

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA CRÍTICA Y TERAPIA INTENSIVA**

COMPARACIÓN DE LA ASOCIACIÓN DEL PODER MECÁNICO Y LA MORTALIDAD EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA RESPIRATORIA AGUDA, SOMETIDOS A VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA BAJO MODALIDAD ASV INTELLIVENT VERSUS MODOS VENTILATORIOS CONVENCIONALES EN LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL GENERAL ENRIQUE GARCÉS Y HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DE LAS FUERZAS ARMADAS DE LA CIUDAD DE QUITO.

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA CRÍTICA Y TERAPIA INTENSIVA

LUIS FERNANDO GALLARDO SEGOVIA

TATIANA ELIZABETH MOYA ERAZO

DIRECTOR

DR LUIS GUSTAVO PAREDES

TUTOR METODOLÓGICO

DR. HUGO PEREIRA

QUITO, 2019

## AGRADECIMIENTO

Durante éstos años de esfuerzo y sacrificio nuestro conocimiento fue creciendo, y no podemos dejar de agradecer a las personas que estuvieron a nuestro lado en todo momento, empujándonos a ser mejores cada día y sin dejarnos desfallecer, ayudándonos a construir un camino de éxito al culminar esta etapa de formación académica.

Agradecemos a Carlos, Rosy y Fanny, nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestros sueños y expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. A David y Erika nuestras parejas, por ser un apoyo incondicional en nuestra vida, que a través de sus consejos, de su amor, de su paciencia y comprensión nos ayudaron a superar cualquier obstáculo.

Los docentes son un pilar fundamental para el aprendizaje, por eso agradecemos especialmente al Dr. Gustavo Paredes, ya que más que un Tutor, ha sido un gran amigo, y con sus conocimientos y exigencia nos ha sabido inculcar la pasión por los cuidados intensivos.

Y por supuesto a nuestra querida Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, lugar donde gratamente recordaremos momentos de orientación y aprendizaje, así como de amistad y camaradería que llevaremos siempre en nuestros corazones.

Agradecemos a Dios por bendecirnos y guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Tatiana Moya E.

Fernando Gallardo S.

## **DEDICATORIA**

Dedicado para Rosy, Fanny, David, Erika, Mia y Monse fuente de inspiración y soporte incondicional.

## CONTENIDOS

### Tabla de contenido

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR .....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
DEDICATORIA .....	3
CONTENIDOS .....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
AUTORES .....	6
TUTOR DE LA DISERTACIÓN.....	6
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	6
RESUMEN .....	7
CAPÍTULO I .....	9
INTRODUCCIÓN .....	9
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
OBJETIVOS .....	12
a. Principal:.....	12
b. Secundarios:.....	13
HIPÓTESIS .....	14
CAPITULO II .....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
CAPÍTULO III .....	22
METODOLOGÍA.....	22
c. Operacionalización de las variables.....	22
d. Muestra: .....	24

e. Tipo de estudio.....	24
f. Criterios de inclusión:.....	25
g. Criterios de exclusión .....	25
h. Procedimiento de recolección de información .....	25
i. Plan de análisis de datos:.....	27
ASPECTOS BIOÉTICOS .....	28
ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	29
j. Recursos necesarios .....	29
k. Cronograma de trabajo: .....	30
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>31</b>
RESULTADOS .....	31
DISCUSIÓN.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	44

### **Índice de tablas**

Tabla 1.....	32
Tabla 2.....	33
Tabla 3.....	33
Tabla 4.....	34
Tabla 5.....	35
Tabla 6.....	35
Tabla 7.....	38
Tabla 8.....	38

### **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1.....	36
Ilustración 2.....	37

### AUTORES

<u>NOMBRE</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>INSTITUCIÓN</u>
Luis Fernando Gallardo Segovia.	Médico postgradista de la Especialización de Medicina Crítica y Terapia Intensiva	PUCE
Tatiana Elizabeth Moya Erazo	Médico postgradista de la Especialización de Medicina Crítica y Terapia Intensiva	PUCE

Dirección de correo electrónico de los autores:

1. [luisfernandoalf@gmail.com](mailto:luisfernandoalf@gmail.com)
2. [tmoyaerazo@gmail.com](mailto:tmoyaerazo@gmail.com)

### TUTOR DE LA DISERTACIÓN

<u>NOMBRE</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>INSTITUCIÓN</u>
Luis Gustavo Paredes	Médico Especialista en Medicina Crítica, Director De La Disertación.	Pontificia Universidad Católica del Ecuador

### LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Intervenciones clínico – quirúrgicas para mejorar la toma de decisiones clínicas y el proceso de atención médica.

## RESUMEN

**Introducción:** El poder mecánico puede unificar variables conocidas que están relacionadas al desarrollo de injuria pulmonar asociada al ventilador. La ayuda de este trabajo de investigación es examinar la asociación entre el poder mecánico y la mortalidad en dos grupos de pacientes críticamente enfermos con insuficiencia respiratoria aguda, sometidos a diferentes modos de ventilación mecánica invasiva.

Se trata de un estudio epidemiológico, prospectivo y de cohorte realizado en dos unidades de terapia intensiva polivalentes, con la intención de demostrar que el modo ventilatorio ASV INTELLIVENT se asocia a un menor valor de poder mecánico, y éste a su vez influye en menor mortalidad en comparación con los modos convencionales.

Se emplearon datos recogidos directamente en las unidades participantes y fueron analizados con las pruebas estadísticas correspondientes, para determinar la asociación entre poder mecánico, mortalidad y días libres de ventilación mecánica como resultados principales.

**Objetivo:** Se analizó la asociación entre un valor de poder mecánico mayor a 12 y su repercusión sobre mortalidad y días libres de ventilación.

**Métodos:** Se recolectaron los datos de todos los pacientes adultos mayores de 18 años de edad, que ingresan al área de cuidados intensivos del Hospital Enrique Garcés y Hospital de las Fuerzas Armadas de Quito con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda, en el lapso de 4 meses. Debido a que son unidades polivalentes de pocas camas y alta rotación, y que el diseño del estudio es prospectivo se consideró incluir a todos los pacientes que cumplan los criterios de inclusión desde el mes de abril hasta julio del 2019.

**Resultados:** Se incluyeron 60 pacientes para el estudio; de ellos 27 fueron ventilados en

modo ASV Intellivent y 33 en modos convencionales con características generales comparables entre ambos grupos. Incrementa el riesgo de mortalidad cuando tenemos un corte de poder mecánico  $>12$  en el grupo de ventilación convencional con un RR de 3.33 pero con un p valor de 0.072. En relación a la influencia del modo ventilatorio en la mortalidad se determina mas bien la tendencia a un factor protector en el grupo de ASV, con un RR de 0.37 pero con un valor p de 0.073. Los hallazgos que resultaro ser estadísticamente significativos fueron los relaciondos al modo ventilatorio y los dias libres de ventilación, donde el modo ASV Intellivent está asociado a mayor cantidad de DLVM con un valor p de 0.028 y un menor VT/Kg de peso ideal con un valor p de 0.001. Finalmente, se asocia el punto de corte de poder mecánico obtenido en el estudio con un mayor riesgo de mortalidad en la población general del estudio con un RR: 3.15, IC 95%: (1.09 – 9.09) y un P valor: 0.023.

**Conclusiones:** El poder mecánico no se asocia directamente con la mortalidad cuando se diferencia la población en los dos grupos dependiendo del modo ventilatorio al que puede ser sometido un paciente con insuficiencia respiratoria aguda sin SDRA. El modo ventilatorio ASV Intellivent influye directamente en los días libres de ventilación mecánica invasiva. Un valor de corte de 13.47 J/min de poder mecánico aumenta en 3.15 veces el riesgo de mortalidad en la población total del estudio.

Palabras clave: Ventilación mecánica invasiva, Poder mecánico, Mortalidad, ASV Intellivent, Modos ventilatorios convencionales.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En los modos de ventilación convencionales, es el médico quien ajusta los controles del ventilador, como presiones, volumen tidal, frecuencia respiratoria y tiempos inspiratorio y espiratorio, para conseguir objetivos clínicos de oxigenación y ventilación en el paciente. En las últimas décadas se han desarrollado varios modos ventilatorios que tienen como propósito proporcionar una ventilación mecánica más protectora y con ajuste de los parámetros de acuerdo a la patología de base, teniendo como objetivo evitar una ventilación prolongada y minimizar los riesgos potenciales principalmente la lesión inducida por el ventilador y las infecciones como la neumonía asociada a la ventilación. (Determann et al., 2010).

