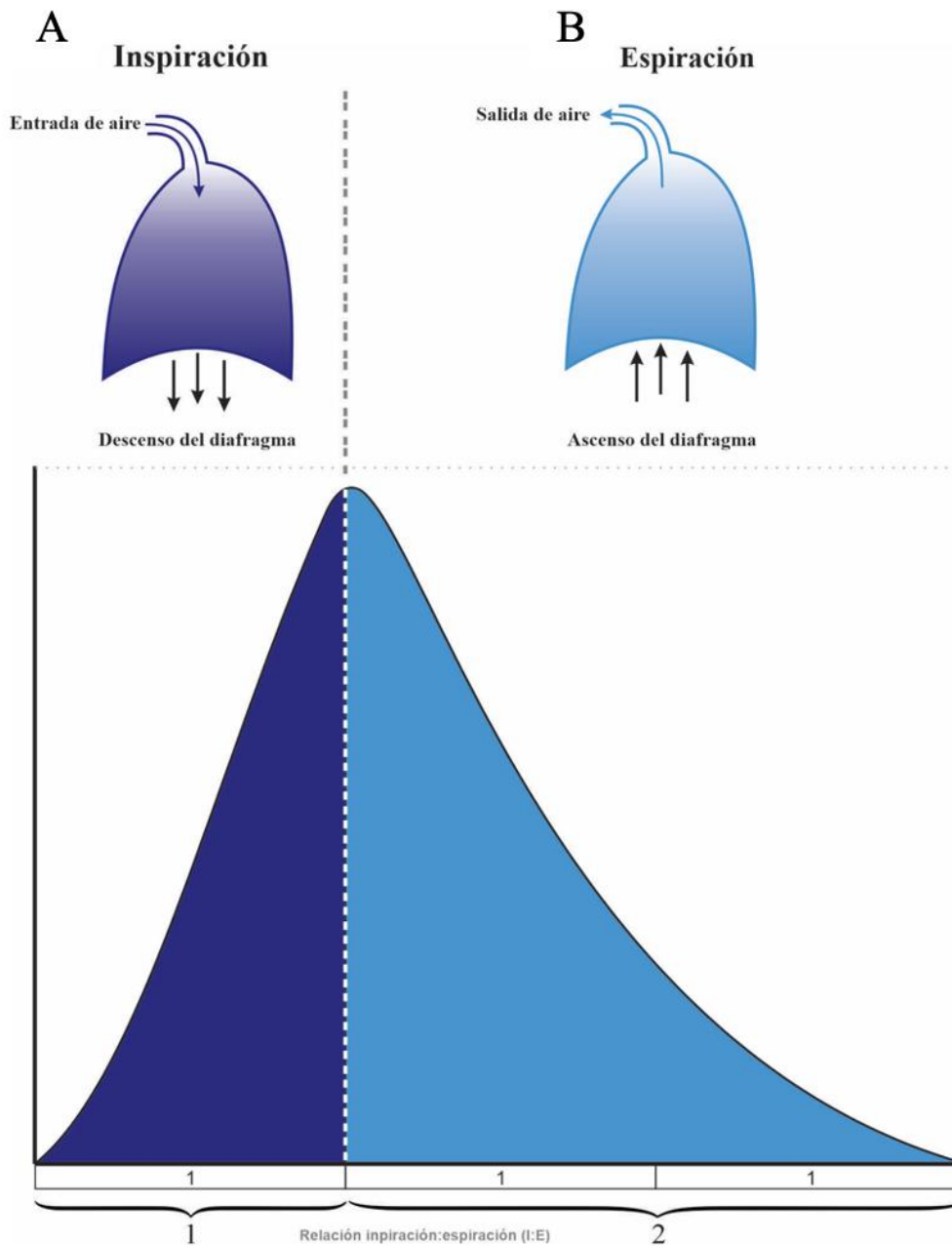


Fuente: Elaboración propia

CICLO RESPIRATORIO

Este es el período comprendido entre el inicio de la inspiración y el final de la espiración; se desarrolla de manera secuencial, siendo la inspiración la fase activa en la que se produce la entrada de aire desde el medio ambiente externo hasta el interior pulmonar. La espiración es la fase pasiva en la que el aire sale de la cavidad pulmonar al medio ambiente externo. La relación inspiración/espiración (I/E) es la fracción de tiempo que se dedica a la inspiración y la espiración en cada ciclo respiratorio, habitualmente se utiliza una relación I/E de 1/2 a 1/3 donde la inspiración dura menos tiempo y la espiración dura un poco más, terminado esto vuelve el ciclo, como se muestra en la (Gráfica 3) (López-Herce & Carrillo, 2008).

Gráfica 3: En (A) se observa la inspiración donde se da la entrada de aire desde el exterior a los pulmones y el descenso del diafragma; en (B) se observa la espiración donde se da la salida de aire de los pulmones al medio externo y el ascenso del diafragma. También se representa el ciclo respiratorio en un eje de volumen-tiempo y la relación I:E en 1 unidad de tiempo y 2 unidades de tiempo.



Fuente: Elaboración propia

TIPOS DE VENTILACIÓN

La ventilación mecánica permite tres tipos de ventilación que se pueden programar para la interacción deseada entre el paciente y el ventilador, éstas se denominan de la siguiente manera:

Mandatorio: Es aquella disparada y/o ciclada por el ventilador. Es decir, el ventilador abre la válvula inspiratoria iniciando el ciclo respiratorio.

Asistida: El paciente realiza el disparo de la ventilación y lo completa hasta abrir la válvula espiratoria, es decir que hace todo el ciclo respiratorio.

Espontánea: El paciente dispara la ventilación, pero el ventilador completa el flujo inspiratorio llevándolo hacia el límite programado, este censa la caída de presión o el aumento leve del flujo inspiratorio. (Cediel et al., 2020)

GLOSARIO	
VOLUMEN	Es la cantidad de gas que entra al pulmón, esta variable se mide en litros o ml de aire
FLUJO	Es la velocidad volumétrica, por lo tanto, esto indica la velocidad en la que se desplaza un volumen dado y se mide en lts/min
PRESIÓN	Es la fuerza que ejerce un gas sobre una superficie, en este caso las vías respiratorias del paciente, se mide en Cm/H ₂ O
TIEMPO	Es el tiempo determinado en el que se entrega cierto volumen, flujo o presión
PEEP	Es la presión positiva al final de la espiración, esta impide la caída de la presión al finalizar la espiración al nivel de la presión atmosférica, la línea de base sobre la que se realiza la ventilación mecánica viene siendo supra-atmosférica

