UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA

**HOSPITAL GENERAL PACHUCA**

**TRABAJO TERMINAL**

# “EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN PULMONAR PROTECTORA EN EL SERVICIO DE URGENCIAS DEL HOSPITAL GENERAL DE PACHUCA”

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN

**MEDICINA DE URGENCIAS**

QUE PRESENTA EL MÉDICO CIRUJANO

**ERICK LÓPEZ VALENZUELA**

M.C. ESP. JOSÉ BERNARDINO GRES VÁZQUEZ

MÉDICO CIRUJANO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS

**DIRECTOR DEL TRABAJO TERMINAL**

DRA. EN C. JEANNETT ALEJANDRA IZQUIERDO VEGA

**CODIRECTORA DE TRABAJO TERMINAL**

DR. EN C. MANUEL SÁNCHEZ GUTIÉRREZ

**ASESOR DE TRABAJO TERMINAL**

PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, ABRIL 2025

DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO INTERNO DE LA COORDINACION DE POSGRADO DEL AREA ACADEMICA DE MEDICINA, AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO TERMINAL TITULADO:

**"EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN PULMONAR PROTECTORA EN EL SERVICIO DE URGENCIAS DEL HOSPITAL GENERAL DE PACHUCA"**

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS QUE SUSTENTA EL MEDICO CIRUJANO:

**ERICK LÓPEZ VALENZUELA**

PACHUCA DE SOTO HIDALGO, ABRIL DE 2025

**POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

**MTRO. ENRIQUE ESPINOSA AQUINO**
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

**M.C. ESP. ALFONSO REYES GARNICA**
JEFE DEL ÁREA ACADEMICA DE MEDICINA

**DR. EN C. OSVALDO ERIK SÁNCHEZ HERNÁNDEZ**
COORDINADOR DE POSGRADO

**DRA. EN C. JEANNETT ALEJANDRA IZQUIERDO VEGA**
CODIRECTOR DEL TRABAJO TERMINAL

**DR. EN C. MANUEL SÁNCHEZ GUTIÉRREZ**
ASESOR DE TRABAJO TERMINAL

POR EL HOSPITAL GENERAL PACHUCA

**M.C. ESP. ANTONIO VÁZQUEZ NEGRETE**
ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN DEL HOSPITAL GENERAL PACHUCA

**M.C. ESP. JOSÉ DOMINGO CASILLAS ENRIQUEZ**
SUBDIRECTOR DE ENSEÑANZA, CAPACITACION E INVESTIGACIÓN

**M.C. ESP. LEONORA PEREA GARCÍA**
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS
PROFESORA TITULAR DE LA ESPECIALIDAD DE MEDICINA DE URGENCIAS

**M.C. ESP. JOSÉ BERNARDINO GRES VÁZQUEZ**
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE URGENCIAS
DIRECTOR DEL TRABAJO TERMINAL

Gobierno de México | IMSS BIENESTAR
SERVICIOS PÚBLICOS DE SALUD

**HOSPITAL GENERAL PACHUCA**

**SUBDIRECCIÓN DE ENSEÑANZA, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN**

Pachuca de Soto, Hidalgo, a 26 de marzo de 2025.

Of. N°: HGP-SECI- 2020 -2025

**Asunto: Autorización de impresión de proyecto**

**M.C. ESP. ALFONSO REYES GARNICA**
**JEFE DEL ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA (ICsA)**
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**
**P R E S E N T E**

En seguimiento al oficio No. HGP/I-510/2025 de fecha 19 de marzo del año en curso (anexo al presente copia simple) donde el comité de Ética en Investigación y el comité de Investigación; autoriza la impresión del trabajo terminal de el **C. Dr. Erick López Valenzuela** del tercer grado de la especialidad de Medicina de Urgencias, correspondiente al ciclo académico 1° de marzo 2019 a 28 de febrero 2020, cuyo título es **"Evaluación del cumplimiento de las estrategias de ventilación pulmonar protectora en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca".**

Sin más por el momento, me despido de usted enviándole un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

SERVICIOS DE SALUD IMSS-BIENESTAR
27 MAR 2025
ESTAFETA CORRESPONDENCIA DESPACHADA
COORDINACION ESTATAL HIDALGO
HOSPITAL GENERAL PACHUCA

**DR. ANTONIO VÁZQUEZ NEGRETE**
**ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN DEL HOSPITAL GENERAL PACHUCA**

**DRA. LEONORA PEREA GARCÍA**
**PROFESOR TITULAR DE LA ESPECIALIDAD DE MEDICINA DE URGENCIAS**

**M.C. ESP. JOSÉ BERNARDINO GRES VÁZQUEZ**
**DIRECTOR DE TESIS**

**DRA. EN C. JEANNETT ALEJANDRA IZQUIERDO VEGA**
**CODIRECTOR DE TESIS**

Elaboró:
L.T.F Laura Angeles Cortes
Apoyo Administrativo
Subdirección de Enseñanza

Revisó:
Dr. José Domingo Casillas Enriquez
Subdirector de Enseñanza, Capacitación e Investigación

Autorizó:
Dr. José Domingo Casillas Enriquez
Subdirector de Enseñanza, Capacitación e Investigación

2025 Año de La Mujer Indígena

## AGRADECIMIENTOS

A mi esposa y a mis hijos, por su amor y apoyo, ya que son la base de nuestro hogar. Este trabajo es un tributo a la colaboración, paciencia y comprensión que me brindaron a lo largo de este viaje académico. A mis padres por ser un pilar de fortaleza y ejemplo, por sus bendiciones a lo largo de mi vida, que me protegen y me llevan por el camino del bien. A mis maestros Dr. Gres, Dr. García y Dr. Azuara por la paciencia y el compromiso en mi aprendizaje, en especial Dr. Gres por su apoyo incondicional y darme la fuerza necesaria cuando lo necesite, no olvidare sus enseñanzas.

**ÍNDICE GENERAL**


I. RESUMEN ..... 1
II. MARCO TEÓRICO ..... 5
III. ANTECEDENTES ..... 9
IV. JUSTIFICACIÓN ..... 17
V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 19
V.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN ..... 20
V.2 OBJETIVOS ..... 20
V.3 HIPÓTESIS ..... 21
VI. MATERIAL Y MÉTODOS ..... 22
A. DISEÑO DEL ESTUDIO ..... 22
B. SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN ..... 22
1. Criterios de inclusión ..... 22
2. Criterios de exclusión ..... 23
3. Criterios de eliminación ..... 23
C. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y MUESTREO ..... 23
1. Tamaño de la muestra ..... 23
2. Muestreo ..... 23
D. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES ..... 24
E. UBICACIÓN ESPACIOTEMPORAL ..... 27
1. Lugar ..... 27
2. Tiempo ..... 27
3. Persona ..... 27
F. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO ..... 28
VII. ASPECTOS ÉTICOS ..... 31
VIII. RESULTADOS ..... 32
IX. DISCUSIÓN ..... 38
X. CONCLUSIÓN ..... 43
XI. BIBLIOGRAFÍA ..... 44
XII. ANEXOS ..... 53

# ÍNDICE DE FIGURAS


| *Figura* | *Descripción* | *Página* |
|---|---|---|
| **Figura 1** | Tasa de cumplimiento de recomendaciones de estrategias de ventilación pulmonar protectora: volumen protector, PEEP, presión meseta y presión pico. PEEP: presión positiva al final de la expiración. | 36 |
| **Figura 2** | Tasa de cumplimiento de recomendaciones de estrategias de ventilación pulmonar protectora: driving pressure, poder mecánico y $FiO_2$ programado. $FiO_2$: fracción inspirada de oxígeno. | 37 |

**ÍNDICE DE TABLAS**


| Tabla | Descripción | Página |
|---|---|---|
| **Tabla 1** | Estrategias preventivas contra las infecciones asociadas a la VMI. | 29 |
| **Tabla 2** | Perfil demográfico y antropométrico de los pacientes al ingreso hospitalario. | 32 |
| **Tabla 3** | Diagnóstico primario de los pacientes al ingreso y prevalencia de pacientes con patología pulmonar al ingreso. | 33 |
| **Tabla 4** | Volúmenes pulmonares estimados y tipo de ventilación ofrecida a los pacientes. | 34 |
| **Tabla 5** | Valores de parámetros de ventilación programables y saturación de oxígeno alcanzada en los pacientes. | 35 |

## ABREVIATURAS, SIGLAS, Y ACRÓNIMOS

| Siglas | Descripción |
|---|---|
| **ALI** | Lesión Pulmonar Aguda (En inglés) |
| **CPP** | Complicaciones Pulmonares Postoperatorias |
| **DP** | Driving Pressure (En inglés) |
| **EM** | Medicina de Emergencia (En inglés) |
| **FR** | Frecuencia Respiratoria |
| **HIA** | Hipertensión Intraabdominal |
| **PIC** | Presión Intracraneal |
| **PEEP** | Presión Positiva Al Final de la Espiración |
| **PBW** | Corporal Predicho (En inglés) |
| **PE** | Propiedades Resistivas y Elásticas |
| **PR** | Propiedades Resistivas |
| **PT** | Presión Total de Insuflación |
| **SDRA** | Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda |
| **TEP** | Tromboembolia Pulmonar |
| **UCI** | Unidades de Cuidados Intensivos |
| **VM** | Ventilación Mecánica |
| **VT** | Volumen Circulante |
| **VC** | Volumen Corriente |
| **VMI** | Ventilación Mecánica Invasiva |
| **VM** | Ventilatorio Mecánico |

# I. RESUMEN

**Antecedentes.** La intubación y el inicio de la ventilación mecánica invasiva (VMI) son procedimientos requeridos frecuentemente en los servicios de urgencias alrededor del mundo. Asimismo, la lesión pulmonar inducida por el ventilador (VILI) es un trastorno reconocido y está asociado con configuraciones inadecuadas del ventilador. Las estrategias para la ventilación pulmonar protectora (VPP) son el estándar de atención actual en un esfuerzo por proporcionar los requisitos de ventilación adecuados y minimizar la VILI. No obstante, el grado de cumplimiento en el Hospital General de Pachuca (HGP) aún no ha sido evaluado de forma sistematizada.

**Objetivo.** Evaluar el cumplimiento de las estrategias de VPP en el Servicio de Urgencias del HGP.

**Material y métodos.** Se llevó a cabo un estudio analítico, observacional, transversal y retrospectivo. Se obtuvo una muestra de los registros y expedientes clínicos de pacientes mayores de 18 años, ambos sexos, ingresados al servicio de urgencias y que requirieron VMI, independientemente de la indicación y enfermedad de base, en el periodo de enero a diciembre de 2023. Se recabaron sus principales características clínicas y ventilatorias con la finalidad de identificar el cumplimiento de las estrategias protectoras de ventilación mecánica. Se recabaron los datos del expediente, para garantizar que los datos sean precisos y comparables, se organizaron en una base de datos electrónica para reflejar la posibilidad de recopilación de datos. Se utilizaron estadísticas descriptivas, incluidas la media, mediana (rango intercuartílico) y las distribuciones de frecuencia, para evaluar las características de los pacientes. El coeficiente de correlación de Spearman se utilizó para evaluar la proporción de pacientes en cada cohorte que cumplirán con el resultado primario.