Hamilton ha desarrollado un modo ventilatorio “inteligente”, el INTELLiVENT-ASV, en donde el médico fija los objetivos de PetCO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub> para el paciente, de este modo, el ventilador mediante su modo de asa cerrada automatiza los controles del respirador para alcanzar esos objetivos señalados, teniendo en cuenta los datos fisiológicos del paciente (PetCO<sub>2</sub>, SpO<sub>2</sub>, mecánica pulmonar, respiraciones espontáneas) y la patología a la que se está enfrentando. Por ende fija automáticamente respiración a respiración los controles de la oxigenación (PEEP, Oxígeno) y de la ventilación (frecuencia respiratoria tiempo inspiratorio, volumen tidal y presión inspiratoria).

El INTELLiVENT-ASV emplea automáticamente estrategias de protección pulmonar para reducir la aparición de complicaciones debidas al auto PEEP y volutrauma/barotrauma (Protti et al., 2015). En el marco de las reglas de esta estrategia de protección pulmonar, estimula al paciente para que respire espontáneamente. (Feasibility study on full closed-loop control (Arnal et al., 2013).

Existen publicaciones que califican al INTELLiVENT-ASV como el mejor modo de ventilación entre los existentes, por la comodidad que proporciona al paciente, y en especial por la seguridad que brinda al proporcionar una ventilación mecánica protectora, evitando así la aparición del daño pulmonar inducido por la ventilación conocido como VILI. (Mireles-Cabodevila, Hatipoglu, & Chatburn, 2012). Desde el año 2010 se han realizado varias publicaciones en relación a estrategias de ventilación protectora, el modo INTELLiVENT-ASV se enfoca en proporcionar dichas características.

En 2016, Gattinoni y sus Colleague derivaron la fórmula del poder mecánico de la ecuación del movimiento de los gases, observando a través de estudios experimentales que un valor mayor de 12 Joules/minuto determina el desarrollo de lesión pulmonar asociada a la ventilación mecánica en sujetos sanos y empeoramiento clínico (Gattinoni et al., 2016)(Massimo Cressoni, M.D., Miriam Gotti, M.D., Chiara Chiurazzi, M.D., Dario Massari, Ilaria Algieri, M.D., Martina Amini, M.D., Antonio Cammaroto, M.D., Matteo Brioni, Claudia Montaruli, M.D., Klodiana Nikolla, M.D., Mariateresa Guanziroli, Daniele Dondossola, M.D., Stefano Gatti, M.D., Vincenza Valerio, Ph.D., Giordano Luca Vergani, & Paola Pagni, M.D., Paolo Cadringer, M.Sc., Nicoletta Gagliano, Ph.D., 2016). Este parámetro puede ayudar a estimar la contribución de las diferentes causas de lesión pulmonar relacionadas con el ventilador y de sus variaciones, en este contexto, nuestro estudio se enfocará en demostrar que el modo INTELLiVENT ASV además de brindar seguridad, eficiencia y mayor confort en los pacientes ventilados, está relacionado directamente a brindar una ventilación protectora con un valor de poder mecánico menor que los registrados en modos convencionales.

Desde su descripción hasta la fecha, a través de análisis secundarios de datos de ensayos clínicos, se ha determinado asociación entre un poder mecánico mayor a 12 J/min con

desenlaces poco favorables en pacientes con ventilación mecánica y síndrome de distrés respiratorio agudo.

A pesar de estas descripciones, aún hacen falta estudios prospectivos en los que se evalúe el punto de corte a partir del cual se pueda correlacionar, o incluso predecir, desenlaces deletéreos en los pacientes ventilados mecánicamente.

En base a esta premisa, desarrollamos el presente estudio, donde se determinará si el modo automatizado INTELLIVENT-ASV evita la lesión pulmonar inducida por la ventilación, medida a través de la ecuación del poder mecánico al compararlo con los modos ventilatorios convencionales asistidos-controlados por presión o por volumen, en un grupo de pacientes diagnosticados de insuficiencia respiratoria aguda.

## **JUSTIFICACIÓN**

En el diario quehacer de los médicos intensivistas, está el hecho de someter a ventilación mecánica a los pacientes que lo ameritan, considerando aquello es que hemos seleccionado un tópico familiar y poco indagado, pero que no deja de ser interesante. Siendo pioneros en este tema en particular, podremos dar luces en dicho ámbito y contribuir aun más al crecimiento de nuestro conocimiento y poder brindar una herramienta más para decidir el mejor accionar en nuestra labor.

En nuestro trabajo de investigación se buscará la asociación que existe entre obtener un menor poder mecánico, como subrogado de ventilación protectora, al seleccionar modos de asa cerrada y prácticamente automáticos en su programación mediada por objetivos.

Los antecedentes que tenemos de este tema en particular son experimentales y en animales, y es justo ahí donde radica la importancia y relevancia de nuestro estudio, debido a que no existe nada escrito que compare modos inteligentes de ventilación con los convencionales o “tradicionales”, por así llamarlos, en relación a entregar ventilación protectora, en este caso

medida con valor de poder mecánico y que a su vez, esté asociado a mortalidad en UCI como resultado principal.

Los resultados de este trabajo serán de utilidad para todo aquel profesional que someta a su paciente a ventilación mecánica, pudiendo de ahora en más, discriminar o elegir el modo más seguro, efectivo y que demuestre mayor supervivencia en los pacientes críticamente enfermos, de acuerdo a los resultados de este trabajo.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Nuestro tema de investigación busca encontrar la respuesta para la siguiente pregunta:

¿En los pacientes adultos con insuficiencia respiratoria aguda, sometidos a ventilación mecánica invasiva, el modo ASV INTELLIVENT se asocia a un menor valor de poder mecánico, y éste a su vez influye en menor mortalidad en comparación con los modos ventilatorios convencionales?

## **OBJETIVOS**

- a. Principal:
  - Determinar la asociación entre el valor del poder mecánico y la mortalidad, en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda sometidos a ventilación mecánica invasiva en modo ASV INTELLIVENT versus los asistidos con cualquier otro modo convencional.

b. Secundarios:

- Analizar la relación existente entre el modo ventilatorio al que fueron sometidos los pacientes y la mortalidad en cada grupo.
- Conocer la influencia del modo ventilatorio en el valor del poder mecánico en los pacientes sometidos a ventilación mecánica con insuficiencia respiratoria aguda.
- Establecer la relación entre el modo ventilatorio y los días libres de ventilación mecánica en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda.
- Comparar la dependencia de los diferentes componentes relacionados a ventilación mecánica protectora, de los modos ventilatorios a los que fueron sometidos los pacientes.
- Determinar si hay diferencia en el valor del poder mecánico, en los pacientes con patología pulmonar pre existente a diferencia de los previamente sanos.
- Relacionar la condición de severidad de los pacientes según el score SOFA con el valor del poder mecánico.
- Identificar el punto de corte del valor del poder mecánico de nuestro estudio, que determine incremento de la mortalidad en los pacientes sometidos a ventilación mecánica invasiva con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda.
- Identificar cuál de todos los componentes de la fórmula del poder mecánico, determina mayor mortalidad y con que valor de corte.
- Relacionar el punto de corte del poder mecánico obtenido en el estudio con la mortalidad.

## HIPÓTESIS

- El modo ventilatorio ASV INTELLIVENT se asocia a un menor valor de poder mecánico, y éste a su vez a menor mortalidad en comparación con los modos convencionales, en pacientes con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda sometidos a ventilación mecánica.
- El grupo de pacientes ventilados en modo ASV Intellivent registra menor mortalidad en comparación al grupo asistido en modos convencionales.
- El modo ventilatorio ASV Intellivent refleja un menor valor de poder mecánico en comparación a los modos convencionales.
- El modo ventilatorio ASV Intellivent está asociado a más días libres de ventilación mecánica.
- El grupo de pacientes ventilados en modo ASV Intellivent reflejan valores menores de presión meseta, presión de distensión y VT/Kg de peso ideal que aquellos ventilados en modos convencionales.
- Los pacientes con enfermedades pulmonares crónicas preexistentes, registran valores más altos de poder mecánico, que los pacientes previamente sanos.
- Los pacientes con un score SOFA mayor a 7 registran valores más altos de poder mecánico que aquellos con SOFA menor a 7.
- El punto de corte de poder mecánico establecido en nuestro estudio es similar al punto de corte reportado en la literatura.
- Dentro de los componentes de la fórmula del poder mecánico existe diferencia entre el peso de cada variable para aumentar la mortalidad.
- El punto de corte identificado en nuestro estudio está relacionado con la mortalidad en el mismo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### MODO ASV

Hamilton Medical ha desarrollado la ventilación asistida adaptable (Adaptive Support Ventilation<sup>®</sup>, ASV<sup>®</sup>). El ASV es un modo controlado por presión que permite la adaptación de la asistencia durante todas las fases de la ventilación mecánica, desde la etapa de ventilación controlada hasta el destete (Kirakli et al., 2011). El principio primordial de su funcionamiento se basa en la fórmula de Otis. Usando esta fórmula, el microprocesador puede calcular un patrón respiratorio “ideal” ( $V_t$  y frecuencia respiratoria) que corresponde al menor trabajo respiratorio según las características mecánicas del paciente y la ventilación minuto deseada. A su vez proporciona un ventilación minuto específica, teniendo en cuenta el espacio muerto calculado según el peso corporal y una valoración de la constante de tiempo espiratoria. La ventilación minuto mínima es el único ajuste específico que debe seleccionar el médico, y cuyo valor se basa en el peso corporal del paciente.