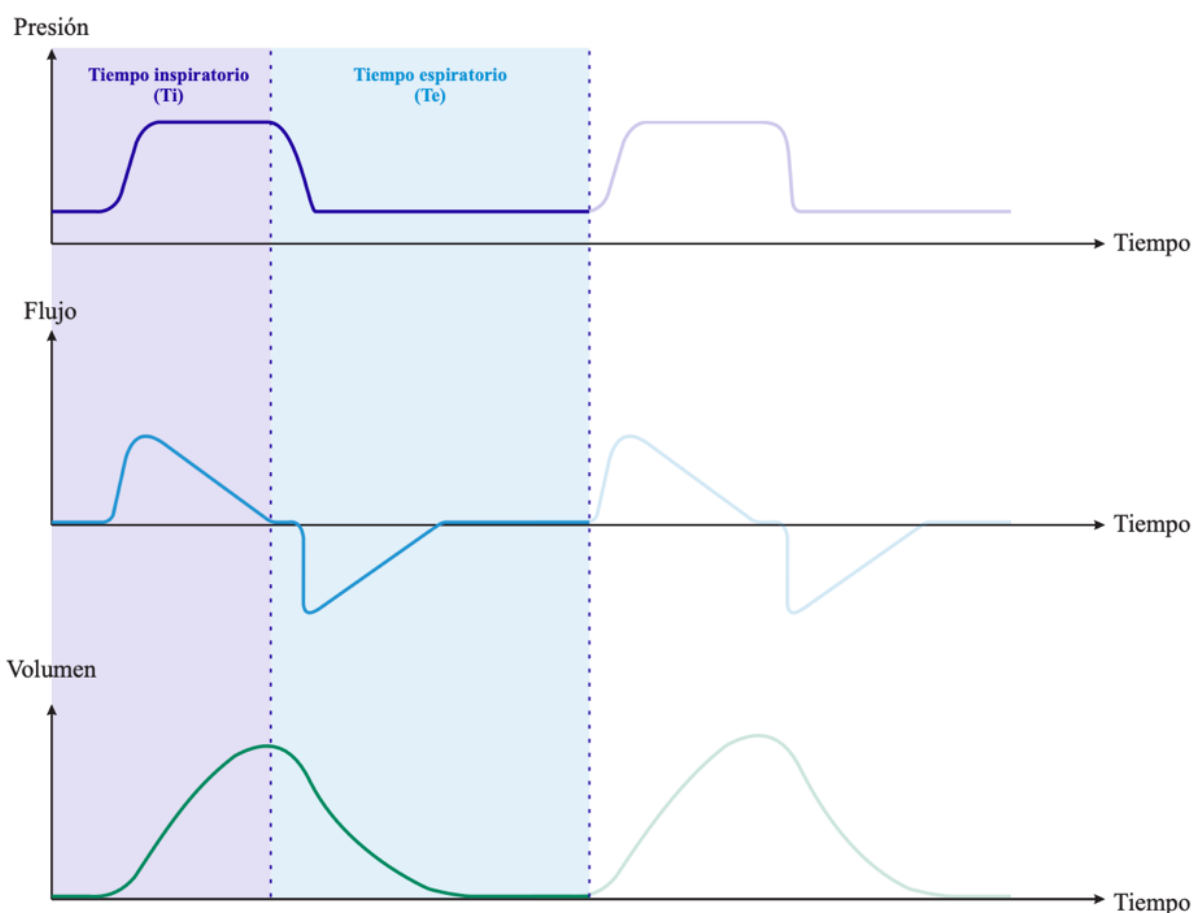
DISPARO	Es el esfuerzo que hace el paciente para iniciar la inspiración, la sensibilidad inspiratoria le permite al paciente abrir la válvula del ventilador que inicia la fase inspiratoria, esta puede ser por presión o por flujo
LÍMITE	Detiene un flujo inspiratorio si se alcanza un valor predeterminado, este controla la entrega del gas e interrumpe la inspiración cuando se alcanza dicho valor sin superarlo; puede ser programado por volumen, presión y flujo
CICLADO	Es aquella fase que al cumplirse indica al ventilador cuándo ciclar, es decir, terminar la inspiración e iniciar la espiración, puede ser programada por volumen, flujo y tiempo

FASE INSPIRATORIA EN LA VENTILACIÓN MECÁNICA

La fase inspiratoria se constituye por el período que va desde el inicio del flujo inspiratorio hasta el inicio del flujo espiratorio. En este período se da la entrada del gas a la vía respiratoria del paciente hasta llegar a los pulmones y se programa en las modalidades tanto de volumen como presión.

En esta fase se genera una presión sobre un volumen de un gas y se abre la válvula inspiratoria generando un volumen corriente o tidal, posteriormente la presión alveolar aumentará hasta alcanzar la presión pico, (Gráfica 4) (Gutiérrez Muñoz, 2011).

Gráfica 4: Aquí encontramos la curva de presión tiempo, curva de flujo tiempo, curva de volumen tiempo. T_i : tiempo inspiratorio, que está representado en color morado, donde da inicio y donde finaliza T_e : tiempo espiratorio, que está representado en color azul claro, en cada una de las gráficas el tiempo está representado por líneas negras.



Fuente: Elaboración propia

Para programar la fase inspiratoria debemos tener en cuenta distintos parámetros dentro de los cuales encontramos el tiempo inspiratorio, que se define como el período en que entra el gas a los pulmones y éste se regula teniendo en cuenta el tiempo que requiere el paciente para que haga entrega del volumen o de la presión programada. (Gutiérrez Muñoz, 2011)

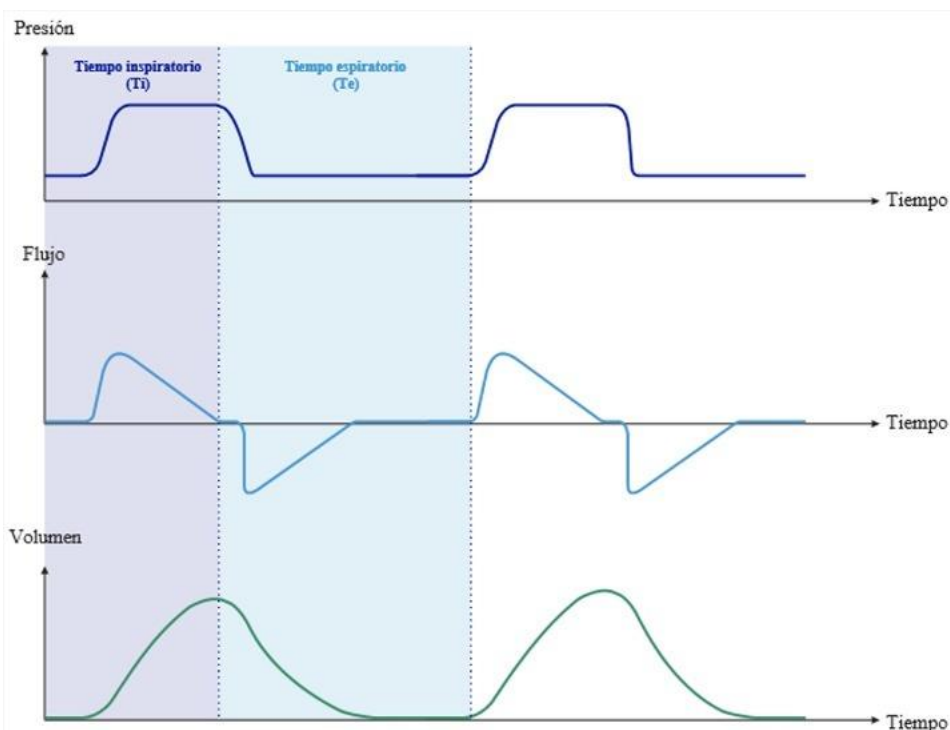
El tiempo inspiratorio se conforma por dos componentes fundamentales:

- **Tiempo de flujo inspiratorio:** en donde el flujo inspiratorio es mayor a cero.
- **Tiempo de pausa inspiratoria:** Donde el flujo es cero.