**Resultados.** Se incluyó 114 pacientes de edad media 47.9±21.3 años (69.3% masculinos y 30.7% femeninos). Los diagnósticos de ingreso más comunes fueron traumatismo craneoencefálico (TCE) moderado-severo (36.0%) y choque séptico (12.3%). Las tasas

de cumplimiento para cada una de las recomendaciones de estrategias de ventilación pulmonar protectora fueron las siguientes: para volumen protector fue de 75.4%, para PEEP 71.9%, para presión meseta 32.5%, para la presión pico 89.4%, para driving pressure 32.7%, para el poder mecánico 81.1% y para la $FiO_2$ programada fue de 60.5%.

**Conclusión.** Aunque en el Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca muestra un cumplimiento razonable de algunas estrategias de ventilación protectora, hay un margen significativo de mejora en algunas áreas, en especial en presión meseta y driving pressure.

## I.A ABSTRACT

**Background.** Intubation and initiation of invasive mechanical ventilation (IMV) are frequently required procedures in emergency departments around the world. Likewise, ventilator-induced lung injury (VILI) is a recognized disorder and is associated with inappropriate ventilator settings. Protective lung ventilation (PPV) strategies are the current standard of care in an effort to provide adequate ventilation requirements and minimize VILI. However, the degree of compliance at the General Hospital of Pachuca (HGP) has not yet been systematically evaluated.

**Objective.** To evaluate compliance with PPV strategies in the Emergency Department of the HGP.

**Material and methods.** An analytical, observational, cross-sectional, and retrospective study will be conducted. A sample of records and clinical records of patients over 18 years of age, both sexes, admitted to the emergency department and requiring IMV, regardless of the indication and underlying disease, will be obtained from the study in the period from January to December 2023. Their main clinical and ventilatory characteristics will be collected in order to identify compliance with protective mechanical ventilation strategies. The data from the medical record will be collected to ensure that the data are accurate and comparable and will be organized in an electronic database to reflect the possibility of data collection. Descriptive statistics, including mean, median (interquartile range), and frequency distributions, will then be used to assess patient characteristics. Spearman's correlation coefficient will be used to assess the proportion of patients in each cohort who will meet the primary outcome.

**Results.** 114 patients with a mean age of 47.9±21.3 years (69.3% male and 30.7% female) were included. The most common admission diagnoses were moderate-severe traumatic brain injury (TBI) (36.0%) and septic shock (12.3%). Compliance rates for each of the protective lung ventilation strategy recommendations were as follows: protective

volume was 75.4%, PEEP 71.9%, plateau pressure 32.5%, peak pressure 89.4%, driving pressure 32.7%, mechanical power 81.1%, and programmed FiO2 was 60.5%.

**Conclusion.** Although the Emergency Department of the General Hospital of Pachuca shows reasonable compliance with some protective ventilation strategies, there is significant room for improvement in some areas, especially plateau pressure and driving pressure.

**Keywords**. mechanical ventilation, protective lung ventilation, emergencies.

## II. MARCO TEÓRICO

Las complicaciones pulmonares, como la lesión pulmonar aguda, la atelectasia, la neumonía y la infección, asociadas con los pacientes con ventilación mecánica, siguen siendo un factor importante que contribuye al aumento de la morbilidad y la mortalidad de los pacientes (1).

La ventilación mecánica (VM) es uno de los procedimientos utilizados para mantener el intercambio gaseoso y así poder disminuir o sustituir el trabajo respiratorio de los pacientes en el ámbito intrahospitalario y extrahospitalario, según sean requeridos. Actualmente existen dos tipos de ventilación mecánica: ventilación con presión negativa y ventilación con presión positiva. (2) En cuanto a la ventilación con presión negativa, se ha establecido que no precisa de un acceso invasivo a la vía aérea, lo que se traduce en una disminución con respecto al riesgo de infección, así como de daño pulmonar generado por la misma ventilación mecánica; sin embargo, este tipo de ventilación tiene menor efectividad en comparación con la ventilación con presión positiva, ya que impide un acceso directo al tórax. (3)

Mientras que la ventilación mecánica con presión positiva crea una presión externa que es capaz de introducir aire a nivel pulmonar. En esta modalidad se tiene un acceso más directo hacia el pulmón de las personas candidatas a dicho procedimiento. (4)

Dicha ventilación se puede clasificar como no invasiva, la cual se basa en la utilización de cánulas, mascarillas o tubos, que sean ingresados a nivel de nasofaringe y orofaringe; así como la forma invasiva, donde se obtiene un acceso a la tráquea por medio de un tubo endotraqueal o una cánula de traqueostomía (5).

Es importante recalcar que, en cada uno de los procedimientos asociados con la ventilación mecánica, es necesario mantener ajustes en los parámetros y así conseguir

una oxigenación y ventilación mínimas suficientes, para mejorar el estado del paciente manteniendo la menor agresión posible a nivel de la fisiología pulmonar (6).

El comportamiento mecánico que adquiere el sistema toraco-pulmonar de cada uno de los pacientes candidatos a VM estará determinado por la interacción entre la fuerza generada por el ventilador y la impedancia del sistema respiratorio a la insuflación del gas, según se describe en la ecuación de movimiento, la cual establece que la presión requerida para insuflar los pulmones (PT) dependerá de las propiedades resistivas (PR) y elásticas (PE) del sistema respiratorio (7). Dichas propiedades resistivas están determinadas por el flujo inspiratorio y la resistencia de las vías aéreas, mientras que las propiedades elásticas dependen de la distensibilidad toraco-pulmonar y el volumen circulante (VT); por lo tanto, la presión que un ventilador debe vencer para así poder otorgar un volumen de gas adecuado a cada uno de los pacientes está determinada por el flujo inspiratorio, así como la resistencia de la vía aérea, el volumen circulante y la distensibilidad. La presión total de insuflación (PT) resulta de la combinación de la presión generada por el ventilador (Pvent) y la presión generada por los músculos respiratorios (Pmud): PT= Pvent + Pmus (8).

Por lo tanto, la ventilación mecánica se asocia con una disipación sustancial de energía, lo que resultará en forma de calor o inflamación que puede conducir a una lesión a nivel del tejido pulmonar, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), así como una lesión histológica similar a la generada en el daño alveolar difuso (9),que son efectos deletéreos relacionados con la VM que, en conjunto, son conocidos como lesión pulmonar inducida por ventilador (VILI).(10,11).

Actualmente se han descrito cuatro mecanismos de VILI: barotrauma, volutrauma, atelectrauma y biotrauma. Dreyfuss *et al*. mostraron que el volumen (estiramiento pulmonar), es el factor más importante para que se pueda determinar la lesión, conocida como volutrauma(12). Asimismo, una ventilación a volúmenes pulmonares bajos puede

generar lesiones por medio de mecanismos múltiples, que incluyen: la apertura y el cierre repetitivo de las vías respiratorias, así como las unidades pulmonares, el efecto sobre la función tensoactiva y la hipoxia regional, que a esto se le denomina atelectrauma (13).

Las fuerzas físicas descritas anteriormente pueden causar la liberación de varios mediadores intracelulares, que pueden lesionar directamente el pulmón; otros pueden preparar el escenario para el posterior desarrollo de fibrosis pulmonar. Los mediadores adicionales pueden actuar como moléculas de referencia que reclutan células al pulmón y dichas células pueden liberar más moléculas dañinas. Este proceso se ha denominado «biotrauma» (13).

El riesgo de lesión pulmonar inducida por el ventilador se previene parcialmente mediante la ventilación protectora de los pulmones (11), la cual puede entenderse mejor en términos de limitación de la tensión mecánica global y regional (presión aplicada al pulmón) y la tensión (deformación por la forma en reposo). Durante la ventilación invasiva, el volumen corriente (VT) se escala de forma rutinaria al peso corporal predicho (PBW), que se correlaciona con el volumen pulmonar en sujetos sanos. Esta correlación es mucho menos precisa en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) debido a inundación alveolar y lo que resulta en un «baby lung» un pulmón más pequeño que el volumen pulmonar predicho. (14)

En el año 2000, una estrategia de ventilación protectora que proporciona volumen corriente (VC) de 6 ml/kg de peso corporal predicho (PBW, por sus siglas en inglés) demostró mayor supervivencia en comparación con un enfoque de VC (12 ml / kg PBW) (15). Sin embargo, no hay consenso con respecto a la estrategia adecuada para seleccionar un nivel de presión positiva al final de la espiración (PEEP) en cada paciente, sin embargo, resulta vital, tomar en consideración la enfermedad de base, así como el estado metabólico de cada uno de los pacientes, para ofrecer a cada uno los requerimientos adecuados y disminuir los riesgos asociados con el procedimiento. Lo que, en este momento, podrían ser las dos estrategias básicas: la determinación óptima

de PEEP dependiendo de la mecánica pulmonar de cada ajuste de nivel de paciente o PEEP dependiendo del cociente $PaO_2/FiO_2$ (16).

Por lo tanto, los parámetros dependientes del operador (VC, PEEP, frecuencia respiratoria [FR] y flujo de aire) como los parámetros derivados del ventilador (PEEPi, Ppeak, Pplat, driving pressure [DP], energía mecánica, poder mecánico e intensidad) deben controlarse estrictamente para desarrollar un enfoque personalizado para la VM. (17). En esta etapa, el poder mecánico es una herramienta unificadora que nos recuerda que todos sus componentes deben considerarse al intentar prevenir el VILI (14).

## III. ANTECEDENTES

La ventilación mecánica invasiva (VMI) es un componente esencial de los cuidados intensivos y la medicina de emergencia (EM), además de ser conocido como un tratamiento de soporte vital, en el que se utiliza una máquina que suministra un soporte ventilatorio y oxigenación en los pacientes con alguna insuficiencia respiratoria (18,19). Por otro lado, una reanimación exitosa requiere una evaluación conveniente y paralela del mantenimiento de las vías respiratorias, la eficiencia y efectividad de la mecánica respiratoria, y la adecuación de la circulación y la perfusión. El manejo debe estar dirigido a asegurar suficiente oxigenación, ventilación, y, si es posible, la pronta reversión del proceso de la enfermedad que la desencadena (20).