Al comenzar la ventilación en ASV, el respirador proporciona tres respiraciones controladas por presión, cicladas por tiempo, y realiza los cálculos de mecánica respiratoria.

La constante de tiempo espiratoria se estima de la curva del volumen corriente durante cada espiración. Entonces, usando la fórmula de Otis, el equipo calcula una frecuencia respiratoria, el  $V_t$  a entregar se computa a partir de la ventilación minuto mínima y de la frecuencia respiratoria seleccionada por el equipo. Después de eso, los valores son ajustados ciclo a ciclo. Dependiendo de la frecuencia respiratoria espontánea del paciente, ASV puede funcionar como PCV, si no hay respiración espontánea; como SIMV por presión, cuando la frecuencia respiratoria del paciente es más baja que lo necesario para alcanzar el volumen minuto objetivo; o como PSV, si la frecuencia del pacientes es mayor. El nivel de presión se

adapta entonces para lograr el  $V_t$  (dentro de los límites impuestos por alarmas de presión). El criterio de ciclado a espiración está basado en una señal de flujo en el caso de ventilación asistida o el tiempo para las inspiraciones mandatorias. (Esteban, 2013)(<http://cuidadosintensivos2c.blogspot.com/>)

En un estudio publicado en el 2014 que comparó el modo de ventilación con soporte adaptativa (ASV) con sincronizado ventilación mandatoria intermitente con soporte de presión (P-SIMV), como modo de destete de pacientes post operatorios, demostró que la duración media de la intubación fue significativamente más corta en el grupo ASV que en el grupo P-SIMV ( $90 \pm 13$  vs  $153 \pm 22$  minutos,  $P = 0,05$ ). Las modificaciones totales a los ajustes del ventilador fueron significativamente mayores en el grupo de P-SIMV ( $1,5 \pm 1$  vs  $6 \pm 2$ ;  $P = 0,003$ ) sugiriendo que aunque ambos procedimientos son seguros y fáciles de aplicar, ASV es superior en términos de tiempo de desconexión, y simplifica el manejo de las vías respiratorias (Celli et al., 2014).

#### VENTAJAS:

- 1) Aumento de la comodidad y la seguridad de los pacientes.
- 2) Simplificación del trabajo a los profesionales sanitarios.
- 3) Aumento de la eficacia de la UCI.

Es un modo que goza de una excelente reputación en las unidades de cuidados intensivos desde 1998 y se ha convertido en un modo estándar en un gran número de hospitales de todo el mundo. En una publicación de Respiratory Care en 2013 en la que compara los diferentes modos ventilatorios inteligentes se mencionó a ASV y al dispositivo de última generación INTELLiVENT-ASV\* como los modos ventilatorios de más alta calidad existentes, debido a sus capacidades tecnológicas relacionadas con la seguridad, la comodidad y la liberación de la ventilación mecánica. (Mireles-cabodevila, Hatipog, Chatburn, & Faarc, 2013)

Mide la mecánica y la actividad pulmonar del paciente respiración a respiración y ajusta la ventilación automáticamente para ofrecer siempre el nivel de asistencia necesario al paciente en cada momento. Con el patrón respiratorio óptimo, ASV garantiza que el paciente reciba el volumen minuto establecido, independientemente de su actividad. Emplea automáticamente estrategias de protección pulmonar para reducir la aparición de complicaciones debidas a AutoPEEP y volutrauma/barotrauma. También evita episodios de apnea, taquipnea y la ventilación del espacio muerto, así como la prolongación excesiva de la intubación (Arnal et al., 2012).

En un modelo de pulmón con compliance variable, el ASV es más capaz de prevenir los efectos perjudiciales potenciales del exceso de PP (mayor de 28 cm H<sub>2</sub>O) que un volumen corriente fijo de 6 ml / kg mediante el ajuste automático de la presión de la vía aérea. Sin embargo, los ensayos clínicos son necesarios para determinar si este efecto potencialmente beneficioso afectará el resultado del paciente.(Sulemanji, 2009).

#### MODO ASV INTELLIVENT

Hamilton Medical ha desarrollado el modo ventilatorio inteligente INTELLiVENT®-ASV a fin de facilitar el uso de la ventilación mecánica al médico de cuidados críticos, elimina la necesidad de usar modos independientes para los pacientes con respiración activa y pasiva, reduce el número de controles que se deben ajustar. INTELLiVENT-ASV ajusta la frecuencia respiratoria, el volumen tidal, el tiempo inspiratorio y los valores de PEEP y oxígeno de forma automática y constante, en función de los datos fisiológicos recibidos del paciente (PetCO<sub>2</sub>, SpO<sub>2</sub>, actividad pulmonar y respiración espontánea).

Es un modo ventilatorio inteligente diseñado para pacientes activos y pasivos, para pacientes adultos y pediátricos. Proporciona un control automático de los ajustes del respirador en función de los objetivos de ventilación y oxigenación establecidos por el médico

y según los datos fisiológicos recibidos del paciente. Aplica de forma automática las estrategias de protección pulmonar.

#### MECANISMO

En el caso de INTELLiVENT-ASV, la información más importante que debe aportar el personal clínico es la relacionada con la altura y el sexo del paciente, que sirve para calcular el peso corporal ideal que, a su vez, se utiliza para ajustar varios valores de parámetros. A continuación, INTELLiVENT-ASV selecciona automáticamente los ajustes del respirador, gestiona la transición entre los estados pasivo y activo.

El médico selecciona el estado clínico del paciente en el caso de que sus pulmones estén en estado normal, o bien padezca SDRA, hipercapnia crónica o una lesión cerebral, con el fin de determinar los intervalos objetivo adecuados de forma predeterminada para PetCO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>. Estos intervalos objetivo siempre se pueden seguir ajustando manualmente en función del criterio médico.

En el caso de los pacientes pasivos, el volumen minuto objetivo se ajusta en función de la presión parcial espirada de CO<sub>2</sub> al final del volumen tidal, medida mediante un sensor de flujo instalado en la pieza en Y. En el caso de los pacientes activos, el volumen minuto objetivo se ajusta en función de la frecuencia respiratoria. Para alcanzar el volumen minuto objetivo (%VolMin), INTELLiVENT-ASV aplica las normas y los algoritmos de ASV.

La PEEP y el oxígeno se ajustan en función del SpO<sub>2</sub>, medido mediante pulsioximetría. La combinación de la PEEP y el oxígeno se selecciona según una tabla extraída de las publicaciones de ADRSnet (Determann et al., 2010).

#### VENTAJAS

Los pulmones lesionados pueden protegerse mediante ajustes óptimos del ventilador mecánico, utilizando valores de volumen de corriente baja (VT) y una presión espiratoria positiva (PEEP) más alta; Los beneficios de esta estrategia protectora sobre los resultados se

han confirmado en varios ensayos controlados aleatorios prospectivos . En un estudio que comparó ventilación mecánica con TV de 6 ml / kg y 12 ml / kg pero con el mismo nivel de PEEP (5 cm H<sub>2</sub>O) en una UCI quirúrgica, el grupo de VT bajo presentó una incidencia menor pero no significativa de enfermedad pulmonar (Sutherasan, Vargas, & Pelosi, 2014).

Pinheiro de Oliveira et al. Demostró en pacientes traumatizados y en UCI que la ventilación protectora (VT 5-7 ml / kg de peso ideal y PEEP 5 cm H<sub>2</sub>O) atenuó la IL-8 pulmonar y el TNF- $\alpha$  en comparación con ventilación con VT alto (10-12 ml / kg PBW y PEEP 5 Cm H<sub>2</sub>O) después de 12 horas de ventilación mecánica. (Pinheiro De Oliveira et al., 2010)

Determann et al. También informó de que la ventilación convencional con VT 10 ml / kg se asoció con una tasa de aclaramiento significativamente menor de IL-6 en comparación con la ventilación protectora con un VT 6 ml / kg PBW Es el ensayo se detuvo temprano porque más pacientes en el grupo de ventilación convencional desarrollado lesión pulmonar aguda (ALI, 10 pacientes [13,5%] frente a 2 pacientes [2,6%], p = 0,01) .No sólo un VT alto, sino también el tiempo de exposición puede conducir a la liberación de mediadores pro-inflamatorios y un aumento en la relación húmedo-seco en el pulmón. (Determann et al., 2010)

INTELLiVENT-ASV emplea automáticamente estrategias de protección pulmonar para reducir la aparición de complicaciones debidas a AutoPEEP y volutrauma/barotrauma.