En las respiraciones controladas por presión o por volumen, la inspiración se cicla o termina cuando pasa el tiempo inspiratorio establecido. (Tobin, 2013)

Pero además del tiempo inspiratorio debemos conocer ¿qué es el flujo inspiratorio? Este se define como el encargado de determinar la forma en que el ventilador suministrará el flujo de aire, permitiendo a la vez determinar qué tan rápido se hace entrega del volumen corriente o en cuanto tiempo la presión inspiratoria programada es aplicada; de esta manera se ayuda a determinar el tiempo inspiratorio ya que, si se entrega con mayor velocidad el flujo, el tiempo que necesita el ventilador para cumplir ese volumen programado será menor. (Gutiérrez Muñoz, 2011).

Grafica 5: La fase inspiratoria en cada variable se observa como la línea azul; la línea morada representa el inicio de la fase inspiratoria en cada variable y la línea azul representa la presión pico. Aquí inicia la fase de espiración, que va hasta la base representada por la línea verde.



Fuente: Elaboración propia

El equilibrio entre el trabajo respiratorio del paciente y del ventilador se verá afectado por el ajuste del flujo inspiratorio ya que los flujos altos pueden conducir a presiones inspiratorias máximas altas. (Tobin, 2013).

Consecuente a esto se debe tener en cuenta el patrón de la onda de flujo, ya que éste ayuda a determinar la forma en que el ventilador entregará el flujo inspiratorio y esto se debe considerar según la condición específica de cada paciente teniendo en cuenta criterios como el tiempo inspiratorio, el volumen corriente o tidal y la relación I:E (inspiración/expiración).

Existen cuatro principales tipos de flujo u onda que se aplican en los distintos modelos de ventiladores que existen:

Flujo constante u onda cuadrada (A): Entrega el volumen en menor tiempo, pero genera mayor presión en la vía aérea que las demás.

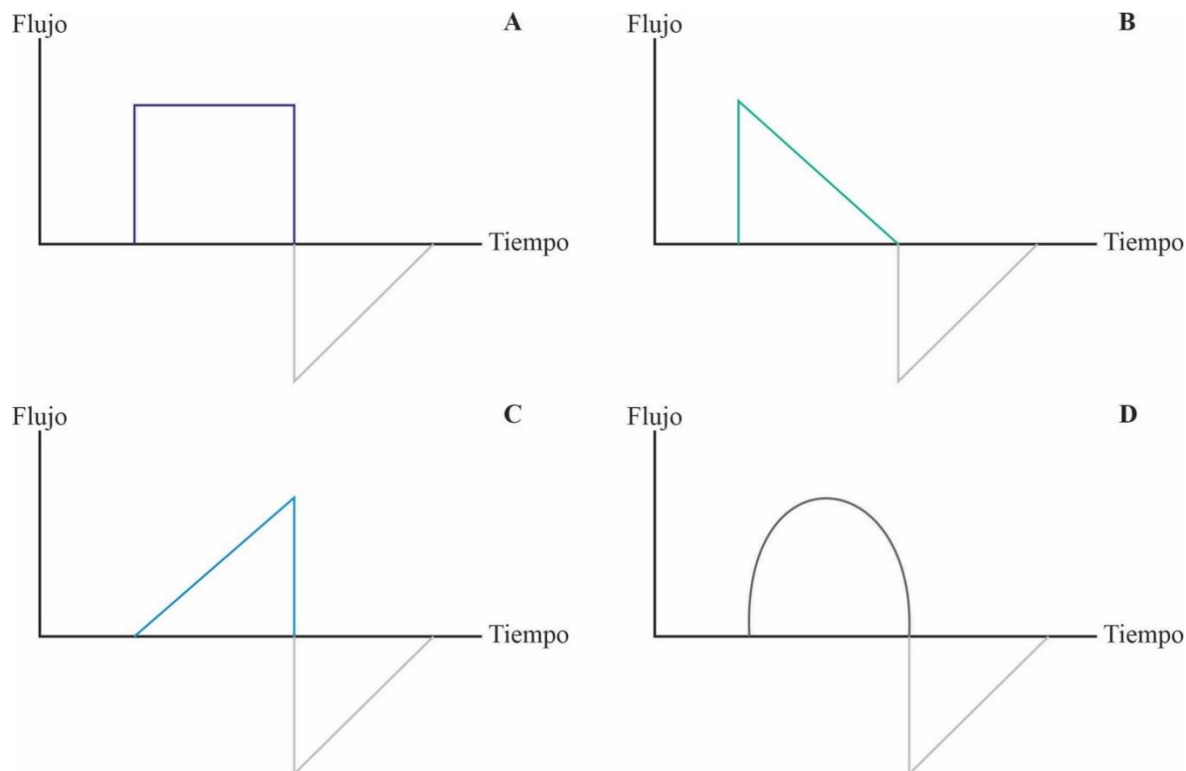
Flujo decreciente o en rampa descendente (B): Genera una mayor presión de la vía aérea al inicio y una presión alveolar casi igual, distribuye mejor el volumen corriente y también brinda un mayor tiempo inspiratorio en relación al tiempo espiratorio. (Gutiérrez Muñoz, 2011)

Flujo acelerado (C): Lento al inicio de la inspiración y aumenta según su progresión. (López-Herce & Carrillo, 2008)

Flujo sinodal o senoidal (D): Distribuye el flujo similar al anterior, pero incrementa aún más el tiempo inspiratorio. (Gutiérrez Muñoz, 2011)

En la (Gráfica 6) podemos observar cada uno de los tipos de onda y flujo

Gráfica 6: Tipos de flujos u ondas aplicadas en los diferentes modelos de ventiladores mecánicos. (A) Flujo constante u onda cuadrada, (B) rampa descendente, (C) flujo acelerado, (D) flujo sinodal o senoidal.



Fuente: Elaboración propia

FASE ESPIRATORIA (LÍNEA DE BASE)

La fase espiratoria se inicia en el ventilador cuando la válvula espiratoria se abre para darle paso al exterior al flujo espiratorio del paciente y termina cuando hay nuevamente flujo inspiratorio.

Durante esta fase, los ventiladores pueden limitar la caída de presión a un valor determinado por el programador, es decir que la válvula espiratoria se cerrará cuando la presión cae hasta dicho valor.

Este es el parámetro controlado durante la espiración. La presión espiratoria siempre se mide y establece en relación con la presión atmosférica. Por lo tanto, cuando queremos

que la presión de referencia sea igual a la presión atmosférica, la establecemos en cero, cuando queremos que la presión de línea de base exceda la presión atmosférica, establecemos un valor positivo, llamado presión positiva al final de la espiración (.).

Gráfica 7: Ventilación con presión positiva y ventilación espontánea en curva presión – tiempo representado con líneas negra, la inspiración está representada con la línea azul oscuro y la espiración con la línea azul claro, se ilustra un ciclo que da el ventilador y un ciclo espontaneo.