En la mayoría de las ocasiones, la VMI no cura las causas que producen una insuficiencia respiratoria, pero sí garantiza el funcionamiento de los pulmones y sus importantes efectos para el mantenimiento de la vida, lo cual proporciona el tiempo necesario para poder curar o aliviar determinadas afecciones que perjudican de forma directa o indirecta la función pulmonar, la oxigenación e influir sinérgicamente en la fisiología de la mecánica pulmonar (21).

Actualmente, los reportes internacionales refieren que poco más del 50 % del total de ingresos llegan a requerir soporte ventilatorio mecánico (VM), lo que varía según el tipo de Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) y de hospital, así como de las características demográficas y ciclos epidemiológicos. Tan solo durante 2015, el 62.5 % de los ingresos a las UCI del Hospital Juárez de México requirieron ventilación mecánica invasiva. (22)

La creciente demanda de servicios del departamento de emergencias y la relativa escasez de camas de hospital son los principales contribuyentes al hacinamiento de los departamentos de emergencia y resultan en una prolongada estadía (23,24).

Las recomendaciones sobre la duración de la estancia hospitalaria aceptable en el servicio de urgencias varían a nivel internacional, siendo ≤ 8 h generalmente considerado aceptable. (25).

Las estancias prolongadas en el servicio de urgencias pueden colocar a los pacientes en estado crítico que requieren ventilación mecánica en mayor riesgo de eventos adversos, ya que la mayoría de los departamentos de emergencia no cuentan con recursos para la prestación longitudinal de cuidados críticos (26).

Por otra parte, la estancia prolongada en los departamentos de emergencia de los pacientes con ventilación mecánica es suficiente para iniciar intervenciones básicas diseñadas para reducir la morbilidad y mortalidad de los pacientes ventilados, tales intervenciones tienen un potencial significativo para mejorar los resultados para este grupo de pacientes particularmente agudo (27).

La lesión pulmonar aguda (ALI) se desarrolla durante un período de horas a días en pacientes con condiciones predisponentes, incluida la ventilación mecánica. Por lo tanto, ALI puede verse como una complicación potencialmente prevenible (28). Para determinar el mejor equilibrio entre el beneficio de proporcionar soporte vital y los riesgos de la ventilación mecánica, se han identificado estrategias para limitar el VILI (17), reduciendo así la duración de la estadía y la mortalidad de los pacientes de la UCI sin ALI (29).

Las estrategias de ventilación mecánica protectora son obligatorias para reducir el VILI, disminuyen las concentraciones de interleucinas IL-1, IL-6, IL-10 y factor de necrosis tumoral (TNF)-α, lo que subraya el papel de la VM en la génesis y perpetuación de la respuesta inflamatoria local y sistémica (30).

Al igual que cualquier intervención farmacológica, la VM debe ser titulada dentro de una ventana terapéutica con la finalidad de que alcance el objetivo por el cual se inició, mientras se limitan los efectos adversos de su uso (31).

Por lo tanto, los parámetros dependientes del operador (volumen corriente [VC], PEEP, FR y flujo de aire) como los parámetros derivados del ventilador (PEEPi, Ppeak, Pplat, DP, PL, energía mecánica, poder mecánico e intensidad) deben controlarse estrictamente para desarrollar un enfoque personalizado para la VM (17).

El estudio Ventilación Protectora en Pacientes sin SDRA al inicio de la Ventilación (PReVENT, por sus siglas en inglés) fue el primer ensayo controlado aleatorio que tuvo el poder estadístico suficiente para probar la hipótesis de que una estrategia de ventilación que utiliza volúmenes corrientes bajos, en comparación con una estrategia de ventilación que utiliza volúmenes corrientes altos, beneficia a los pacientes sin SDRA con respecto al criterio de valoración clínicamente relevante de la duración de la ventilación (32). Asimismo, cada vez está más claro que la ventilación per se tiene el potencial de iniciar una lesión pulmonar o SDRA, principalmente debido a la distensión excesiva de partes del pulmón. El objetivo debe ser la prevención de la distensión excesiva y la lesión pulmonar (33) No obstante, PReVENT tiene el poder estadístico adecuado para probar la hipótesis de que una estrategia de ventilación que utiliza volúmenes corrientes bajos de 6 a 4 ml / kg de PBW beneficia a los pacientes de la UCI sin SDRA al inicio de la ventilación (32).

En algunos casos, se recomienda ventilación con volumen corriente bajo para pacientes con enfermedad pulmonar aguda: en un estudio donde se realizó un análisis retrospectivo, se evaluó la presión de meseta dentro de 24 horas de ingreso en el servicio de UCI, observando que menor presión de meseta se asocia con tasas de mortalidad

más bajas; inclusive se debería considerar incluso a < 30 cm $H_2O$ en pacientes sépticos con insuficiencia respiratoria aguda (34).

El VILI también puede ser el resultado de la apertura y cierre repetidos de pequeñas vías respiratorias o de un estrés excesivo en los márgenes entre las regiones aireadas y atelectasias de los pulmones. Estas lesiones pulmonares pueden prevenirse mediante el uso de un volumen corriente y una presión pulmonar limitada, así como en el uso de niveles de PEEP más altos que los utilizados en la práctica clínica habitual (15).

Otros grupos de trabajo han investigado la asociación entre el uso de protectores pulmonares, ventilación en el servicio de urgencias y los resultados entre los pacientes con ventilación invasiva, describiendo que el uso de ventilación de protección pulmonar se asoció con la disminución de las probabilidades de muerte hospitalaria y desarrollo de SDRA. También, los pacientes que recibieron ventilación de protección pulmonar en el servicio de urgencias tuvieron una mediana de duración más corta de ventilación mecánica en comparación con los pacientes que recibieron volúmenes corrientes más altos (35).

La ventilación con PEEP es esencial para los pacientes con SDRA, ya que se observó que el PEEP temprano mejora enormemente la oxigenación en el SDRA, pero también puede inducir daño pulmonar. Los niveles altos de PEEP pueden abrir los alvéolos colapsados y disminuir la derivación intrapulmonar y evitar la apertura y el cierre alveolar repetidos durante el ciclo respiratorio, pero también pueden inducir una distensión excesiva que promueve la lesión pulmonar. Se han propuesto varios métodos para establecer el nivel de PEEP, aunque el método preferido sigue siendo controvertido. Se han realizado estudios piloto abierto, aleatorizado y controlado para probar la hipótesis de que un conjunto de PEEP individualizado basado en el mayor cumplimiento mejoraría la oxigenación, en comparación con el establecimiento de PEEP basado en $FiO_2$, de acuerdo con el estudio. Aunque no hubo diferencias en la oxigenación, los pacientes con SDRA ventilados con PEEP determinado según su mayor cumplimiento tuvieron una

fuerte tendencia hacia una menor mortalidad al día 28 y un aumento significativo en los días libres de disfunción orgánica a los 28 días (36).

Hay múltiples enfermedades que requieren VMI en la cual debemos de realizar protección alveolar, donde el PEEP es parte fundamental; existen diversos tipos de programar el PEEP inicial; no se recomienda iniciar el PEEP alto, a excepción del paciente con SDRA severo, ni realizar maniobras de reclutamiento a excepción de que se presente la indicación. El PEEP representa una serie de cambios en la economía del paciente; por lo tanto, a la hora de colocarlo, se deben tener presentes los cambios sobre el sistema cardiovascular, respiratorio, linfático, cerebro, el impacto directo sobre el diafragma, pudiendo crear miotrauma. En los síndromes pleuropulmonares, ofrece una disminución en las mismas a la hora de aplicarla. En los pacientes con hipertensión intraabdominal (HIA) es importante la adecuada colocación de la PEEP, partiendo desde 5 cm $H_2O$ y valorando si presenta SDRA para realizar cambios en este inicio de titulación. El paciente neurocrítico, una PEEP > 15 cm $H_2O$ crea disminución de presión de perfusión cerebral (PPC) y un aumento de la presión intracraneal (PIC), por lo que no se recomienda PEEP alto de inicio. El paciente con obesidad representa un reto por la disminución de la elasticidad pulmonar; si el paciente no presenta SDRA, inicia con 5 cm de $H_2O$ e ir buscando el PEEP óptimo. La mayoría de la programación del PEEP inicial es con PEEP bajos; evitar iniciar con PEEP alto. El ZEEP (PEEP cero) solamente representa indicación en los escenarios del paciente con fallo en VD (ventrículo derecho) y que presenten tromboembolia pulmonar (TEP). La PEEP óptima es aquella que ofrece al paciente una mejor oxigenación y no representa cambios hemodinámicos en su economía (37).

Guo et al. en un estudio de revisión sistemática y de metaanálisis publicados hasta el 2016, observaron que los pacientes de la UCI sin VILI o SDRA, la estrategia protectora: VC más baja + PEEP más alta se asoció con la relación $PaO_2$ / $FiO_2$ más alta; no obstante, la estrategia VC más alta + PEEP más baja fue superior a las otras estrategias para mejorar la distensibilidad pulmonar; la estrategia A (VC más bajo + PEEP más baja) se

asoció con una estadía más corta en la UCI; y la estrategia D (VC + ZEEP más baja) se asoció con la relación $PaO_2$ / $FiO_2$ (29).

Existe evidencia de que los pacientes con un pequeño compartimento aireado disponible para ventilación pueden sufrir VILI a pesar de que el VC esté limitado a 6 mL / kg de PBW. La distensibilidad dinámica ayuda a evaluar mejor la distorsión del tejido y el riesgo de VILI debido al VC (38).

La driving pressure (es decir, presión de meseta menos PEEP) se considera actualmente el mejor predictor de VILI en pacientes con SDRA, así como en pacientes sometidos a anestesia general, en los que la tasa de complicaciones pulmonares se asoció con niveles más altos de driving pressure (39).

Cuando la presión de meseta, el volumen corriente y la PEEP se establecen dentro de los estrechos rangos de una ventilación protectora, la driving pressure per se puede no ofrecer ninguna ventaja adicional sobre los índices de la mecánica pulmonar, como la elastancia, la distensibilidad o la presión de meseta, como demostraron recientemente (40).

La influencia de la driving pressure sobre el resultado puede deberse a la elastancia (gravedad de la enfermedad) o al volumen corriente (grado de tensión). El mayor inconveniente de utilizar la driving pressure de forma aislada es que no tiene en cuenta el papel de la PEEP. Por ejemplo, un nivel teóricamente «seguro» de driving pressure de 12 cm $H_2O$ podría resultar dañino si la PEEP es de 20 o 0 cm $H_2O$, con base en la condición clínica. Finalmente, en cuanto a otros parámetros mecánicos, cabe señalar que la driving pressure debe referirse al pulmón y no al sistema respiratorio (41).