#### PODER MECANICO

El poder mecánico se definió como la función de la presión transpulmonar, el volumen tidal (TV) y la frecuencia respiratoria. Para lograr esta definición, el estudio predecesor fue realizado en lechones, quienes fueron ventilados con un poder mecánico conocido por ser letal (TV, 38 ml / kg, presión de meseta, 27 cm H<sub>2</sub>O y frecuencia respiratoria, 15 respiraciones / min). Otros grupos (tres lechones cada uno) fueron ventilados con la misma

TV por kilogramo y la presión transpulmonar, pero a las frecuencias respiratorias de 12, 9, 6 y 3 respiraciones / min. (Protti et al., 2015)

Todas las variables que componen la fórmula del poder mecánico han sido estudiadas por separado, en relación a su factor protector o deletéreo sobre el parénquima pulmonar, sin embargo se ha logrado unificar en un solo componente llamado “poder mecánico” llegando a asociar un valor umbral como factor protector. (Gattinoni et al., 2016)

De esta afirmación y derivada de la ecuación de movimiento se deriva la fórmula completa que sigue (Gattinoni et al., 2016):

$$\text{Power}_{rs} = \text{RR} \cdot \left\{ \Delta V^2 \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot \text{EL}_{rs} + \text{RR} \cdot \frac{(1 + I : E)}{60 \cdot I : E} \cdot R_{aw} \right] + \Delta V \cdot \text{PEEP} \right\},$$

donde:  $\Delta V$  es el volumen corriente,  $r_s$  es la elastancia del sistema respiratorio,  $I : E$  es la relación tiempo inspiratorio-espíraorio, y  $R_{aw}$  es la resistencia de las vías respiratorias, expresando su valor en J/min.

Actualmente existen herramientas electrónicas que integran esta ecuación al software de los ventiladores mecánicos, reflejando dicho cálculo como un parámetro más de monitorización, nosotros nos serviremos de una aplicación como calculadora electrónica llamada Energy Calculator Vers 1.2.6 By. Herrmann (Gattinoni et al., 2016), en la que tendremos que simplemente ingresar los valores solicitados de la monitorización del ventilador y el programa otorga automáticamente el valor del poder mecánico, con el cual trabajaremos.

## RELACION DEL PODER MECÁNICO CON LESION PULMONAR

Se ha descrito la lesión pulmonar inducida por el ventilador (VILI) en diversos contextos clínicos y experimentales, y varios factores han sido considerados como posibles

desencadenantes de VILI. El volumen corriente (TV) y la presión meseta han sido mas estudiados como subrogados del strain y el stress, respectivamente(Chiumello et al., 2008). Otros factores, como la temperatura, la frecuencia respiratoria, han sido descritos como cofactores para VILI. Todos estos factores juntos generan la energía aplicada al sistema respiratorio, que, expresada por minuto, es el poder mecánico. El poder mecánico actúa directamente sobre el esqueleto pulmonar, es decir, la matriz extracelular, deformando las células epiteliales y endoteliales ancladas a ella(Massimo Cressoni, M.D., Miriam Gotti, M.D., Chiara Chiurazzi, M.D., Dario Massari et al., 2016).

Se ha estudiado la hipótesis de que las causas de lesión pulmonar relacionadas con el ventilador pueden ser unificadas en una sola variable: el poder mecánico. Se evaluó si la potencia mecánica medida por los bucles presión-volumen se puede calcular a partir de sus componentes: volumen tidal (TV) / presión de conducción ( $\Delta P_{aw}$ ), flujo, presión positiva al final de la espiración (PEEP) y la frecuencia respiratoria (RR) . Si es así, se pueden estimar las contribuciones relativas de cada variable(Gattinoni et al., 2016).

Los datos se han analizado en términos de potencia suministrada al sistema respiratorio, es decir, la cantidad de energía suministrada al sistema respiratorio por el ventilador en la unidad de tiempo (J / min), y el valor umbral que se ha asociado después de realizar estudios experimentales animales es de 12 J/min (Protti et al., 2015). Valores inferiores a dicho corte se asocian a ventilación protectora, y por ende a menor mortalidad.

## CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA

## c. Operacionalización de las variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN	TIPO	INDICADOR	ESCALA	CATEGORÍAS Y UNIDADES DE MEDIDA
<b>GENERO</b>	Conjunto de características biológicas, físicas, fisiológicas y anatómicas que definen a los seres humanos como hombre y mujer.	Cualitativa	Distribución porcentual	Nominal	1. Masculino 2. Femenino
<b>EDAD</b>	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	Cuantitativa	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Edad en años cumplidos
<b>MODO VENTILATORIO</b>	Un modo ventilatorio es un patrón predeterminado de interacción entre el paciente y el ventilador. Un modo bien definido debe aportarnos información sobre una combinación específica de variables de control, de fase y condicionales definidas tanto para respiraciones mandatorias, espontáneas o para una combinación de ambas.	Cualitativa	Distribución porcentual	Nominal	1. ASV INTELLIVENT 2. PRESION CONTROL 3. VOLUMEN CONTROL 4. PRESION SOPORTE
<b>PODER MECANICO</b>	La cantidad de energía suministrada al sistema respiratorio por el ventilador, integrando todas las variables y sus componentes.	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor calculado del poder mecánico en aplicación, registrada en J/min.
<b>VOLUMEN TIDAL</b>	El volumen tidal o corriente, es la cantidad de aire que es desplazado a lo largo de la inhalación y exhalación normal.	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor registrado en el ventilador mecánico en ml.

<b>VOLUMEN TIDAL PARA PESO IDEAL</b>	<p>El volumen tidal o corriente, es la cantidad de aire que es desplazado a lo largo de la inhalación y exhalación normal.</p> <p>Se registrará el volumen tidal relacionado al peso corporal ideal del paciente.</p>	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor registrado en el ventilador mecánico, en ml/kg de peso ideal del paciente.
<b>PRESIÓN PICO</b>	La presión pico inspiratoria (PIP) es la presión máxima registrada al final de la inspiración	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor registrado de presión pico en el ventilador, en cmH2O.
<b>PRESIÓN MESETA</b>	Es la presión registrada en la vía aérea una vez finalizada la inspiración a flujo cero. Debido a la ausencia de flujo refleja la presión alveolar (PA) al final de la inspiración.	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor registrado tras pausa inspiratoria de 3 segundos en el ventilador, medido en cmH2O.
<b>PEEP</b>	Es la presión más baja medida en la fase final de la espiración.	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor registrado de PEEP en el ventilador, en cmH2O.
<b>FRECUENCIA RESPIRATORIA</b>	Numero de respiraciones por minuto	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor registrado en el ventilador, FR/min.
<b>PaO2/FiO2</b>	Relación calculada entre la presión de oxígeno en sangre arterial y la fracción inspirada de oxígeno, registrada en la gasometría de ingreso a la UCI.	Cuantitativo	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numérica	Valor calculado al dividir PaO2 arterial para FiO2.
<b>ENFERMEDAD PULMONAR PREEXISTENTE</b>	Se define como la presencia de diagnóstico de cualquier patología pulmonar previa al ingreso a la unidad, sea tratada o no. (EPOC, fibrosis, asma)	Cualitativa	Distribución porcentual	Nominal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SI</li> <li>2. NO</li> </ol>
<b>SCORE SOFA (Sequential Organ Failure Assessment)</b>	Es una herramienta que documenta la severidad clínica en la UCI, se diseñó para centrarse en la disfunción y la	Cuantitativa Discreta	Medidas de tendencia central y de dispersión	Numerica	Valor calculado por aplicación medica,

	morbilidad de los órganos, con menos énfasis en la predicción de la mortalidad.				
<b>DIAS DE ESTANCIA EN UCI</b>	Definidos como los días en los que el paciente se encuentra ingresado en la unidad, hasta su alta a hospitalización.	Cuantitativa	Medidas de tendencia central y dispersión	Numerica	Días contados número de hojas de bitácora, desde el ingreso hasta el alta de la UCI.
<b>DIAS LIBRES DE VENTILACION</b>	Definidos como un punto por cada día en el que el paciente permaneciera vivo y libre de ventilación mecánica invasiva, desde su ingreso hasta el egreso de la unidad.	Cuantitativa	Medidas de tendencia central y dispersión	Numerica	Un punto por cada día sin ventilación mecánica invasiva.
<b>CONDICIÓN DE EGRESO DE LA UCI</b>	Designa el número proporcional de muertes en una población durante su hospitalización en UCI	Cualitativa	Distribución porcentual	Nominal	1. VIVO 2. MUERTO

d. Muestra:

Pacientes adultos mayores de 18 años de edad, que ingresan al área de cuidados intensivos del Hospital Enrique Garcés y Hospital de las Fuerzas Armadas de Quito con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda, en el lapso de 4 meses. Debido a que son unidades polivalentes de pocas camas y alta rotación, y que el diseño del estudio es prospectivo se considera incluir a todos los pacientes que cumplan los criterios de inclusión desde el mes de Abril hasta Julio del 2019.

e. Tipo de estudio

Se trata de un estudio epidemiológico, prospectivo y de cohorte realizado en dos unidades de terapia intensiva polivalentes, en el periodo comprendido entre abril y julio del 2019.

f. Criterios de inclusión:

- Pacientes adultos, mayores de 18 años que ingresen con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda de cualquier tipo, que son sometidos a ventilación mecánica invasiva.
- Pacientes con supervivencia mayor a las 6 horas de ingreso.