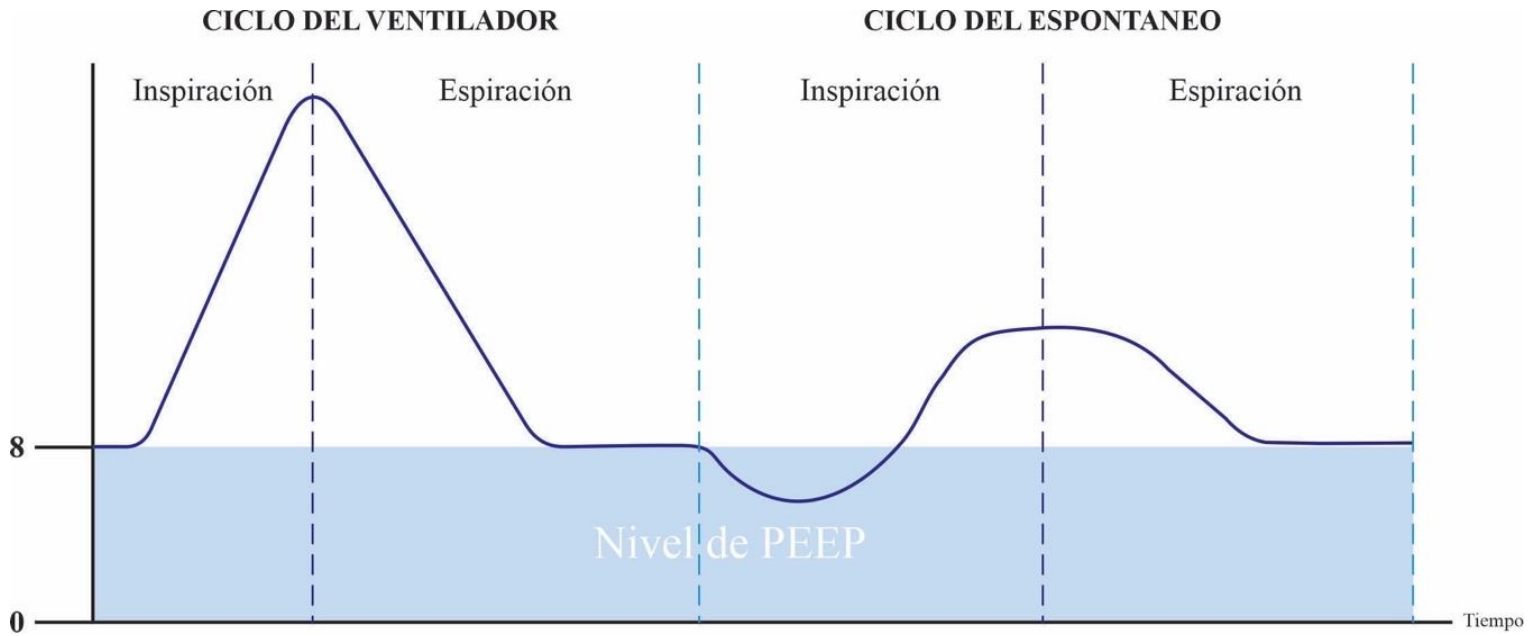
Fuente: Elaboración propia

).

La **PEEP** o presión positiva al final de la espiración, por sus siglas en inglés, se programa en el ventilador mecánico para aumentar el diámetro del alvéolo al comienzo de la inspiración, de esta forma le permite a los alvéolos mantenerse abiertos a una presión constante. Con la PEEP, conseguimos que el pulmón no se colapse y pueda realizar el intercambio gaseoso. La PEEP se mide por cmH₂O, sus valores oscilan entre 5-15 como se muestra en la gráfica 8; mayor de este valor va a interferir en el gasto cardiaco, disminuye la tensión arterial, aumenta la presión intracraneal.(Cediel et al., 2020).

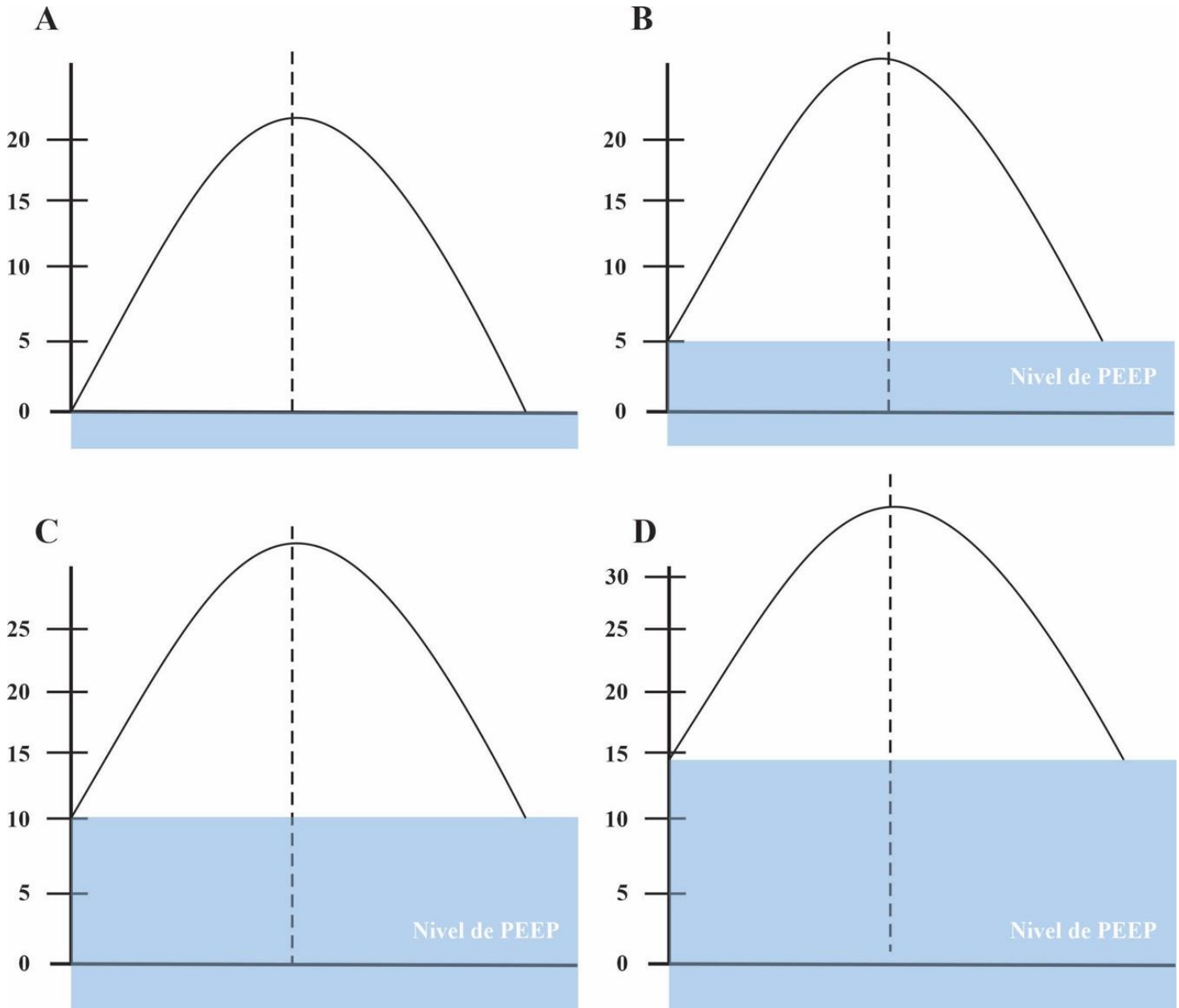
Gráfica 7: Ventilación con presión positiva y ventilación espontánea en curva presión – tiempo representado con líneas negra, la inspiración está representada con la línea azul

oscuro y la espiración con la línea azul claro, se ilustra un ciclo que da el ventilador y un ciclo espontáneo.