El grado de daño pulmonar en VILI se puede relacionar con la cantidad de energía transferida desde el ventilador mecánico al sistema respiratorio dentro de un período de

tiempo determinado, una construcción conocida como potencia mecánica. Hay varias formas de calcular la potencia mecánica, desde fórmulas simples hasta ecuaciones muy complejas. Independientemente de la forma en que se calcule la potencia mecánica, conviene destacar que no todas las unidades alveolares están expuestas a ella. Por lo tanto, los esfuerzos deben centrarse en normalizar la potencia mecánica del área de la superficie pulmonar susceptible de ventilación (42).

La razón para implementar la ventilación de protección pulmonar en el servicio de urgencias depende de la premisa de que existe un vínculo temporal entre el manejo del ventilador durante el primer período de insuficiencia respiratoria y el desarrollo de complicaciones posteriores (43). La adherencia temprana a la ventilación protectora pulmonar podría, por lo tanto, mejorar el resultado. Múltiples estudios muestran un vínculo entre la ventilación no protectora en la UCI y la incidencia del síndrome de dificultad respiratoria aguda, con un inicio típico del síndrome 2 días después del ingreso (44).

Debido a que los pacientes con VM tienen una mayor mortalidad y estadías más prolongadas en el servicio de urgencias en comparación con los pacientes no ventilados, la implementación de terapias efectivas y factibles es primordial. Implementar un protocolo de ventilador mecánico en el servicio de urgencias es factible y está asociado con mejoras en la entrega de ventilación mecánica segura y el resultado clínico. A este respecto, un nuevo enfoque para configurar el ventilador de manera adecuada inmediatamente después de la intubación podría ayudar a superar las deficiencias existentes en la implementación de la ventilación de protección pulmonar (45).

En otros casos, las complicaciones pulmonares post-operatorias (CPP) ocurren con frecuencia y se asocian con una morbilidad y mortalidad. La evidencia sugiere que la reducción de los CPP se puede lograr mediante el uso de estrategias de ventilación con protección pulmonar intra-operatoriamente, dentro de estas estrategias están: (i) se debe utilizar una puntuación dedicada para la evaluación del riesgo pulmonar preoperatorio; e

(ii) individualizar la ventilación mecánica puede mejorar la mecánica de la respiración y la función respiratoria, y prevenir las CPP. El ventilador debe ajustarse inicialmente a un volumen tidal de 6-8 mL/kg de PBW y una PEEP de 5 cm $H_2O$ (46).

## IV. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la frecuencia de las lesiones pulmonares de la ventilación mecánica es uno de los principales motivos para conocer en qué consiste la ventilación protectora pulmonar, lo que ayudará a disminuir las secuelas pulmonares asociadas con la ventilación mecánica, esto por medio de la disminución de la lesión asociada a la ventilación mecánica.

De acuerdo con datos experimentales, se ha logrado establecer la relación que hay entre la lesión pulmonar con respecto a la ventilación mecánica, esto puede suceder después de iniciada la ventilación mecánica, ya que la configuración inicial de los parámetros asociados al ventilador influye en el resultado que se obtendría en cada uno de los pacientes, incluso en aquellos que se han tratado en periodos cortos de tiempo. Tremblay *et al*., demostraron que existe un aumento en los niveles de TNF- ⍺ y de IL-6 después de dos horas de ventilación mecánica con volúmenes corrientes altos (47). Varios estudios han demostrado que la ventilación protectora reduce los niveles de IL-1, IL-6, IL-10 y TNF-⍺, lo que subraya la influencia de la ventilación mecánica en la liberación de mediadores inflamatorios en el pulmón, así como el papel de la ventilación mecánica en la génesis y perpetuación de la respuesta inflamatoria local y sistémica. En este contexto, el mecanismo involucrado en la disfunción de órganos periféricos observada en VILI parece estar derivado en forma directa de los efectos mecánicos sobre el pulmón, lo que aumenta y desencadena la respuesta inflamatoria en el tejido pulmonar, incluyendo la translocación de mediadores, endotoxinas y bacterias desde el pulmón a la circulación sistémica (30).

Este tipo de intervenciones terapéuticas, además de requerir un alto costo, también requiere una alta demanda de personal médico capacitado para el manejo de cada uno de los instrumentales necesarios para establecer los parámetros que requieren los pacientes durante su estancia intrahospitalaria.

Es importante tener en consideración que el correcto ajuste en los parámetros iniciales que se adaptarán a cada uno de los ventiladores tendrá una repercusión, en la estabilización hemodinámica de los pacientes, así como en otorgar una ventilación protectora pulmonar. Por lo tanto, establecer estrategias para dicha protección, es uno de los objetivos principales a determinar.

En este trabajo se planteó realizar la valoración de los parámetros iniciales de la ventilación mecánica, para establecer su cumplimiento e identificar los ajustes adecuados para la ventilación mecánica protectora con base a las estrategias del protocolo LOV-ED y así reducir el riesgo de complicaciones asociadas con la misma, lo que resultaría en un impacto positivo que influiría en la estancia intrahospitalaria, así como, la morbimortalidad de los pacientes.

## V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Más del 50 % de los ingresos al servicio de urgencias hospitalario requieren soporte ventilatorio mecánico debido a insuficiencia respiratoria aguda y otras complicaciones críticas, lo cual pone de manifiesto la importancia de contar con protocolos efectivos y seguros para la implementación de la VMI en este contexto. Sin embargo, este procedimiento, si no se ajusta adecuadamente, puede inducir una serie de complicaciones pulmonares, conocidas como lesión pulmonar inducida por el ventilador, las cuales aumentan la morbimortalidad de los pacientes críticos. De acuerdo con Macedo et al., la VILI se ha asociado con barotrauma, volutrauma y respuestas inflamatorias sistémicas que contribuyen al deterioro del estado clínico del paciente y prolongan la estancia hospitalaria, además de requerir intervenciones médicas adicionales para mitigar el daño (22). El riesgo de lesión pulmonar inducida por el ventilador se previene parcialmente mediante la ventilación protectora de los pulmones (40). Es una de las medidas que ha demostrado un incremento en la sobrevida en los pacientes bajo ventilación mecánica, y es de vital importancia evaluar si se llevan a cabo en los Servicios de Urgencias.

Evaluar la implementación de parámetros de protección pulmonar en los servicios de urgencias es, por lo tanto, fundamental para garantizar una ventilación segura y efectiva en pacientes críticos.

Un estudio relevante en este contexto es el LOV-ED (*Lung Protective Ventilation Initiated in the Emergency Department*), el cual demostró que la implementación de un protocolo de ventilación pulmonar protectora en el servicio de urgencias es factible y se asocia con una mejora en la calidad del soporte ventilatorio, además de ser externamente válida para distintas poblaciones. Los hallazgos de LOV-ED resaltan la importancia de evaluar la adherencia a los protocolos de ventilación pulmonar protectora en los servicios de urgencias para asegurar el cumplimiento de los parámetros de protección pulmonar recomendados en los pacientes ventilados (48); actualmente, no existen registros de la configuración de la ventilación mecánica invasiva en el área de urgencias del Hospital General de Pachuca, que permita hacer una comparación con los protocolos de

ventilación mecánica protectora establecidos, con la finalidad de conocer si cumplen los parámetros de protección pulmonar.

## V.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el cumplimiento de las estrategias de ventilación pulmonar protectora en el Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca?

## V.2 OBJETIVOS

### V.2.1.- Objetivo general

Evaluar el cumplimiento de las estrategias de ventilación pulmonar protectora en el Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca, en el periodo de enero a diciembre de 2023.

### V.2.2.- Objetivo especifico

1. Identificar si la frecuencia respiratoria programada de forma inicial se ajusta a partir de parámetros gasométricos.

2. Analizar si los parámetros de las presiones generadas en la dinámica pulmonar se encuentran dentro de los parámetros protectores basados en el protocolo LOV- ED.

3. Evaluar si la presión positiva al final de la expiración programada de forma inicial es calculada idealmente en base al índice de masa corporal del paciente.

4. Analizar si la configuración inicial de la ventilación mecánica se ajusta o no a la enfermedad pulmonar.

## V.3 HIPÓTESIS

Los pacientes sometidos a ventilación mecánica cumplen con las estrategias y protocolos de ventilación pulmonar protectora en el Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca.

### V.3.1.- Hipótesis nula

Los pacientes sometidos a ventilación mecánica invasiva no cumplen con las estrategias de ventilación pulmonar protectora en el Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca.

### V.3.2.- Hipótesis alterna

Los pacientes sometidos a ventilación mecánica invasiva si cumplen con las estrategias de ventilación pulmonar protectora en el Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca.

# VI. MATERIAL Y MÉTODOS

## A. DISEÑO DEL ESTUDIO

Con base en el objetivo del estudio: descriptivo.

Por la participación de los investigadores: observacional.

Por la temporalidad del estudio: transversal.

Por la direccionalidad del estudio: retrospectivo.

Por la recopilación de la información: retrolectivo (expedientes clínicos).

Por las instituciones: unicéntrico (Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca).

Por el tipo de población: homodémico

## B. SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN

### 1. Criterios de inclusión

Expedientes con la siguiente información

- Individuos mayores de 18 años.
- Ambos sexos.
- Que recibieron VMI, definida como ventilación mecánica administrada a través de un tubo endotraqueal después de una intubación traqueal o una traqueotomía, en el Servicio de Urgencias, independientemente de su indicación, duración o enfermedad de base.
- En el periodo de enero a diciembre de 2023.

### 2. Criterios de exclusión

Expedientes con la siguiente información

- Pacientes embarazadas, en puerperio o lactancia.
- Personas con insuficiencia respiratoria.
- Personas con neoplasias malignas activas.

### 3. Criterios de eliminación

- Expedientes incompletos.

## C. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y MUESTREO

### 1. Tamaño de la muestra

Con una proporción esperada del 37 %, un nivel de confianza del 95 % y con una precisión de 9, el tamaño mínimo necesario de participantes fue de 111 pacientes con expedientes completos. El tamaño de la muestra se determinó con base en la siguiente fórmula:

$n= Z^2 * (p-)q / E^2$

Donde n= tamaño de la muestra.

- $Z^2$= Intervalo de confianza al 95 % (1.96 en tablas de Z).
- $E^2$= 9.
- p= 37 (poner 0.37 en la sustitución de la fórmula).
- q= 63.
- n= 111.

### 2. Muestreo

En este estudio se realizó muestreo aleatorio simple, probabilístico, y se incluirán al estudio los expedientes de pacientes ingresados que hayan presentado ventilación mecánica invasiva en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca.