Grupo expuesto: pacientes sometidos a ventilación mecánica invasiva con modo ASV INTELLIVENT.

Grupo no expuesto: pacientes sometidos a ventilación mecánica invasiva con modos convencionales (asistido controlado por presión, por volumen y espontáneo con presión soporte).

g. Criterios de exclusión

- Pacientes menores de 18 años.
- Mujeres embarazadas.
- Pacientes que fallecen antes de las 6 horas de ingreso a UCI.
- Pacientes que sean transferidos a otras unidades antes de las 24 horas del ingreso.
- Pacientes que a su ingreso sean catalogados como síndrome de distres respiratorio agudo según criterios de Berlín.

h. Procedimiento de recolección de información

Los pacientes que cumplan los criterios de inclusión del estudio serán registrados, por parte de los médicos investigadores, en una base de datos electrónica debidamente diseñada en el programa MS-Excel ® (Anexo 1). Los datos se recopilarán con ayuda del instrumento de recolección, en el que se incluirán datos demográficos, clínicos, ventilatorios y

gasométricos en base a la información consignada en la historia clínica, en las hojas de bitácoras y directamente los proporcionados en las interfaces de monitorización de los ventiladores mecánicos; sin ningún tipo de intervención.

Se cumplirá con el siguiente proceso:

- Reclutamiento del paciente con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda que amerite ventilación mecánica invasiva y que cumpla con los criterios de inclusión.
- Recabar los antecedentes del paciente y datos demográficos del expediente clínico para su registro de acuerdo a la codificación establecida en tabla de recolección de datos, en el computador dispuesto para el proyecto.
- Obtener y registrar los datos clínicos y de la gasometría arterial hecha al ingreso del paciente, de las hojas bitácoras.
- Determinación y registro de la severidad del cuadro clínico del paciente mediante el cálculo del score SOFA, mediante calculadora médica QxMD Software.
- Recolección de la información de la mecánica pulmonar inmediatamente después de la conexión del paciente a la ventilación invasiva y posteriormente a intervalos de 6 horas durante las primeras 24 horas de estancia en la unidad, los datos serán obtenidos directamente de la interfaz de monitorización del ventilador mecánico.
- Cálculo del poder mecánico por medio de la aplicación informática Energycalc de LabVIEW2015 versión 15.0f3 (32 bit), inmediatamente después de la conexión del paciente a la ventilación invasiva y posteriormente a intervalos de 6 horas durante las primeras 24 horas de estancia en la unidad, los datos empleados en la fórmula serán obtenidos directamente de la pantalla de monitorización del ventilador mecánico.

- Seguimiento de los pacientes durante la permanencia en la unidad de cuidados intensivos, hasta determinar los días de estancia total, su condición al alta y los días libres de ventilación mecánica.

i. Plan de análisis de datos:

A las características generales de la población se aplicará un análisis univariado, describiendo las variables cuantitativas con distribución normal en media y desviación estándar, mientras que las variables cuantitativas con distribución no normal en mediana y rango intercuartílico; las variables categóricas se describirán en porcentajes.

Se comparará la diferencia de medias o medianas para dos muestras independientes utilizando la prueba de T de Student o U de Man Whitney, dependiendo de la distribución de la muestra.

Se analizarán las relaciones entre dos variables categóricas mediante tablas de contingencia con prueba de Chi cuadrado o exacta de Fisher según el número de registros. La medida de asociación que se utilizará será el riesgo relativo, acompañado del intervalo de confianza para la inferencia. Para todas las comparaciones a realizarse se considerarán significativos valores inferiores al 5% ( $p < 0.05$ ).

Además, se elaborarán curvas ROC para determinar puntos de corte y asociación de las variables que así ameriten según los objetivos del estudio.

El análisis estadístico será llevado a cabo usando el programa estadístico SPSS (IBM Corporation).

## ASPECTOS BIOÉTICOS

Al ser un estudio epidemiológico, prospectivo y de cohorte, la recolección de los datos se realizará a partir de las historias clínicas de cada paciente, las bitácoras de atención diaria del paciente en UCI y las pantallas de monitorización de los ventiladores, motivo por el cual no habrá ningún tipo de intervención por parte de los investigadores y no se llevará a cabo ninguna medida fuera del estándar de cuidado de cada unidad.

No existe ningún tipo de conflicto de interés o estímulo económico para los investigadores o participantes del estudio, así mismo no se generarán gastos que deban ser asumidos por los pacientes o sus familias.

Durante todo el proceso se guardará privacidad y confidencialidad de los datos de los participantes, utilizando un sistema de codificación para la identificación de los casos. Al tratarse de un estudio sin ningún tipo de intervención ni requerimiento de información adicional por parte de pacientes o familiares, no se considera necesario la implementación de un consentimiento informado para el estudio.

## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

## j. Recursos necesarios

## RECURSOS FÍSICOS

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>VALOR UNITARIO</u> <u>DOLARES</u>	<u>VALOR TOTAL</u> <u>DOLARES</u>
Internet e impresiones	100 horas y 250 impresiones	0,70 + 0,10	95,00
Computadores	2	---	---
Papel bond	3 resmas	4,50	13,50
Anillado	8	2,00	16
Historia clínica, bitácoras y registros clínicos.	---	0,00	0,00
Ventiladores Hamilton S1	3	---	---
ASV INTELLIVENT			
<b>TOTAL</b>			<b>199,50</b>

PRESUPUESTO: Se presupuesta 200 dólares para la realización del proyecto

FINANCIAMIENTO: La fuente de financiamiento será por parte de los investigadores.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

Se realizó un estudio epidemiológico, prospectivo y de cohorte en las unidades de terapia intensiva del Hospital General Enrique Garcés y del Hospital de Especialidades de las Fuerzas Armadas de la ciudad de Quito, alcanzado una población total de 60 pacientes entre los meses de abril y julio del año 2019, cumpliendo con el período de tiempo planificado.

### ANÁLISIS UNIVARIADO

Primeramente, se aplicó el test de normalidad de Shapiro - Wilk, lo que determinó que las variables de tipo cuantitativas se reportaran como medias y desviación estándar o como medianas con rangos intercuartílicos, dependiendo si mostraban distribución normal o ausencia de la misma, respectivamente, mientras que las variables cualitativas se reportaron como porcentajes.

Se incluyeron 60 pacientes para el estudio; de ellos 27 fueron ventilados en modo ASV Intellivent y 33 en modos convencionales con características generales comparables entre ambos grupos. Tabla 1.

Tabla 1.