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8: Se observan los niveles de PEEP, donde A es nivel (0), B nivel (5), C nivel (10) y D nivel (15).



Fuente: Elaboración propia

MODOS VENTILATORIOS

Los modos ventilatorios son la manera en que un ventilador interactúa con el paciente para lograr el objetivo de asegurar una ventilación adecuada según su necesidad. Los factores que determinan el modo ventilatorio surgen de la combinación de los distintos tipos de ventilación, las variables de fase y de control y secuencia respiratoria.

MODOS VENTILATORIOS BÁSICOS	MODOS VENTILATORIOS NUEVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilación controlada (CMV) o Asistida controlada (A/C) <ul style="list-style-type: none"> - Controlada por volumen (VCV) - Controlada por presión (PCV) • Ventilación mandataria intermitente sincronizada (SIMV) • Ventilación espontanea <ul style="list-style-type: none"> - Presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) - Ventilación con presión de soporte (PSV) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilación con dos niveles de presión en la vía aérea (BIPAP/BILEVEL) • Ventilación con liberación de presión en la vía aérea (APRV) • Ventilación proporcional asistida (PAV+) <p>MODOS DE CONTROL DUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ventilación de soporte adaptativo (ASV) • ASV-INTELLIVENT

Fuente: Elaboración propia

MODOS VENTILATORIOS BÁSICOS

VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA (CMV)

Este modo ignora los esfuerzos inspiratorios del paciente y realiza todo el trabajo respiratorio dando un soporte total, con respiraciones mandatorias disparadas y cicladas por tiempo, según la frecuencia respiratoria programada por el operador.

- Existen dos formas de aplicarse, controlada por volumen (VCV) o controlada por presión (PCV) (Dueñas C. et al., 2011).

VENTILACIÓN MECÁNICA ASISTIDA-CONTROLADA (A/C)

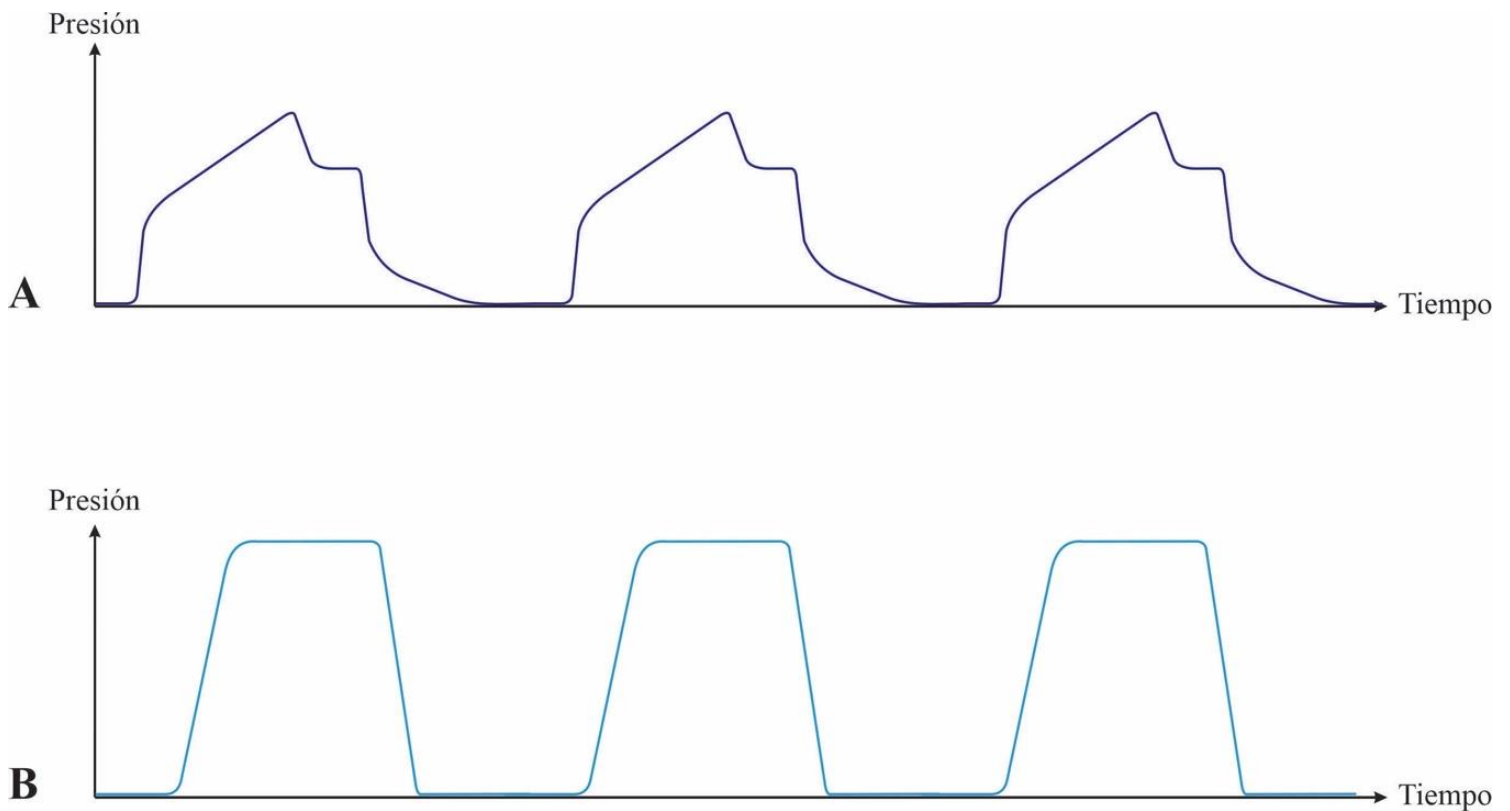
La ventilación AC es un modo de ventilación que puede ser controlado por volumen o presión, funciona ajustando valores como el volumen tidal y la frecuencia respiratoria permitiendo que el paciente inicie la inspiración espontánea, por lo cual se requiere establecer valores de sensibilidad para la detección en los cambios de presión y flujo, provocando que cuando el paciente haga un esfuerzo inspiratorio, el ventilador se sincronice para aportar el volumen establecido, el cual siempre será el mismo, independientemente de las presiones que se busquen en la vía respiratoria como la presión pico o meseta.(Cediel et al., 2020).

CONTROLADA POR VOLUMEN (VCV): La variable que limita la inspiración es el volumen, siendo constante en todos los ciclos, la presión ejercida en el pulmón dependerá de su distensibilidad y de la resistencia en la vía aérea, Es posible que se generen presiones muy altas al entregar el volumen seleccionado en pacientes con compromiso de alguna de estas patologías (ej. SDRA o asma) está indicado en pacientes sin impulso respiratorio, en aquellos con fatiga de los músculos respiratorios, o que tienen síndrome de bajo gasto en quienes se desea suprimir el consumo de oxígeno de los músculos respiratorios (Dueñas C. et al., 2011)

CONTROLADA POR PRESIÓN (PCV): El límite es dado por el valor de presión alcanzado en la inspiración, siendo el volumen variable dependiendo de la distensibilidad y resistencia del pulmón, además del nivel de presión, y el tiempo inspiratorio

seleccionados, se ha utilizado para proteger el pulmón de altas presiones generadas en pacientes con SDRA, ventilados por volumen como consecuencia de su baja distensibilidad. representado en la (Gráfica 9) (Dueñas C. et al., 2011).