## D. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Tipo de medición | Fuente |
|---|---|---|---|---|
| Edad | Tiempo de vida del paciente, calculado según la fecha de nacimiento. | Años cumplidos hasta el día de la intervención. | Cuantitativa discreta | Hoja de recolección de datos |
| Sexo | Conjunto de características biológicas, que clasifican a los individuos de acuerdo con sus funciones reproductivas | Sexo referido por el paciente. | Cualitativa, nominal dicotómica | Hoja de recolección de datos |
| Índice de masa corporal | Relación peso-altura que se calcula dividiendo el peso en kilogramos por el cuadrado de la altura en metros, es utilizado como indicador de obesidad y peso insuficiente. | Se calcula con el peso (kg) / el cuadrado de la estatura ($m^2$). | Cuantitativa, continua | Hoja de recolección de datos |
| Peso predicho | Peso estimado según la fórmula del Instituto Nacional del | Peso al cual se debe de ajustar el volumen corriente | Cuantitativa, Continua | Hoja de recolección de datos |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Corazón, los Pulmones y la Sangre (NHLBI): [(talla en cm-152.4) 0.91] + 50 hombres/ 45 en mujeres. | para cumplir parámetro protector. | | |
| Volumen corriente o volumen tidal | Es el volumen de aire inspirado o espirado durante un ciclo respiratorio normal. | Volumen de aire que el ventilador mecánico genera y transmite al paciente durante el ciclo respiratorio. (Calculado de 6-8 ml/kg/ peso predicho | Cuantitativa, discontinua. | Hoja de recolección de datos |
| Frecuencia respiratoria | Es la cantidad de respiraciones que una persona hace por minuto. | Cantidad de respiraciones administradas por el ventilador mecánico a una persona por minuto. (Ideal de 14 a 20) | Cuantitativa, discontinua. | Hoja de recolección de datos |
| PEEP | Presión positiva al final de la espiración | Presión positiva al final de la expiración, programada por el usuario de la ventilación mecánica utilizada al ventilar a un paciente, con la finalidad de agregar presión en los | Cuantitativa, discontinua. | Hoja de recolección de datos |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | pulmones al final de cada respiración. | | |
| Presión meseta | Presión al final de la inspiración durante una pausa inspiratoria de al menos 0.5 segundos, la cual refleja la presión alveolar generada durante la ventilación. | Presión al final de la inspiración generada por el ventilador mecánico posterior a la maniobra de una pausa inspiratoria en modalidad controlada por volumen, la cual refleja la presión alveolar derivada, traduciendo la distensibilidad del sistema respiratorio. | Cuantitativa, discontinua. | Hoja de recolección de datos |
| Presión pico | Es la máxima presión que se alcanza durante la entrada de gas en las vías aéreas. | Presión máxima que se alcanza en las vías respiratorias, generada por la cantidad de volumen generado por el ventilador y es transmitido al paciente durante el ciclo respiratorio. | Cuantitativa, discontinua. | Hoja de recolección de datos |
| Presión de distensión (Driving pressure) | Es la presión necesaria para superar el retroceso elástico del sistema respiratorio | La presión necesaria para superar el retroceso elástico del sistema respiratorio, la cual se obtiene tras restar la PEEP | Cuantitativa, discontinua. | Se calculará a partir de los datos obtenidos de los expedientes. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (elastancia y compliance) a medida que se administra el volumen corriente. | programada al ventilador mecánico a la presión meseta. | | |
| Poder mecánico | Energía generada por el ventilador y que es entregada al sistema respiratorio por unidad de tiempo. | Se describe como una entidad unificada y se explica así con una ecuación. PM= 0.098 (VC [ml] x Fr) ( P. pico- [DP/2]) | Cuantitativa, discontinua. | Se calculará a partir de los datos obtenidos de los expedientes |

## E. UBICACIÓN ESPACIOTEMPORAL

### 1. Lugar

El presente estudio se llevó a cabo en el Servicio de Urgencias y el Archivo Clínico del Hospital General de Pachuca, perteneciente a la Secretaría de Salud del Estado de Hidalgo, y ubicado sobre carretera Pachuca-Tulancingo número 101, colonia Ciudad de los Niños, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

### 2. Tiempo

En este estudio se realizó la recolección de datos de los expedientes correspondientes a un periodo de doce meses, iniciando el 01 de enero al 31 de diciembre de 2023.

### 3. Persona

Los expedientes que se tomaron en cuenta en este proyecto fueron los de aquellos pacientes que ingresaron al Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca en

el tiempo determinado que hayan presentado un estatus de intubación o ventilación mecánica invasiva.

## F. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

Se recolectó la información de la configuración inicial del ventilador en el servicio de urgencias en base a datos registrados en los expedientes clínicos. Esta información incluye el modo de ventilación, el volumen corriente total por inspiración, la frecuencia respiratoria, la presión de meseta al final de la inspiración, la presión positiva al final de la espiración (PEEP) y la fracción de oxígeno inspirado ($FiO_2$). Para los pacientes que recibieron ventilación con control asistido por presión, el volumen corriente registrado fue el promedio durante el primer minuto de la VMI. Se capturó el peso corporal predicho (PBW, por sus siglas en inglés) del paciente en el momento del ingreso en urgencias, que se calcula utilizando la altura medida del paciente. Se determinaron los mL/kg PBW matemáticamente dividiendo el volumen corriente total por inspiración por el PBW. Para los pacientes con múltiples ajustes de volumen corriente durante su estadía en el servicio de urgencias, se emplearon los ajustes iniciales del ventilador (incluidos el volumen corriente, presión de meseta al final de la inspiración, PEEP y $FiO_2$).

La estrategia preventiva contra el volutrauma se definió como un volumen tidal ≤ 8 mL/kg PBW. Debido a que no se ha identificado una PEEP óptima para la ventilación de protección pulmonar, cualquier estrategia descrita o valor registrado se considerará como medida contra el atelectrauma (4,49,50). El mantenimiento de una presión de meseta al final de la inspiración de menos de 30 $cmH_2O$ se identificó como la estrategia preventiva contra el barotrauma (34). Asimismo, contra la hiperoxia, se identifica si se configuró la $FiO_2$ aceptable más baja necesaria para mantener la $PaO_2$ objetivo, descrito en el expediente (51).

Para la prevención de las infecciones asociadas con la VMI, se reconocieron las ocho medidas destinadas a este propósito descritas en la Tabla 1. El cumplimiento de al menos cuatro de estas se consideró como una estrategia realizada.

**Tabla 1. Estrategias preventivas contra las infecciones asociadas a la VMI.**

| |
|---|
| 1. Minimizar sedación, especialmente altas dosis de benzodiazepinas. |
| 2. Inicio temprano de fisioterapia y otras iniciativas de acondicionamiento físico. |
| 3. Higiene orofaríngea, incluida la aplicación de antibióticos de difícil absorción solo en la orofaringe. |
| 4. Se prefieren la intubación orotraqueal y las sondas orogástricas a la intubación nasotraqueal y las sondas nasogástricas para prevenir la sinusitis nosocomial. |
| 5. Se debe usar aspiración continua de secreciones subglóticas. La presión del manguito del tubo endotraqueal debe mantenerse a más de 20 cm $H_2O$, para evitar la fuga de patógenos bacterianos alrededor del manguito y hacia el tracto respiratorio inferior. |
| 6. El condensado contaminado debe vaciarse con cuidado de los circuitos del ventilador y debe evitarse que entre en el tubo endotraqueal o en los nebulizadores de medicamentos en línea. |
| 7. Reducción de la duración de la intubación y la ventilación mecánica tan breve como sea posible, a través de pruebas diarias de respiración espontánea, junto con protocolos de reducción de la sedación con pruebas de despertar espontáneo. |
| 8. Mantener una posición semifowler (30 a 45 grados) en lugar de supina para evitar la aspiración, especialmente cuando recibe alimentación enteral. |

Información adaptada de (3,4).

Los datos recolectados por el investigador, Erick López Valenzuela, dieron lugar a una base de datos en el programa Excel, donde se analizaron las variables derivadas de la programación inicial. Posteriormente, se realizó un filtro a la base de datos para clasificar

cada grupo de padecimiento. Se utilizaron estadísticas descriptivas, incluidas la media, mediana y las distribuciones de frecuencia, para evaluar las características de los pacientes. De esta forma, se determinó si se cumplió con la configuración inicial de la ventilación mecánica invasiva en el servicio de urgencias, en comparación con los protocolos de ventilación mecánica protectora establecidos a nivel internacional.

## VII. ASPECTOS ÉTICOS

El estudio se apoya en base al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1987, con su última reforma publicada el 2 de abril de 2014.

Haciendo alusión al artículo número 13 con respecto a la dignidad y protección de los derechos y bienestar de los pacientes integrados en la investigación. Además, el artículo 17, en materia de esta investigación, está considerado como riesgo mínimo ya que sólo se obtendrá información, no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, patológicas y sociales.

La base de datos que concentrará la información personal de los pacientes, así como su información de contacto, existirá en una única copia resguardada por los investigadores y será manejada con estricta confidencialidad. De la misma forma, ningún producto de la investigación expondrá la identidad de los individuos partícipes y estos solo serán utilizados para fines académicos y de investigación.

Los potenciales participantes se seleccionarán aleatoriamente, con equidad y justicia, donde no existirá ningún tipo de discriminación, ya sea por condiciones físicas, sociales, políticas, religiosas, de género, preferencias sexuales, etc.

Asimismo, los investigadores declaran no poseer conflictos de intereses con los resultados del estudio. Las potenciales participantes se seleccionarán aleatoriamente, con equidad y justicia, donde no existirá ningún tipo de discriminación, ya sea por condiciones físicas, sociales, políticas, religiosas, de género, preferencias sexuales, etc. De igual forma, los investigadores declaran no poseer conflictos de intereses con los resultados del estudio.

## VIII. RESULTADOS

### Perfil demográfico, antropométrico y diagnóstico de los pacientes

En el estudio se incluyeron un total de 114 pacientes, cuya edad media fue de 47.9±21.3 años (rango 14-96). El 69.3% pertenecía al sexo masculino y el 30.7% al femenino. La estatura media de los pacientes fue de 162.7±10.2 cm, el peso medio de 72.7±19.7 kg y el índice de masa corporal (IMC) medio fue de 27.4±7.1 kg/$m^2$ (Tabla 2).