*Características Generales de la Población en Estudio.*

<u>Variables</u>	<u>Población general</u> (n=60)	<u>Grupo ASV</u> (n=27)	<u>Grupo Convencional</u> (n=33)
Edad*	64 (47 – 78)	63 (32 – 78)	67 (47.5 – 78)
Género masculino (%)	33 (55%)	16 (59.3%)	17 (51.5%)
SOFA ingreso**	9.58 ± 3.27	9.22 ± 3.04	9.88 ± 3.47
Poder mecánico, J/min*	11.87 (9.15 – 15.93)	10.68 (9.11 – 16.5)	13.03 (9.04 – 15.83)
VT, ml*	409.78 ± 99.142	384.41 ± 97.8	430.53 ± 96.76
VT/Peso ideal, ml**	7.86 ± 2.08	6.85 ± 1.41	8.68 ± 2.20
P. Pico, cmH <sub>2</sub> O**	19.75 ± 4.98	20.96 ± 4.82	18.76 ± 4.95
P. Meseta, cmH <sub>2</sub> O*	14.96 ± 4.12	16.36 ± 3.85	13.81 ± 4.02
P. de Distensión, cmH <sub>2</sub> O**	9.39 ± 3.74	10.79 ± 3.47	8.24 ± 3.60
PEEP, cmH <sub>2</sub> O*	5 (5 – 5.77)	5 (5 – 5.6)	5 (5 – 5.8)
FR*	20.8 (18.40 – 22.48)	20.8 (19 – 23.6)	20 (18.10 – 22.3)
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ingreso*	166.50 (103.75 – 230.75)	170 (125 – 233)	163 (99- 223.50)
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> 24 horas**	224.37 ± 70.86	230.44 ± 65.30	219.39 ± 75.74
Estancia en UCI*	6 (3 – 11)	9 (5- 12)	5 (2.5 – 8.5)
DLVM*	3 (1 – 4.75)	3 (2 – 6)	2 (0.5 – 3.5)
Enfermedad pulmonar (%)	12 (20%)	7 (25.9%)	5 (15.2%)
Mortalidad (%)	13 (21.7%)	3 (11.1%)	10 (30.3%)

\* Mediana y rango intercuartílico

\*\* Media y desviación estándar

Fuente: Datos obtenidos por los autores

**ANÁLISIS BIVARIADO**

En el análisis bivariado, ninguna característica fue diferente, se aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene la que demostró un valor p mayor a 0.05 en todas las variables, por lo que se acepta la homogeneidad entre grupos.

Ante la ausencia de distribución normal en los grupos de estudio, se emplearon pruebas no paramétricas para establecer las relaciones y comparaciones respectivas.

Se realizó la comparación entre los pacientes que tuvieron un valor de corte de poder mecánico mayor a 12 y su asociación con mortalidad en cada uno de los grupos de estudio, según lo propuesto en el objetivo principal del trabajo de investigación. Tabla 2.

Tabla 2.

*Asociación del Corte del Poder Mecánico con Mortalidad en los Grupos de Estudio.*

	<u>Grupo ASV</u> (n=27)			<u>Grupo Convencional</u> (n=33)		
	RR	IC 95%	Valor P.	RR	IC 95%	Valor P.
PM > 12	0.73	(0.07 - 7.07)	1.00	3.33	(0.83 - 13.38)	0.072

Fuente: Datos obtenidos por los autores

En la tabla 2 se demuestra el aumento del riesgo de mortalidad cuando tenemos un corte de poder mecánico >12 en el grupo de ventilación convencional con un RR de 3.33 aunque con un intervalo de confianza que contiene la unidad y sin significancia estadística aplicando el estadístico exacto de Fisher.

Para establecer la influencia del modo ventilatorio en la mortalidad se confrontaron las variables en una tabla de contingencia, donde se registraron 3 fallecidos de 27 pacientes incluidos en el grupo ASV y 10 de 33 del grupo convencional, representando el 23.1% y 76.9% de la mortalidad total del estudio respectivamente, lo que a simple inspección parecería ser un dato de relevancia clínica, pero al aplicar el estadístico de prueba y establecer dependencia o no entre las variables, se determinó más bien la tendencia a un factor protector en el grupo de ASV, con un RR de 0.37 pero con un valor p de 0.073, el mismo que no resulta estadísticamente significativo.. Tabla 3.

Tabla 3.

*Asociación del Modo Ventilatorio y Mortalidad en la Población de Estudio.*

	<u>Población general</u> (n=60)		
	RR	IC 95%	Valor P.
MODO ASV	0.37	(0.11 - 1.20)	0.073

Fuente: Datos obtenidos por los autores

Con el fin de cumplir con el objetivo de conocer si existían diferencias significativas en el valor del poder mecánico, los días libres de ventilación, y los componentes respiratorios asociados a ventilación protectiva (VT/Kg de peso ideal, presión meseta y presión de conducción), dependiendo si los pacientes eran ventilados en modo ASV o no, se llevó a cabo una U de Mann Whitney para cada comparación, tomando como variable independiente el grupo de ventilación y variables dependientes el valor promedio del poder mecánico registrado en las 24 horas de manejo, los días libres de ventilación, el promedio de volumen tidal para el peso ideal, el promedio de la presión meseta y el promedio de la presión de conducción. Tabla 4.

*Tabla 4.*

Diferencias Entre Recibir Ventilación ASV o no en el Valor del PM, los DLVM, el VT/Kg Peso Ideal, la P. Meseta y la P. de Conducción .

<u>Variable</u>	<u>Grupo ASV</u> (n=27)	<u>Grupo</u> <u>Convencional</u> (n=33)	Z	U	P
	Rango Promedio	Rango Promedio			
PM	29.96	30.94	-0.21	431.0	0.827
DLVM	35.91	26.08	-2.19	299.5	0.028
VT/Kg	22.04	37.42	-3.39	217.0	0.001
P. Meseta	36.96	25.21	-2.59	271.0	0.009
P. Conducción	37.19	25.03	-2.68	265.0	0.007

Fuente: Datos obtenidos por los autores

La tabla 4 denota claramente que el grupo de pacientes sometidos a soporte ventilatorio en modo ASV Intellivent son quienes registran más días libres de ventilación mecánica, al comparar las medianas de los dos grupos con un valor P de 0.028, el mismo que resulta ser estadísticamente significativo. Además se demuestra la influencia del modo ventilatorio en los parámetros relacionados a ventilación mecánica protectiva, en relación a la variable de VT/Kg de peso ideal la mediana del grupo ASV fue de 6.78 ml mientras que en el grupo convencional fue de 8.23 ml, demostrando diferencia estadísticamente significativa con un

valor de p de 0.001, al contrario, al comparar las medianas de la presión meseta y presión de conducción se registran valores menores en el grupo convencional que en el ASV, con 13.0 cm H<sub>2</sub>O / 16.20 cmH<sub>2</sub>O y 8.0 cmH<sub>2</sub>O / 10.67, respectivamente, ambas también con un valor de p estadísticamente significativa.

Con la intención de demostrar la influencia de la condición de gravedad de los pacientes al ingreso a UCI determinada por la escala de fallo orgánico secuencial SOFA (Tabla 5) y de la existencia de patología pulmonar previa (Tabla 6) con el resultado final del valor del poder mecánico se aplicó nuevamente una prueba no paramétrica, la U de Mann Whitney.

*Tabla 5.*

*Influencia Del Score De Severidad SOFA Con El Valor Del Poder Mecánico.*

<u>Variable</u>	<u>SOFA &gt; 7</u>	<u>SOFA &lt; 7</u>	Z	U	P
	(n=47)	(n=13)			
PM	Rango Promedio 29.64	Rango Promedio 33.62	-0.727	265.0	0.467

Fuente: Datos obtenidos por los autores

*Tabla 6.*

*Influencia De La Existencia O No De Patología Pulmonar Previa Con El Valor Del Poder Mecánico.*

<u>Variable</u>	<u>Con patología pulmonar previa</u>	<u>Sin patología pulmonar previa</u>	Z	U	P
	(n=12)	(n=48)			
PM	Rango Promedio 30.38	Rango Promedio 30.53	-0.028	286.50	0.978

Fuente: Datos obtenidos por los autores

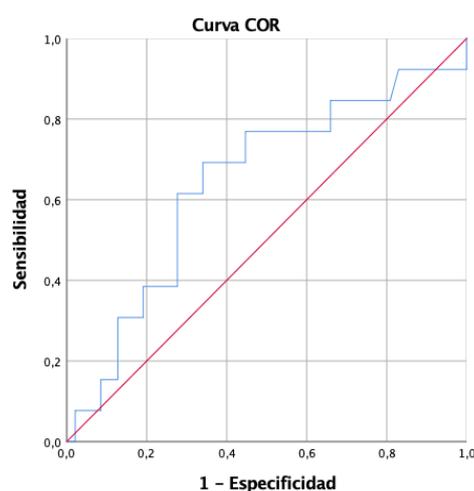
## ANALISIS MULTIVARIADO

Ahora, para establecer el punto de corte del valor del poder mecánico para alcanzar la mejor sensibilidad y especificidad de la prueba para la predicción de la mortalidad, realizamos una curva ROC. Los datos que obtuvimos con dicho análisis fue que con un índice de Youden de 0,352 y un AUC de 0,64 (IC 95%: 0.47;0.82 Valor P: 0.119), se alcanzó una sensibilidad de 0,69 y una especificidad de 0,66 cuando se usa un resultado de poder mecánico de 13.47 J/min como valor de corte para la predicción de mortalidad en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda sometidos a ventilación mecánica invasiva. Ilustración 1.