Gráfica 9: En la gráfica (A) se evidencia la ventilación controlada por volumen (VCV) y en la gráfica (B) ventilación controlada por presión (PCV)



Fuente: Elaboración propia

PARÁMETROS PROGRAMABLES:

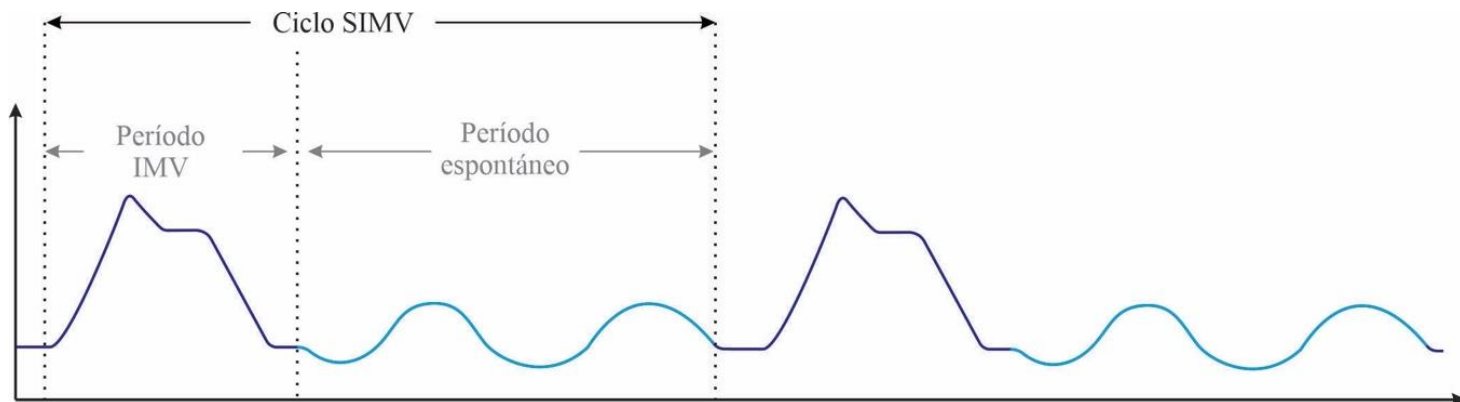
CMV CONTROLADA POR VOLUMEN (VCV)	CMV CONTROLADA POR PRESIÓN (PCV)
<ul style="list-style-type: none"> • Volumen, la frecuencia respiratoria, la relación inspiración/expiración (I:E), la fracción inspirada de oxígeno (FIO₂) y el nivel de PEEP.(Ramos Gomez, 2012) 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión inspiratoria, tiempo inspiratorio, frecuencia respiratoria y sensibilidad. (Ramos Gomez, 2012)

Fuente: Elaboración propia

VENTILACIÓN MANDATORIA INTERMITENTE SINCRONIZADA (SIMV)

Es un modo de ventilación que combina la ventilación asistida-controlada con la ventilación espontánea, siendo controlada por volumen. Este modo ventilatorio permite al paciente realizar respiraciones espontáneas intercaladas con los ciclos mandatorios del ventilador. Se establece un número de respiración con un volumen preestablecido permitiendo así la sincronización con los esfuerzos inspiratorios que realice el paciente. Tiene como finalidad garantizar el aporte del volumen predeterminado y puede ser usado de forma simultánea con presión soporte (PS). Suele ser un método utilizado para el destete de la ventilación. (Gráfica 10) (Ramos Gómez, 2012) (Cediel et al., 2020).

Gráfica 10: Representación gráfica del modo SIMV



Fuente: Elaboración propia

PARÁMETROS

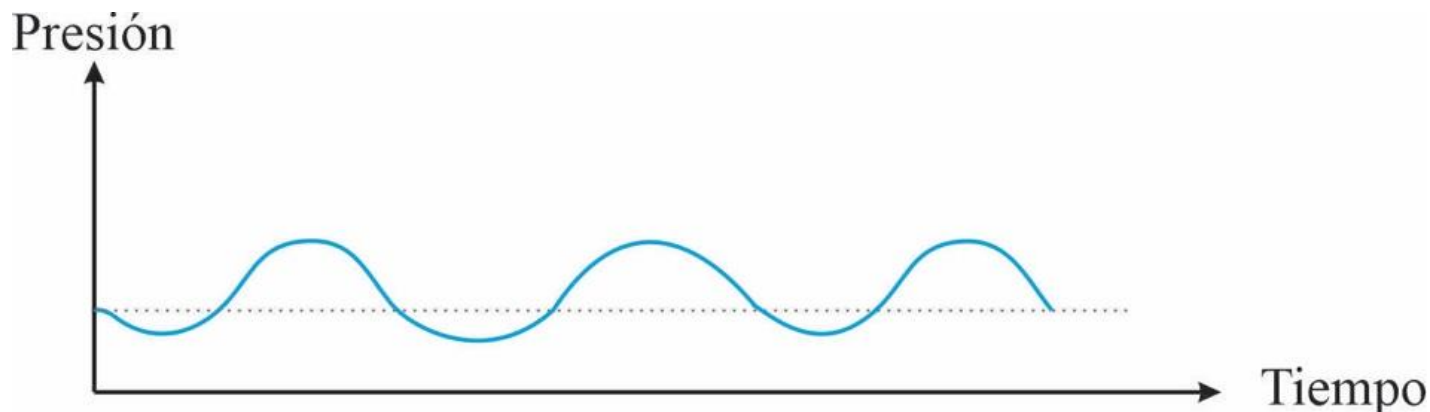
- FR: 6-30 rpm
- Fio2: 21-100%
- Sensibilidad: 2-3 lts/min
- Volumen tidal: 6-10cc/kg. (Cediel et al., 2020)

VENTILACIÓN ESPONTÁNEA (SV)

La ventilación espontánea se da cuando el paciente puede ventilar por sí mismo a través de un circuito del ventilador sin recibir presión positiva de la vía aérea (CPAP).

Es un método utilizado para evaluar si el paciente tolera la retirada de la ventilación mecánica, este método consiste en una reducción del soporte ventilatorio permitiendo que el paciente respire sin asistencia ventilatoria durante un determinado período de tiempo. (Gráfica 11) (Ramos Gómez, 2012).