**Tabla 2. Perfil demográfico y antropométrico de los pacientes al ingreso hospitalario (n= 114).**

| | Valores<br>**media±DE** |
|---|---|
| **Edad (años),** | 47.9±21.3 |
| **Sexo, n (%)** | |
| **Masculino** | 79(69.3) |
| **Femenino** | 35(30.7) |
| **Talla (cm), media±DE** | 162.7±10.2 |
| **Peso (kg), media±DE** | 72.7±19.7 |
| **IMC (kg/$m^2$), media±DE** | 27.4±7.1 |

Fuente: expedientes clínicos

A continuación se describen los diagnósticos primarios de los pacientes: choque séptico en el 12.3%; choque de otro tipo en el 2.6%; enfermedad renal crónica en el 1.8%; enfermedad traumática severa en el 3.5%; enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en el 1.8%; estatus epiléptico en el 6.1%; enfermedad vascular cerebral (EVC) hemorrágica en el 6.1%; EVC isquémica en el 3.5%; heridas, accidentes e intoxicaciones en el 6.1%; insuficiencia cardiaca congestiva en el 1.8%; neumonía adquirida en la comunidad 5.3%; síndrome post-parada cardiaca en el 7.0%; traumatismo craneoencefálico (TCE) moderado-severo en el 36.0%; otros diagnósticos neurológicos en el 3.5%, y otro diagnóstico en el 2.6%. Además, el 19.3% presentó patología pulmonar al ingreso (Tabla 3).

| **Tabla 3. Diagnóstico primario de los pacientes al ingreso y prevalencia de pacientes con patología pulmonar al ingreso (n= 114).** | |
|---|---|
| | N(%) |
| **Choque séptico** | 14(12.3) |
| **Choque de otro tipo** | 3(2.6) |
| **Enfermedad renal crónica** | 2(1.8) |
| **Enfermedad traumática severa** | 4(3.5) |
| **EPOC** | 2(1.8) |
| **Estatus epiléptico** | 7(6.1) |
| **EVC hemorrágica** | 7(6.1) |
| **EVC isquémica** | 4(3.5) |
| **Heridas, accidentes e intoxicaciones** | 7(6.1) |
| **Insuficiencia cardiaca congestiva** | 2(1.8) |
| **Neumonía adquirida en la comunidad** | 6(5.3) |
| **Síndrome post-parada cardiaca** | 8(7.0) |
| **TCE moderado-severo** | 41(36.0) |
| **Otros diagnósticos neurológicos** | 4(3.5) |
| **Otro diagnóstico** | 3(2.6) |
| **Presencia de patología pulmonar, n (%)** | |
| **Si** | 22(19.3) |
| **No** | 92(80.7) |

Fuente: expedientes clínicos.

IMC: índice de masa corporal. EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica. EVC: enfermedad vascular cerebral. TCE: traumatismo craneoencefálico.

**Volúmenes pulmonares estimados y tipo de ventilación ofrecida**

Con respecto a los volúmenes pulmonares estimados, el volumen pulmonar mínimo estimado fue de 346.9±63.6 volumen/min y el volumen pulmonar máximo de 462.5±84.8 volumen/min. El tipo de ventilación ofrecida a los pacientes fue la ventilación asistida y controlada por volumen en el 95.6% de los pacientes y asistida y controlada por presión en el 4.4% (Tabla 4).

**Tabla 4. Volúmenes pulmonares estimados y tipo de ventilación ofrecida a los pacientes (n= 114).**

| | Valores **(media±DE)** |
|---|---|
| **Volumen pulmonar mínimo (volumen/min)** | 346.9±63.6 |
| **Volumen pulmonar máximo (volumen/min)** | 462.5±84.8 |
| **Tipo de ventilación, n (%)** | |
| **Asistida controlada por volumen** | 109(95.6) |
| **Asistida controlada por presión** | 5(4.4) |

Fuente: Expedientes clínicos

**Valores de parámetros de ventilación programables y saturación de oxígeno alcanzada**

Entre los valores de parámetros de ventilación programables se encontró que el volumen medio fue de 0.41±0.06 L/min; el volumen x ventilador fue de 3.04±27.96; la frecuencia respiratoria de 17.60±2.96 rpm; la presión positiva al final de la expiración (PEEP) fue de 5.25±1.05 $cmH_2O$; la presión máxima fue de 34.91±17.72 $cmH_2O$; la presión meseta fue de 20.85±4.57 $cmH_2O$; la presión pico fue de 20.11±7.45 $cmH_2O$; el driving pressure (presión meseta - PEEP) fue de 15.32±4.93; el poder mecánico fue de 11.99±6.87, y la fracción inspirada de oxígeno ($FiO_2$) fue de 57.78±28.61%. Finalmente, la saturación de oxígeno ($SaO_2$) lograda fue del 95.08±9.86% [ Tabla 5].

| **Tabla 5. Valores de parámetros de ventilación programables y saturación de oxígeno alcanzada en los pacientes (n= 114).** | |
|---|---|
| **Parámetro** | Valores<br>media±DE |
| Volumen (L/min) | 0.41±0.06 |
| Volumen (L/min) x ventilador | 3.04±27.96 |
| Frecuencia respiratoria (rpm) | 17.60±2.96 |
| PEEP ($cmH_2O$) | 5.25±1.05 |
| Presión máxima ($cmH_2O$) | 34.91±17.72 |
| Presión meseta ($cmH_2O$) | 20.85±4.57 |
| Presión pico ($cmH_2O$) | 20.11±7.45 |
| Driving Pressure (P. meseta - PEEP | 15.32±4.93 |
| Poder mecánico | 11.99±6.87 |
| $FiO_2$ (%) | 57.78±28.61 |
| $SaO_2$ lograda (%) | 95.08±9.86 |

Fuente: expedientes clínicos

PEEP: presión positiva al final de la expiración. $FiO_2$: fracción inspirada de oxígeno. $SaO_2$: saturación de oxígeno.

**Tasa de cumplimiento de recomendaciones de estrategias de ventilación pulmonar protectora**

Finalmente, se obtuvo la tasa de cumplimiento para cada una de las recomendaciones de estrategias de ventilación pulmonar protectora. La tasa de cumplimiento del volumen protector fue de 75.4%, del PEEP fue de 71.9%, de la presión meseta fue del 32.5% y de la presión pico fue de 89.4%, como se observa en la Figura 1.

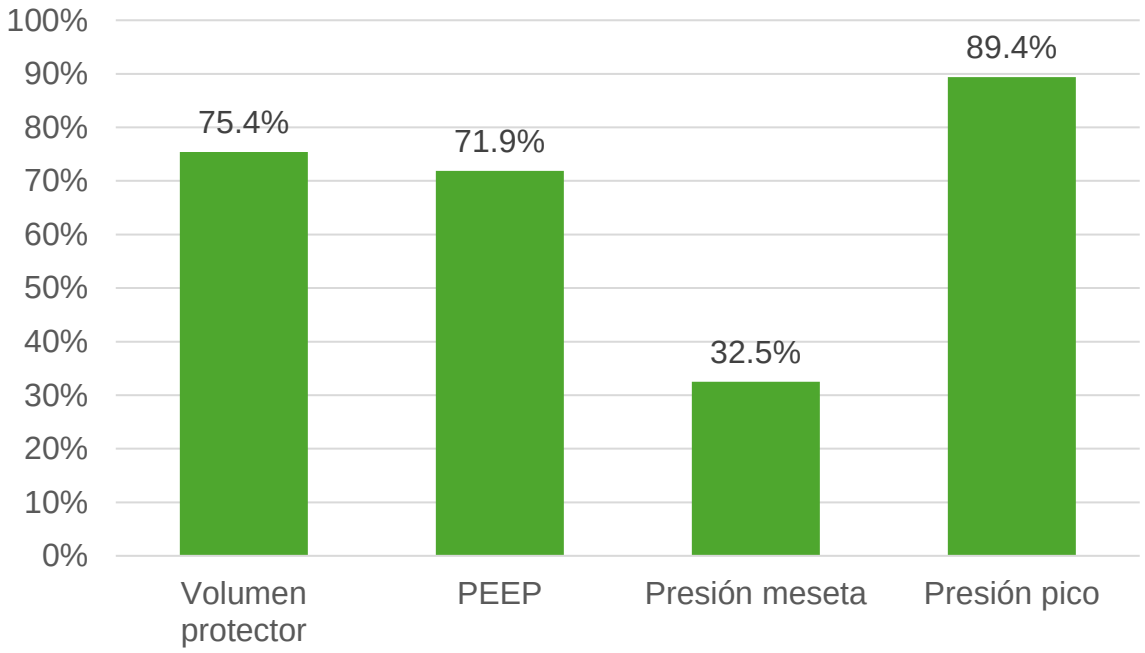



**Figura 1**. Tasa de cumplimiento de recomendaciones de estrategias de ventilación pulmonar protectora: volumen protector, PEEP, presión meseta y presión pico. PEEP: presión positiva al final de la expiración.

Por otro lado, la tasa de cumplimiento del driving pressure fue de 32.7%, del poder mecánico fue de 81.1% y del $FiO_2$ programado fue de 60.5%, como se observa en la Figura 2.

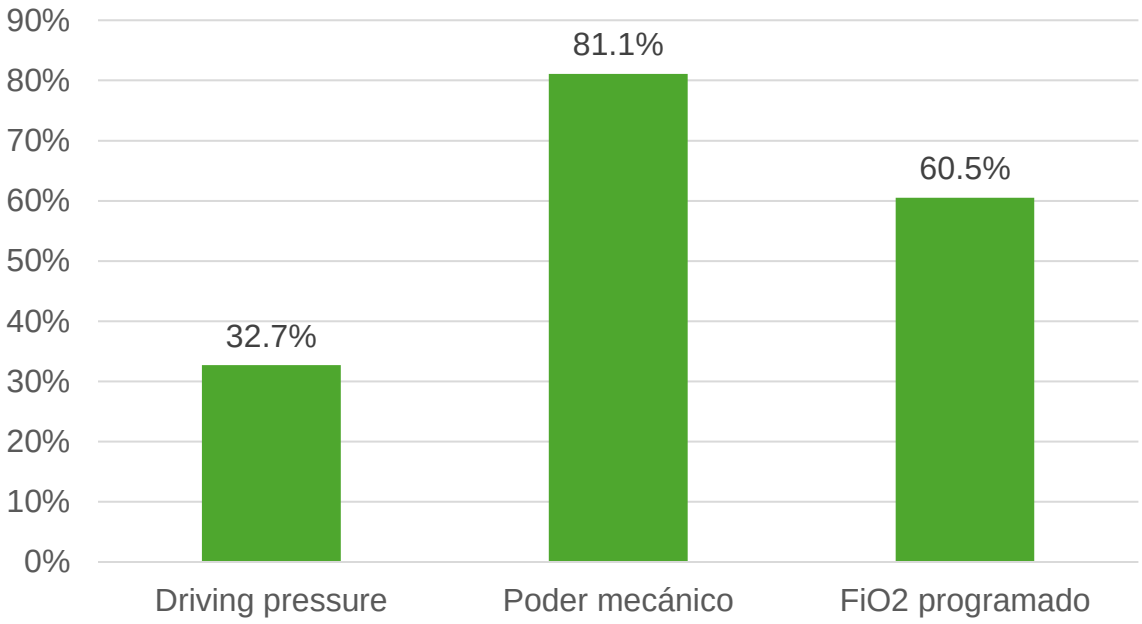



**Figura 2**. Tasa de cumplimiento de recomendaciones de estrategias de ventilación pulmonar protectora: driving pressure, poder mecánico y $FiO_2$ programado. $FiO_2$: fracción inspirada de oxígeno.