Dado que la fórmula del poder mecánico está compuesta por varios parámetros ventilatorios queremos determinar el punto de corte de cada uno de ellos, que con mejor sensibilidad y especificidad prediga mortalidad. Para ello configuramos una nueva curva ROC con todos los componentes de la fórmula, así veremos que variable ofrece una mejor AUC. Ilustración 2.

*Ilustración 1.*

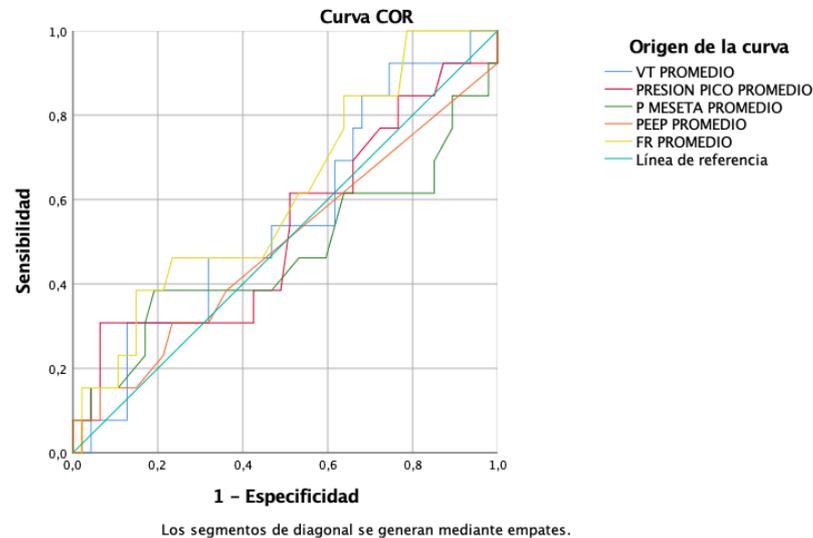
*Curva ROC Punto De Corte De Poder Mecánico Como Predictor De Mortalidad.*



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

PM: 13.47 (Sensibilidad 0.69; Especificidad 0.66)

Fuente: Datos obtenidos por los autores

*Ilustración 2.**Curva ROC Componentes De Fórmula Del Poder Mecánico.*

Fuente: Datos obtenidos por los autores

Otro objetivo secundario de nuestro trabajo, fue tratar de demostrar el peso de cada variable componente de la fórmula del poder mecánico, asociando cada una de ellas directamente con la mortalidad, se evaluó la capacidad discriminativa de cada una de estas variables de forma independiente expresada en la curva ROC (Ilustración 2); para el VT se obtuvo un área bajo la curva de 0.55 (IC 95%: 0.38;0.73 Valor P: 0.548), para la presión pico un área bajo la curva de 0.53 (IC 95%: 0.34:0.72 Valor P: 0.740), la presión meseta con un área de 0.47 (IC 95%: 0.26:0.68 Valor P: 0.760), para la PEEP un área de 0.49 (IC 95%: 0.30:0.69 Valor P: 0.950), mientras que para la frecuencia respiratoria se obtuvo un área bajo la curva de 0.61 (IC 95%: 0.44:0.78 Valor P: 0.216). Al aplicar el índice de Youden en el VT, P. Pico, P. Meseta, PEEP y FR, se definieron los siguientes puntos de corte 513.50 ml (sensibilidad 30% especificidad 87%), 26.45 cmH<sub>2</sub>O (sensibilidad 30% especificidad 94%), 18.30 cmH<sub>2</sub>O (sensibilidad 38% especificidad 81%), 7.27cmH<sub>2</sub>O (sensibilidad 15%

especificidad 94%) y 23.3 rpm (sensibilidad 38% especificidad 85%) respectivamente. Tabla

7.

*Tabla 7.*

*Componentes De La Fórmula Del Poder Mecánico Como Predictores De Mortalidad.*

<u>Variab</u> les	<u>Youden</u>	<u>AUC</u>	<u>Sensibilidad</u>	<u>Especificidad</u>	<u>P.Corte</u>
VT	0.18	0.55	0.30	0.87	513.50
P. Pico	0.24	0.53	0.30	0.94	26.45
P. Meseta	0.19	0.47	0.38	0.81	18.30
PEEP	0.09	0.49	0.15	0.94	7.27
FR	0.24	0.61	0.38	0.85	23.3

Fuente: Datos obtenidos por los autores

Y, finalmente utilizamos el valor de corte del poder mecánico determinado en nuestro estudio para buscar la asociación con mortalidad, obtuvimos una frecuencia de 9 fallecidos con un poder mecánico mayor a 13.47 y 4 con un valor menor a 13.47, aplicando el estadístico correspondiente encontramos que el punto de corte del poder mecánico del estudio se asocia directamente con el riesgo de mortalidad en la población general independientemente del modo ventilatorio empleado, con un RR de 3.15 y un valor de p estadísticamente significativo de 0.023. Tabla 8.

*Tabla 8.*

*Asociación Del Punto De Corte De PM Del Estudio Con Mortalidad.*

	<u>Población general</u> <u>(n=60)</u> Mortalidad UCI		
	RR	IC 95%	Valor P.
PM ESTUDIO	3.15	(1.09 – 9.09)	0.023

Fuente: Datos obtenidos por los autores

## DISCUSIÓN.

En nuestro estudio se observó que el corte del poder mecánico establecido en la literatura con mayor efecto sobre la injuria pulmonar, es decir mayor a 12 J/min, no está asociado directamente con la mortalidad en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda sometidos a ventilación mecánica invasiva en ninguno de los grupos del estudio ya sea bajo modalidad ASV Intellivent u otro modo convencional. Tampoco vemos que influya el modo ventilatorio en la mortalidad global del estudio, pese a tener un riesgo incrementado en el grupo de ventilación convencional, no resultó ser estadísticamente significativo, aunque clínicamente podría representar un factor de riesgo, que no debería pasar desapercibido.

La variable que si se asoció de forma independiente con el modo ventilatorio al que fueron sometidos los pacientes, fue la de los días libres de ventilación mecánica con un p valor de 0.028 a favor del grupo de ASV Intellivent, esto podría en parte ser explicado por la mayor rapidez con la que dicho modo promueve la ventilación espontánea y por ende el destete ventilatorio.

Otra condición muy importante en la que si se encontraron diferencias sustanciales, fue en las variables relacionadas a ventilación mecánica protectora, llama la atención que el modo ASV Intellivent ofrece solamente menor valor de VT/Kg de peso ideal y al contrario de lo planteado en las hipótesis del estudio, los modos convencionales son los que reflejan un menor valor de presión tanto meseta como de distensión pulmonar, que finalmente serían los responsables de la lesión pulmonar inducida por el ventilador (Nieman et al., 2017). Estos hallazgos nos dejaría la idea de que tal vez no estamos seteando adecuadamente los límites de presión en el modo ASV Intellivent y que debido a dicha inobservancia se están sacrificando demasiado los valores de presión para mantener una adecuada ventilación y cumplir los objetivos programados en el ventilador, sería una variable a controlar en futuros estudios.

Por otro lado, no se demostró influencia alguna de la condición de gravedad de los pacientes ingresados en el estudio ni de la existencia de patología pulmonar previa como determinantes para incrementar el valor del poder mecánico. Este dato es importante para futuras investigaciones, ya que en teoría al existir una enfermedad crónica del parénquima pulmonar su compliance estaría afectada y por ende determinaría un incremento en los componentes implicados en la fórmula del poder mecánico, tal vez dicho hallazgo no fue posible demostrarlo por el número de pacientes.

Con los resultados obtenidos de nuestro trabajo podemos determinar que la variable que más influye en el valor del poder mecánico es la frecuencia respiratoria, además de que se asocia de mejor manera con la variable desenlace (mortalidad); estos resultados son compatibles de forma parcial con lo reportado por Gattinoni y su grupo, que a partir de la ecuación del movimiento sintetizaron la ecuación del PM, con la finalidad de unir en un solo dato todas las variables que pueden determinar el desarrollo de lesión pulmonar asociada con la ventilación mecánica, encontrando que el  $V_t$ , presión de distensión, flujo y la frecuencia respiratoria incrementan exponencialmente el valor del PM. (Gattinoni et al., 2016).