Gráfica 11: Ventilación espontánea



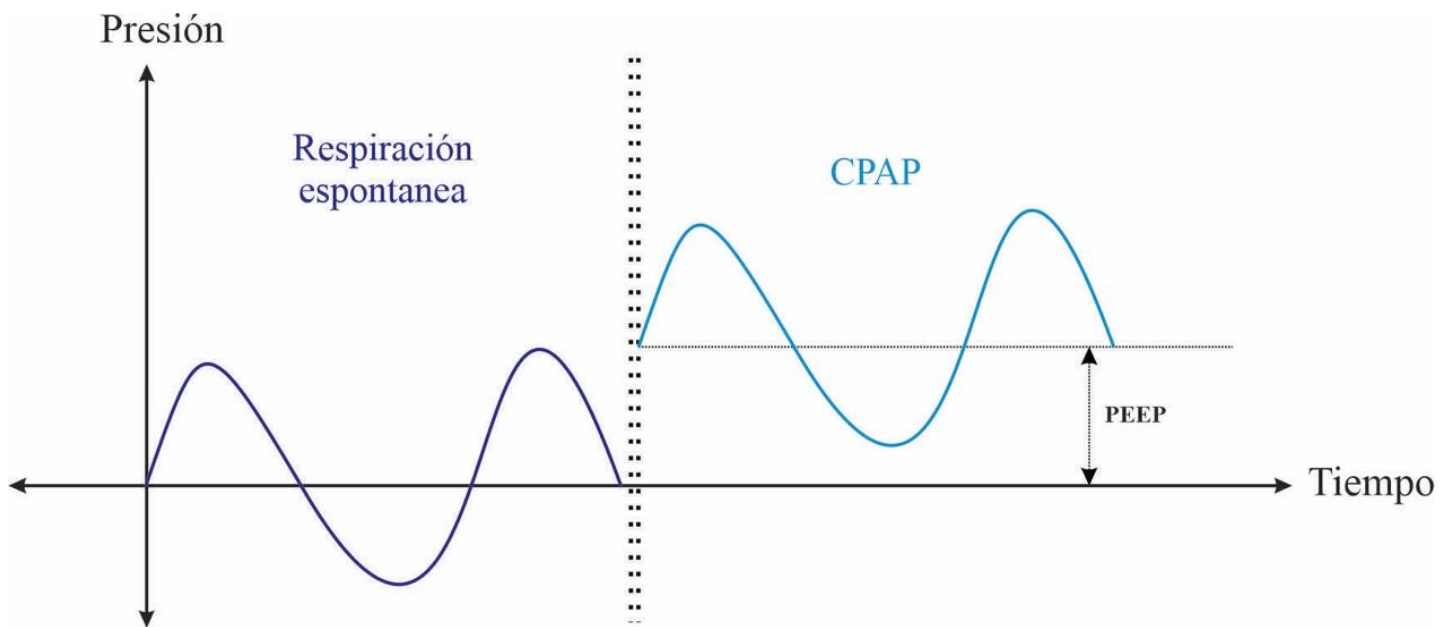
Fuente: Elaboración propia

PRESIÓN POSITIVA CONTINUA EN LA VÍA AÉREA (CPAP)

El CPAP es un modo ventilatorio utilizado en la VMI y VMNI, es un modo espontáneo que permite al ventilador mantener de manera constante un nivel preestablecido de presión positiva durante el ciclo respiratorio (Gráfica 12). Es decir, que el flujo de aire es introducido en las vías respiratorias manteniendo una presión continua que logra mantener la apertura de éstas durante la respiración espontánea del paciente tanto en la inspiración como en la espiración. (Cediel et al., 2020) (Ramos Gomez, 2012)

El CPAP aumenta la capacidad residual funcional, evita el colapso alveolar y aumenta el intercambio gaseoso mejorando así la oxigenación. (Sánchez et al., 2009)

Gráfica 12: Soporte de presión positiva continua (CPAP) mientras el paciente realiza la ventilación espontánea



Fuente: Elaboración propia

PARÁMETROS

- Se fija la presión inspiratoria
- Sensibilidad
- PEEP

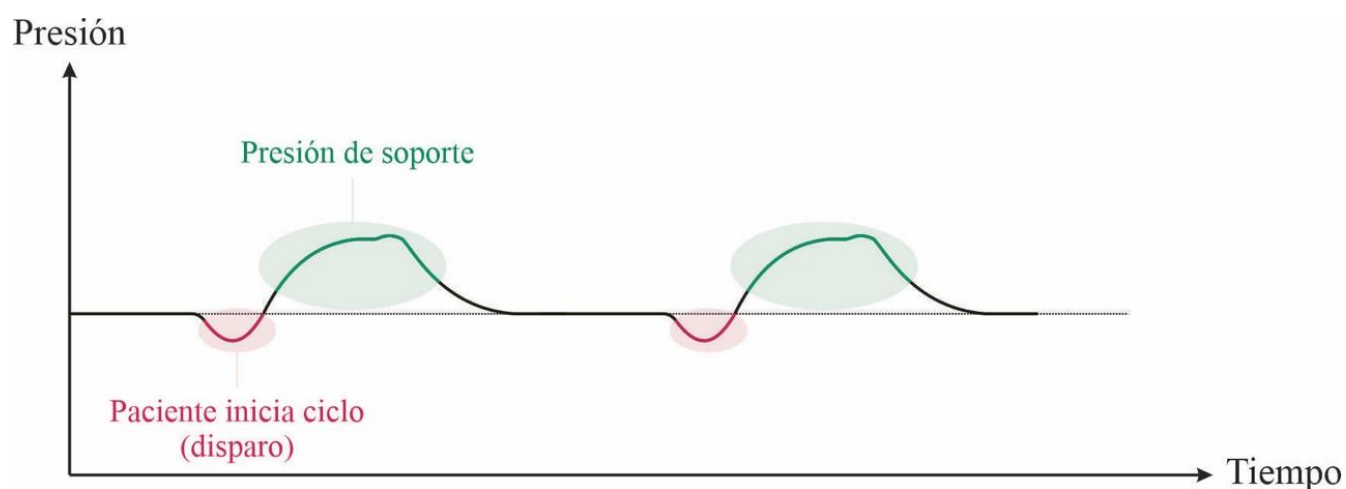
Es decir que la FR, el flujo y el tiempo inspiratorio (TI) los establece el paciente y pueden ser variables en cada ciclo respiratorio. (Ramos Gómez, 2012)

VENTILACIÓN CON PRESIÓN DE SOPORTE (PSV)

Es un modo ventilatorio espontáneo, controlado por presión, el ciclo respiratorio es iniciado por el paciente y limitado por el ventilador. Cuando el ventilador detecta una caída de presión dada por el esfuerzo inspiratorio del paciente, envía un flujo alto de gas aumentando la presión hasta el nivel establecido como se puede evidenciar en la (Gráfica 13).