## IX. DISCUSIÓN

Las estrategias protectoras de ventilación pulmonar son fundamentales en el manejo de pacientes que requieren ventilación mecánica ya que su finalidad es minimizar el daño pulmonar inducido por el ventilador (52). En este estudio se evaluó el grado de cumplimiento de las estrategias de ventilación pulmonar protectora en el Servicio de Urgencias del Hospital General de Pachuca durante el año 2023. A continuación, se analizan los resultados obtenidos en este estudio.

Primero, la población estudiada (n=114) presentó una edad media de 47.9 años, con una predominancia del sexo masculino (dos terceras partes). Esta distribución demográfica es específica del Hospital General de Pachuca, otros estudios han reportado perfiles demográficos distintos en pacientes sometidos a ventilación mecánica en servicios de urgencias (53); sin embargo los Hospitales suelen tener características propias según su ubicación geográfica, los recursos disponibles y el tipo de población que atienden.

Ahora bien, en el presente estudio, el diagnóstico más frecuente fue el traumatismo craneoencefálico (TCE) moderado-severo (36.0%), seguido por el choque séptico (12.3%). Esta prevalencia de TCE es más alta que la reportada en algunos estudios internacionales en pacientes que requieren ventilación mecánica en urgencias, lo que podría reflejar particularidades locales o regionales en los patrones de lesiones entre la población usuaria del Hospital General Pachuca. A nivel mundial, el TCE es un importante problema de salud, con tasas de incidencia que varían entre 47,3 y 849 casos por cada 100,000 habitantes al año. En México, el TCE ocupa la cuarta causa de muerte, siendo los accidentes de tráfico responsables del 75 % de estos casos, afectando en mayor proporción a hombres (3:1) y predominando en la población de 15 a 45 años (54). En conclusión, el comportamiento observado en Pachuca, con una elevada incidencia de TCE en un grupo demográfico predominantemente masculino, se alinea en parte con la epidemiología nacional, pero también evidencia la influencia de factores locales tales como las características de la población atendida y posiblemente mayores índices de accidentes de tráfico u otras circunstancias regionales que podrían explicar la diferencia con respecto a otros contextos internacionales. Isenberg y cols. reportaron como las

principales causas de requerimiento de ventilación mecánica alteración del estado mental, sobredosis, paro cardiaco y status epiléptico (53).

En el presente trabajo, es notable que sólo una quinta parte de los pacientes presentaron problemas pulmonares primarios, lo que subraya la importancia de implementar estrategias de ventilación protectora incluso en pacientes sin patología pulmonar primaria, ya que la ventilación mecánica en sí misma puede inducir o exacerbar el daño pulmonar (55). Estas estrategias son esenciales para reducir la lesión pulmonar inducida por el ventilador (VILI), pues disminuyen las concentraciones de interleucinas IL-1, IL-6, IL-10 y el factor de necrosis tumoral (TNF)-α (30); lo que sugiere que la adherencia temprana a estas estrategias podría mejorar los resultados clínicos. (44). Además, considerando que los pacientes sometidos a ventilación mecánica presentan mayor mortalidad y estancias hospitalarias más prolongadas que aquellos no ventilados, la implementación de estrategias efectivas y factibles en el servicio de urgencias es prioritaria. Desarrollar e implementar un protocolo de ventilación mecánica en este ámbito ha demostrado ser viable y estar asociado con mejoras en la administración de ventilación segura y en los resultados clínicos. (45).

Segundo, la tasa de cumplimiento del volumen protector (75,4%) es alentadora y supera el 47,8% reportado en algunos estudios internacionales, como el de Fuller et al. (56); Sin embargo, aún existe margen de mejora. Es importante destacar que el uso de volúmenes corrientes bajos es una estrategia clave para prevenir el daño pulmonar inducido por el ventilador y ha demostrado reducir la mortalidad en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (57). Esta se evidencia se sustenta en el estudio Ventilación Protectora en Pacientes sin SDRA al inicio de la Ventilación (PReVENT), ensayo controlado aleatorizado que cuenta con suficiente poder estadístico para probar que una estrategia basada en volúmenes corrientes bajos beneficia a los pacientes sin SDRA, en comparación con el uso de volúmenes corrientes altos, al reducir la duración de la ventilación (32).

Tercero, el cumplimiento de las recomendaciones de PEEP en base al índice de masa corporal (71.9%) también fue bueno y es importante porque una PEEP adecuada

previene colapso alveolar (58). Se debe considerar que la selección del nivel óptimo de PEEP sigue siendo un desafío, pues no existe una respuesta única, lo que genera variabilidad en la práctica clínica. Este dilema no se limita a pacientes con SDRA, sino que también es relevante en pacientes quirúrgicos o con exacerbaciones de EPOC, donde la PEEP influye en la $FiO_2$ y la interacción paciente-ventilador. Actualmente, no hay consenso sobre la mejor estrategia para determinar la PEEP óptima, utilizándose enfoques como la evaluación de la mecánica pulmonar individual o el ajuste en función del cociente $PaO_2/FiO_2$. Para su correcta aplicación, es fundamental considerar la monitorización hemodinámica y pulmonar, idealmente apoyada por técnicas de imagen en la cama del paciente (16).

Cuarto, en el estudio, observamos un bajo cumplimiento de la recomendación de presión meseta (32.5%), ya que no se calculó de primera intención, lo cual es preocupante y contrasta con el alto cumplimiento de la presión pico (89.4%). Si bien la presión pico es un parámetro monitoreado con frecuencia, la presión meseta es un indicador más preciso del estrés alveolar y se ha asociado con mejores resultados cuando se mantiene por debajo de 30 $cmH_2O$ (59). El alto cumplimiento de la presión pico sugiere que el personal está atento a este parámetro, pero podría estar subestimando la importancia de la presión meseta. Diversos estudios, como ARMA y ALVEOLI de ARDSnet, han demostrado que una estrategia de ventilación protectora basada en niveles bajos de presión meseta, volúmenes corrientes de 4 a 8 mL/kg de peso predicho y PEEP elevados, es fundamental para la protección pulmonar. En particular, el estudio de ARDS Network comparó que el uso de volúmenes bajos con una meseta de presión meseta máxima de 30 $cmH_2O$ reducía la mortalidad intrahospitalaria y disminuye la duración de la ventilación mecánica, con beneficios en la sobrevida a seis meses (44). Con base en esta evidencia, en pacientes con SDRA, siempre que sea posible, los médicos deben procurar mantener la meseta de presión por debajo de 27 $cmH_2O$ para optimizar los resultados (51).

Quinto, la baja tasa de cumplimiento de la driving pressure (32.7%) representa un área de oportunidad, ya que este parámetro se ha identificado como un predictor independiente de mortalidad en pacientes con SDRA y su optimización es una estrategia prometedora para reducir el daño pulmonar inducido por el ventilador (60). En este

estudio, la driving pressure fue de (15.32 ± 4.93 $cmH_2O$), superando el umbral de 14 $cmH_2O$ asociado con mejores resultados clínicos (61). Como se demuestra en el estudio multicéntrico LUNG SAFE, realizado en 50 países de 5 continentes, demostró que una driving pressure superior a 13 $cmH_2O$, junto con una meseta de presión mayor a 24 $cmH_2O$, se asocia directamente con una mayor mortalidad. Este hallazgo se refuerza con el análisis de Guérin et al., que encontró una mayor supervivencia a 90 días en pacientes con driving pressure ≤ 13 $cmH_2O$, y con el estudio de Chiumello et al., en el que se observó que una driving pressure superior a 15 $cmH_2O$ se relaciona con un incremento del estrés alveolar y la sobredistensión pulmonar (39).

Para mejorar esta condición, se recomienda la implementación de protocolos de ventilación que incluyan ajustes precisos del volumen de corriente y de la PEEP, orientados a mantener la presión de conducción por debajo de los umbrales críticos, lo que permitiría minimizar el daño pulmonar inducido por el ventilador y, en consecuencia, mejorar la supervivencia en esta población.

Sexto, el alto cumplimiento del poder mecánico (81.1%) es un hallazgo positivo. El poder mecánico integra varios parámetros ventilatorios [distensibilidad pulmonar (Cst), presión positiva al final de la espiración (PEEP) y el volumen corriente inspirado (Vt)] y se ha propuesto como un indicador global del riesgo del daño pulmonar inducido por el ventilador (62,63). Carvalho y cols., previamente mostraron que la adherencia a las medidas protectoras de ventilación mecánica en cuanto al poder mecánico osciló entre 50% y 65.8%, una cifra inferior con respecto al presente estudio (64).

Séptimo, la tasa de cumplimiento de $FiO_2$ programada (60.5%) sugiere que hay margen de mejora en la titulación del oxígeno. La hiperoxia puede ser perjudicial, especialmente en pacientes con ciertas condiciones como el infarto agudo de miocardio o paro cardíaco (65). La $FiO_2$ media utilizada (57.78 ± 28.61%) es relativamente alta y podría indicar una tendencia a la sobreoxigenación. Esto se debería cuidar ya que, la sobre oxigenación también conduce a daño celular y daño pulmonar inducido por oxígeno (66).

Los resultados de este estudio tienen varias implicaciones importantes para la práctica clínica, como la necesidad de implementar medidas de educación continua enfocadas en mejorar el cumplimiento de medidas de protección pulmonar. También, la implementación de protocolos estandarizados de protección ventilatoria junto con un monitoreo continuo y feedback regular sobre el cumplimiento de las estrategias de ventilación protectora. No obstante, aunque las estrategias de ventilación protectora son generalmente benéficas, es importante recordar la necesidad de individualizar el tratamiento según las características y necesidades de cada paciente.

Considerando que el presente estudio tiene algunas limitaciones; su diseño transversal no permite evaluar cambios en las prácticas de ventilación a lo largo del tiempo o su impacto en los resultados clínicos; también un tamaño de muestra modesto y que nuestros resultados reflejan la realidad local, mas no en múltiples centros. Además, no es posible conocer si el impacto del cumplimiento de las medidas protectoras de ventilación pulmonar se refleja en los resultados clínicos y tampoco pueden identificarse el motivo que obstaculizan el cumplimiento porque el diseño del estudio no lo contempló, pero ello debería investigarse en futuros estudios diseñados con ese fin.