Como valor adicional de nuestro trabajo de investigación se obtuvo un punto de corte del valor del poder mecánico como predictor de mortalidad, mediante la confección de una curva ROC con la finalidad de establecer la mejor sensibilidad y especificidad de la prueba. En el análisis de la curva ROC se observa que el PM tiene un área bajo la curva de 0.64 para la predicción de mortalidad, con un punto de corte en 13.47 Joules/ min, que, de manera interesante, está asociado directamente a mortalidad en el universo total del estudio, independientemente del modo ventilatorio con un RR de 3.15 y un valor de p de 0.023. lo cual ha sido evidenciado en estudios experimentales, en un análisis secundario de dos bases de datos de pacientes con SDRA realizado por Guerin y su equipo, donde observaron que en

aquellos con un PM menor de 12 Joules/min medido al primer día del estudio aumentaba la supervivencia a 90 días (Guérin et al., 2016) de esta forma, nuestro estudio es el primero que reporta la capacidad de predicción del PM para mortalidad en pacientes sin SDRA, con un punto de corte similar al reportado en la literatura para otros desenlaces. Cressoni y sus colegas llevaron a cabo un estudio con modelos porcinos sanos: en él observaron deterioro en la dinámica pulmonar de aquellos modelos ventilados con un PM mayor de 12 J/ min y frecuencia respiratoria mayor de 35 respiraciones por minuto; lo cual también determinó el desarrollo de lesión pulmonar asociada con la ventilación mecánica, evidenciado en tomografía computarizada. (Massimo Cressoni, M.D., Miriam Gotti, M.D., Chiara Chiurazzi, M.D., Dario Massari et al., 2016).

Dentro de las fortalezas de nuestro trabajo podemos destacar que es el primer estudio prospectivo que se enfocó en evaluar la asociación entre mortalidad y el PM en dos tipos de modos ventilatorios, en pacientes sin SDRA.

## CONCLUSIONES.

El poder mecánico no se asocia directamente con la mortalidad cuando se diferencia la población en los dos grupos dependiendo del modo ventilatorio al que puede ser sometido un paciente con insuficiencia respiratoria aguda sin SDRA.

El modo ventilatorio ASV Intellivent influye directamente en los días libres de ventilación mecánica invasiva.

Un valor de corte de 13.47 J/min de poder mecánico aumenta en 3.15 veces el riesgo de mortalidad en la población total del estudio.

## RECOMENDACIONES.

El poder mecánico, que es de fácil medición a la cabecera del paciente, puede orientar acerca de la evolución y los desenlaces en pacientes con ventilación mecánica invasiva. Sin embargo en base a los resultados de nuestro estudio no podemos recomendar ningún modo ventilatorio en especial para ofrecer menor valor de poder mecánico, y por ende menor mortalidad.

Si podemos recomendar el empleo del modo ventilatorio ASV Intellivent en los pacientes con diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda sin criterios de SDRA, con la intención de garantizar más días libres de ventilación mecánica invasiva, ya que optimiza de mejor manera la ventilación espontánea del paciente al igual que el pronto destete del soporte ventilatorio.

Es meritorio que se realicen estudios con mayor número de pacientes, para tal vez obtener resultados más concluyentes.

## LIMITACIONES.

Las limitantes que encontramos en nuestra investigación son atribuibles, principalmente, al tamaño de la población, ya que derivado de ello, no pudimos determinar la relación entre el PM y la mortalidad en las dos cohortes estudiadas.

Otra limitante importante que encontramos al realizar el estudio de investigación fue la negativa por parte de algunos médicos a emplear el modo ASV Intellivent, tal vez por falta de conocimiento o poca familiaridad con el mismo. Lo que además, pudo haber condicionado un seteo erróneo del modo y por ende valores distorcionados en las variables obtenidas

directamente de la interfáz de monitorización del ventilador y a su vez empleadas para las pruebas estadísticas respectivas del estudio.

Por lo tanto, se requieren más estudios prospectivos, multicéntricos, con mayor población para corroborar los hallazgos obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Arnal, J.-M., Garnero, A., Novonti, D., Demory, D., Ducros, L., Berric, A., ... Durand-Gasselin, J. (2013). Feasibility study on full closed-loop control ventilation (IntelliVent-ASV™) in ICU patients with acute respiratory failure: a prospective observational comparative study. *Critical Care*, 17(5), R196. <https://doi.org/10.1186/cc12890>
- Arnal, J.-M., Wysocki, M., Novotni, D., Demory, D., Lopez, R., Donati, S., ... Durand-Gasselin, J. (2012). Safety and efficacy of a fully closed-loop control ventilation (IntelliVent-ASV®) in sedated ICU patients with acute respiratory failure: a prospective randomized crossover study. *Intensive Care Medicine*, 38(5), 781–787. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2548-6>
- Celli, P., Privato, E., Ianni, S., Babetto, C., D'Arena, C., Guglielmo, N., ... Pugliese, F. (2014). Adaptive support ventilation versus synchronized intermittent mandatory ventilation with pressure support in weaning patients after orthotopic liver transplantation. *Transplantation Proceedings*, 46(7), 2272–2278. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2014.06.046>
- Chiumello, D., Carlesso, E., Cadringer, P., Caironi, P., Valenza, F., Polli, F., ... Gattinoni, L. (2008). Lung stress and strain during mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 178(4), 346–355. <https://doi.org/10.1164/rccm.200710-1589OC>
- Determann, R. M., Royakkers, A., Wolthuis, E. K., Vlaar, A. P., Choi, G., Paulus, F., ... Schultz, M. J. (2010). Ventilation with lower tidal volumes as compared with conventional tidal volumes for patients without acute lung injury: a preventive randomized controlled trial. *Critical Care*, 14(1), R1. <https://doi.org/10.1186/cc8230>
- Esteban, F. F. A. (2013). Desconexión de la ventilación mecánica . ¿ Por qué seguimos

buscando métodos alternativos? *Q*, 37(9).

Gattinoni, L., Tonetti, T., Cressoni, M., Cadringer, P., Herrmann, P., Moerer, O., ... Quintel,

M. (2016). Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Medicine*, 42(10), 1567–1575. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4505-2>

Guérin, C., Papazian, L., Reignier, J., Ayzac, L., Loundou, A., & Forel, J.-M. (2016). Effect

of driving pressure on mortality in ARDS patients during lung protective mechanical ventilation in two randomized controlled trials. *Critical Care*, 20(1), 384.

<https://doi.org/10.1186/s13054-016-1556-2>

Kirakli, C., Ozdemir, I., Ucar, Z. Z., Cimen, P., Kepil, S., & Ozkan, S. A. (2011). Adaptive

support ventilation for faster weaning in COPD: A randomised controlled trial.

*European Respiratory Journal*, 38(4), 774–780.

<https://doi.org/10.1183/09031936.00081510>

Massimo Cressoni, M.D., Miriam Gotti, M.D., Chiara Chiurazzi, M.D., Dario Massari, M. D.,

Ilaria Algieri, M.D., Martina Amini, M.D., Antonio Cammaroto, M.D., Matteo Brioni,

M. D., Claudia Montaruli, M.D., Klodiana Nikolla, M.D., Mariateresa Guanziroli, M. D.,

Daniele Dondossola, M.D., Stefano Gatti, M.D., Vincenza Valerio, Ph.D., Giordano

Luca Vergani, M. D., & Paola Pagni, M.D., Paolo Cadringer, M.Sc., Nicoletta

Gagliano, Ph.D., L. G. (2016). Mechanical Power and Development of Ventilator - induced Lung Injury. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001056>

Mireles-cabodevila, E., Hatipog, U., Chatburn, R. L., & Faarc, M. R. (2013). A Rational

Framework for Selecting Modes of Ventilation, 348–366.

<https://doi.org/10.4187/respcare.01839>

Mireles-Cabodevila, E., Hatipoglu, U., & Chatburn, R. L. (2012). A Rational Framework for

Selecting Modes of Ventilation. *Respiratory Care*, 348–366.

<https://doi.org/10.4187/respcare.01839>

Nieman, G. F., Satalin, J., Andrews, P., Aiash, H., Habashi, N. M., & Gatto, L. A. (2017).

Personalizing mechanical ventilation according to physiologic parameters to stabilize alveoli and minimize ventilator induced lung injury (VILI). *Intensive Care Medicine Experimental*, 5(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s40635-017-0121-x>

Pinheiro De Oliveira, R., Hetzel, M. P., Dos, M., Silva, A., Dallegrave, D., & Friedman, G.

(2010). Mechanical ventilation with high tidal volume induces inflammation in patients without lung disease. *Critical Care*, 14, R39. <https://doi.org/10.1186/cc8919>

Protti, A., Andreis, D. T., Milesi, M., Iapichino, G. E., Monti, M., Comini, B., ... Gattinoni,

L. (2015). Lung anatomy, energy load, and ventilator-induced lung injury. *Intensive Care Medicine Experimental*, 3(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s40635-015-0070-1>

Sulemanji, D. (2009). Adaptive Support Ventilation, 111(4), 863–870.

<https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181b55f8f>

Sutherasan, Y., Vargas, M., & Pelosi, P. (2014). Protective mechanical ventilation in the non-injured lung: review and meta-analysis. *Critical Care*, 18(2), 211.

<https://doi.org/10.1186/cc13778>