En este modo la presión se mantiene constante durante la fase inspiratoria y de manera paralela el flujo disminuye hasta el inicio de la espiración, este modo permite la sincronización paciente-ventilador y responde a los cambios de la demanda ventilatoria del paciente, es un método usado para el destete de la ventilación mecánica. (Subirana & Bazan, 2000)

Gráfica 13: Modo de presión soporte asociada al PEEP



Fuente: Elaboración propia

PARÁMETROS

- Sensibilidad
- Presiones de la vía aérea
- Presión pico
- Presión meseta
- Pausa inspiratoria. (Cediel et al., 2020)

MODOS VENTILATORIOS BÁSICOS O CONVENCIONALES		
Son los modos más utilizados en la VM y se clasifican de 3 formas		
Ventilación controlada (CMV) o Asistida controlada (A/C)	<p>CMV: el ventilador realiza todo el trabajo respiratorio del paciente dando un soporte total.</p> <p>A/C: el paciente puede iniciar la inspiración de forma espontánea, es decir que cuando el paciente realiza el esfuerzo inspiratorio el ventilador se sincroniza para aportar el volumen pre establecido.</p>	<p>Estos modos pueden ser controlados por:</p> <p>Presión: se establece una presión inspiratoria que ayuda a vencer la resistencia de la vía aérea.</p> <p>Volumen: Se pre establece el volumen circulante que se le administrara al paciente.</p>
Ventilación mandatoria intermitente (SIMV)	<p>SIMV: este modo permite combinar la ventilación A/C con la ventilación espontánea, es decir que permite que se intercalen los ciclos realizados por el paciente (ciclos espontáneos) entre los mandatorios o controlados por el ventilador.</p>	
Ventilación espontánea (SV)	<p>Es un modo que consiste en reducir el soporte ventilatorio y permite que el paciente asista o realice el intercambio durante un breve periodo de tiempo y suele ser usado como método de destete de la VM. Este modo se divide en:</p> <p>CPAP: el ventilador mantiene una presión positiva durante todo el ciclo respiratorio, siendo este ciclo realizado totalmente por el paciente.</p> <p>PRESIÓN SOPORTE (PS): los esfuerzos inspiratorios del paciente son asistidos por el ventilador hasta llegar a la presión programada.</p>	

CONCLUSIONES

Este capítulo de libro permitió resumir los conceptos básicos del manejo ventilatorio, ya que ventilación mecánica es un tema complejo de abordar y a lo largo del tiempo la tecnología ha hecho mejoras en esta y presentar nuevos modos ventilatorios, sin embargo, esto ha desencadenado dificultades en la enseñanza para el uso adecuado de la VM, por eso fue redactado para una comprensión fácil de los estudiantes de pregrado y profesionales de la salud, con esto se concluye que cada clínico debe familiarizarse con sus máquinas disponibles y desarrollar estrategias tenga criterios claramente definidos para decidir que paciente se beneficiará con el soporte ventilatorio.

RECOMENDACIONES

- Establecer una base sólida: es fundamental dominar los conceptos básicos de la ventilación mecánica antes de abordar aspectos más avanzados. Dedicar tiempo a revisar y comprender a fondo los fundamentos de este tema antes de adentrarse en su aplicación clínica.
- Utilizar recursos visuales: emplear gráficos, diagramas y representaciones visuales para facilitar la comprensión de los diferentes modos de ventilación mecánica. Estas herramientas visuales ayudarán a los estudiantes a visualizar y asimilar de manera más efectiva los conceptos abstractos relacionados con este tema.
- Priorizar la seguridad del paciente: siempre poner en primer lugar la seguridad del paciente al administrar la ventilación mecánica. Realizar una monitorización constante, estando atento a posibles complicaciones y signos de deterioro respiratorio. Además, recuerda seguir las pautas y protocolos establecidos para garantizar la práctica segura y efectiva de la ventilación mecánica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tobin, M. J. (Ed.). (2013). Principles and practice of mechanical ventilation (3rd ed). McGraw-Hill Medical.1
2. Roldán Valencia, L. (2020). *Terapia Respiratoria para profesionales- Todo Lo Que Debes Saber* (Primera Edicion). Distribuna.
3. Cediell Carrillo, X. J., Rebellón Sánchez, D. E., Caicedo Ochoa, E. Y., & Méndez Fandiño, Y. R. (2020). *Enfoque del paciente crítico y ventilación mecánica para no expertos*. Búhos Editores Ltda.
4. Cediell, X., Rebellon, D., Caicedo, Y., & Mendez, Y. (2020). *Enfoque del paciente crítico y ventilación mecánica para no expertos* (Primera). Buhos editores Ltda.
5. Dr. Jean, M. A., & Dr. Dominik, N. (s. f.). *Medición de la presión transpulmonar*.
6. Dueñas C., C., Ortíz R., G., & González, M. A. (2011). *Ventilación mecánica: Aplicación en el paciente crítico* (2ª ed. reimp). Distribuna.
7. Fabio Andrés Varón V., M. D., & Ángela María Giraldo M., M. D. (2016). Fisiología de la ventilación mecánica no invasiva. *Revista Colombiana de Neumología*, 28(1), Art. 1. <https://doi.org/10.30789/rcneumologia.v28.n1.2016.161>
8. Ferrer, L., & Celis, E. (2019). *Soporte Respiratorio Basico y Avanzado (SORBA)*. Distribuna editorial.
9. *Fundamentos-ventilación-mecánica.pdf*. (s. f.). Recuperado 24 de noviembre de 2022, de <https://www.centrodeestudios.edu.co/wp-content/uploads/2019/12/Fundamentos-ventilación-mecánica.pdf>
10. García Castillo, E., Chicot Llano, M., Rodríguez Serrano, D. A., & Zamora García, E. (2014). Ventilación mecánica no invasiva e invasiva. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 11(63), 3759-3767. [https://doi.org/10.1016/S0304-5412\(14\)70840-6](https://doi.org/10.1016/S0304-5412(14)70840-6)
11. García-Prieto, E., Amado-Rodríguez, L., & Albaiceta, G. M. (2014). Monitorización de la mecánica respiratoria en el paciente ventilado. *Medicina Intensiva*, 38(1), 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2013.09.003>
12. Garnero, A. J., Abbona, H., Gordo-Vidal, F., & Hermosa-Gelbard, C. (2013). Modos

- controlados por presión versus volumen en la ventilación mecánica invasiva. *Medicina Intensiva*, 37(4), 292-298. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2012.10.007>
13. *Manual de medicina respiratoria. Parte 1 by SEPAR - Issuu.* (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2022, de https://issuu.com/separ/docs/manual_de_medicina_respiratoria._pa
14. meses, felixrodriguez S. • hace 10. (2022, enero 11). *La ventilación mecánica no invasiva (VNI)*. Hive. <https://hive.blog/hive-196387/@felixrodriguez/la-ventilación-mecánica-no-invasiva-vni>
15. Muñoz Bonet, J. I. (2003). *Conceptos de ventilación mecánica*. <https://www.analesdepediatria.org/es-pdf-S1695403303781508>
16. Ramos Gómez, Luis. A. (2012). *Fundamentos de ventilación mecánica*. Marge Médica Books. <https://www.centrodeestudios.edu.co/wp-content/uploads/2019/12/Fundamentos-ventilación-mecánica.pdf>
17. Roldán Valencia, L. (2020). *Terapia Respiratoria para profesionales- Todo Lo Que Debes Saber* (Primera Edición). Distribuna.
18. Romero, P. (2004). *DISTENSIBILIDAD PULMONAR* (pp. 43-62).
19. Subirana, M., & Bazan, P. (2000). Modalidades de ventilación mecánica. *Enfermería Intensiva*, 11(1), 23-32.
20. Tobin, M. J. (Ed.). (2013). *Principles and practice of mechanical ventilation* (3rd ed). McGraw-Hill Medical.
21. Walter, J. M., Corbridge, T. C., & Singer, B. D. (2018). Invasive Mechanical Ventilation. *Southern medical journal*, 111(12), 746-753. <https://doi.org/10.14423/SMJ.0000000000000905>