A pesar de las limitaciones del estudio, estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y esfuerzos de mejora de la calidad del manejo ventilatorio en el servicio de urgencias. Se necesitan estudios adicionales para evaluar el impacto del cumplimiento de estas estrategias en los resultados clínicos y para desarrollar intervenciones efectivas que mejoren la adherencia a las prácticas de ventilación protectora.

## X. CONCLUSIÓN

En este trabajo se muestra que las mayores tasas de cumplimiento de estrategias de ventilación pulmonar protectora fueron para presión pico, poder mecánico, volumen protector y PEEP, y las de menor cumplimiento fueron para presión meseta y driving pressure. Por tanto, se recomienda implementar medidas para mejorar la presión meseta y driving pressure como primer objetivo con la finalidad de lograr los mejores resultados para el paciente y prevenir complicaciones relacionadas como volutrauma, barotrauma, ateletrauma.

Es recomendable monitorizar las tasas de cumplimiento de estrategias de ventilación pulmonar protectora y promover su empleo en la práctica clínica, ya que su empleo garantiza los mejores resultados para los pacientes y reduce complicaciones como mortalidad, sobredistensión pulmonar, inflamación sistémica y compromiso hemodinámico.

### Perspectivas

I. Evaluar el impacto del cumplimiento de las estrategias de ventilación protectora

II. en los resultados clínicos de los pacientes.
III. Investigar las barreras y facilitadores para la implementación de estrategias en el servicio de urgencias.
IV. Desarrollar y evaluar intervenciones educativas y sistemas de apoyo a la decisión clínica para mejorar el cumplimiento.
V. Realizar estudios multicéntricos para comparar prácticas entre diferentes instituciones y regiones.
VI. Explorar la aplicabilidad y efectividad de nuevas estrategias de ventilación protectora, como la ventilación con liberación de presión de la vía aérea en el contexto de urgencias.

## XI. BIBLIOGRAFÍA


1. Marley RA, Simon K. Lung-Protective Ventilation. Annu Rev Nurs Res. 2017;35(1):37-53.

2. Hill B. Principles of mechanical ventilation for non-critical care nurses. Br J Nurs. 2020;29(8):470-5.

3. Mehta A, Bhagat R. Preventing Ventilator-Associated Infections. Clin Chest Med. 2018;37(4):683-92.

4. Marley RA, Simon K. Lung-Protective Ventilation. Annu Rev Nurs Res. enero de 2017;35(1):37-53.

5. Sun F, Wang Y, Ma S, Zhu H, Yu X, Xu J, et al. Clinical consensus of emergency airway management. J Thorac Dis. noviembre de 2017;9(11):4599-606.
6. Pérez M, Mancebo J. Monitorización de la mecánica ventilatoria. Med Intensiva. 2006;30(9):440-8.

7. Saeed MA, Almoosawi BM, Awainati MA, Barni MA, Abbas F. Characteristics and outcomes of mechanically ventilated elderly patients in the absence of an end-of-life care policy: a retrospective study from Bahrain. Ann Saudi Med. 2021;41(4):222-31.

8. Chatburn RL. Chapter 2. Classification of Mechanical Ventilators and Modes of Ventilation. En: Tobin MJ, editor. Principles and Practice of Mechanical Ventilation [Internet]. 3.ª ed. New York, NY: The McGraw-Hill Companies; 2013 [citado 27 de enero de 2023]. Disponible en: accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?aid=57060941.

9. Gomez LAR, Benito Vales S. FUNDAMENTOS DE LA VENTILACIÓN [Internet]. 1.ª ed. Barcelona (España): Marge Médica Books; 2012. 386 p. Disponible en: www.marge.es.

10. Carrillo-Esper R, Monteros- Estrada IE, Montero Arias MD, Rosales Gutiérrez AO. Ventilación de protección en el transoperatorio. Rev Mex Anestesiol. 2015;38(2):91-7.

11. Rocco PRM, Marini JJ. What have we learned from animal models of ventilator-induced lung injury? Intensive Care Med. diciembre de 2020;46(12):2377-80.

12. Rodriguez VE, Torres L, Cali MP, Villafuerte E, Quingatuña D, Ballesteros EP, et al. Explorando la fisiopatología de la lesión pulmonar inducida por ventilación mecánica. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapeutica [Internet]. 2020;39(1):5-8.

13. Beitler JR, Malhotra A, Thompson BT. Ventilator-induced Lung Injury. Clin Chest Med. diciembre de 2016;37(4):633-46.

14. Collino F, Rapetti F, Vasques F, Maiolo G, Tonetti T, Romitti F, et al. Positive End-expiratory Pressure and Mechanical Power. Anesthesiology. 2019;130(1):119-30.

15. Brower RG, Matthay MA, Morris A, Schoenfeld D, Thompson BT, Wheeler A. Ventilation with Lower Tidal Volumes as Compared with Traditional Tidal Volumes for Acute Lung Injury and the Acute Respiratory Distress Syndrome. N Engl J Med. 2000;342(18):1301-8.

16. Gordo F, Conejo I. What PEEP level should I use in my patient? Med Intensiva. 2017;41(5):267-9.

17. Cruz FF, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Ventilator-induced lung injury during controlled ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome: less is probably better. Expert Rev Respir Med. 4 de mayo de 2018;12(5):403-14.

18. Vázquez H. Patologías asociadas a la vía aérea difícil. Anest En México. 2017;29(1):9-29.

19. Vázquez Lesso A. La vía aérea es difícil en el servicio de urgencias. 1.ª ed. México DF: Alfil; 2015. 256 p.

20. Wright BJ. Lung-protective ventilation strategies and adjunctive treatments for the emergency medicine patient with acute respiratory failure. Emerg Med Clin North Am. 2014;32(4):871-87.

21. Ruiz AH, Fernández RID, Mustelier GRA, Ramos MC, Collazo CMG. Mortalidad en pacientes con ventilación mecánica ingresados en una Unidad de Cuidados Intensivos. Rev Habanera Cienc Médicas. 2018;17(6):885-95.

22. Hernández GD, Cerón R, Escobar D, Graciano L, Gorordo LA, Merinos G, et al. Retiro de la ventilación mecánica. Med Crit. 2017;31(4):238-45.

23. Becker A, Segal G, Berlín Y, Hershko D. The emergency department length of stay: Is the time running out? Chin J Traumatol. 2019;22(3):125-8.

24. Rose L, Gray S, Burns K, Atzema C, Kiss A, Worster A, et al. Emergency department length of stay for patients requiring mechanical ventilation: a prospective observational study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2012;20(1):30.

25. Ahmed AA, Ibro SA, Melkamu G, Seid SS, Tesfaye T. Length of Stay in the Emergency Department and Its Associated Factors at Jimma Medical Center, Southwest Ethiopia. Open Access Emerg Med OAEM. 2020;12:227-35.

26. Zapata PAB, Candelaria YP, Romero OJ, Cardero AR, Legró KMG. Caracterización clínica de pacientes con ventilación mecánica no invasiva en terapia intermedia. Panor Cuba Salud. 2015;10(1):24-30.

27. Easter BD, Fischer C, Fisher J. The use of mechanical ventilation in the ED. Am J Emerg Med. 2012;30(7):1183-8.

28. Kojicic M, Li G, Hanson AC, Lee KM, Thakur L, Vedre J, et al. Risk factors for the development of acute lung injury in patients with infectious pneumonia. Crit Care. 2012;16(2):46.

29. Guo L, Wang W, Zhao N, Guo L, Chi C, Hou W, et al. Mechanical ventilation strategies for intensive care unit patients without acute lung injury or acute respiratory distress syndrome: a systematic review and network meta-analysis. Crit Care. 2016;20(1):226.

30. Díaz-Carrillo MA. Biología molecular de la ventilación mecánica. Rev Mex Anestesiol. 2015;38(1):220-2.

31. Sánchez KR, Zárate DG, Díaz UWC. Asociación y valor predictivo del poder mecánico con los días libres de ventilación mecánica. Med Crit. 2017;31(6):320-6.

32. Simonis FD, Binnekade JM, Braber A, Gelissen HP, Heidt J, Horn J, et al. PReVENT--protective ventilation in patients without ARDS at start of ventilation: study protocol for a randomized controlled trial. Trials. 2015;16(1):226.

33. Matthay MA, Zemans RL, Zimmerman GA, Arabi YM, Beitler JR, Mercat A, et al. Acute respiratory distress syndrome. Nat Rev Dis Primer. 2019;5(1):18.

34. Chan MC, Tseng JS, Chiu JT, Hsu KH, Shih SJ, Yi CY, et al. Prognostic Value of Plateau Pressure Below 30 cm H2O in Septic Subjects With Acute Respiratory Failure. Respir Care. 2015;60(1):12-20.

35. Fernando SM, Fan E, Rochwerg B, Burns KEA, Brochard LJ, Cook DJ, et al. Lung-Protective Ventilation and Associated Outcomes and Costs Among Patients Receiving Invasive Mechanical Ventilation in the ED. Chest. 2021;159(2):606-18.

36. Pintado MC, de Pablo R, Trascasa M, Milicua JM, Sánchez-García M. Compliance-guided versus FiO 2 -driven positive-end expiratory pressure in patients with moderate or severe acute respiratory distress syndrome according to the Berlin definition. Med Intensiva. junio de 2017;41(5):277-84.

37. Pérez OR, Zamarrón EI, Guerrero MA, Deloya E, Soriano R, Sánchez + JS, et al. PEEP: dos lados de la misma moneda. Med Crítica. 2021;35(1):34-46.

38. Protti A, Andreis DT, Monti M, Santini A, Sparacino CC, Langer T, et al. Lung Stress and Strain During Mechanical Ventilation: Any Difference Between Statics and Dynamics?. Crit Care Med. 2013;41(4):1046-55.

39. Pérez-Nieto OR, Deloya-Tomás E, Lomelí-Terán JM, Pozos-Cortés KP, Monares-Zepeda E, Poblano-Morales MN. Presión de distensión (driving pressure): Principal objetivo para la protección alveolar. Neumol Cir Torax. 2018;77(3).

40. Goligher EC, Dres M, Patel BK, Sahetya SK, Beitler JR, Telias I, et al. Lung- and Diaphragm-Protective Ventilation. Am J Respir Crit Care Med. 2020;202(7):950-61.

41. Tonetti T, Vasques F, Rapetti F, Maiolo G, Collino F, Romitti F, et al. Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention. Ann Transl Med. 2017;5(14):286.

42. Silva PL, Ball L, Rocco PRM, Pelosi P. Power to mechanical power to minimize ventilator-induced lung injury? Intensive Care Med Exp. 2019;7(1):38.

43. Lentz S, Roginski MA, Montrief T, Ramzy M, Gottlieb M, Long B. Initial emergency department mechanical ventilation strategies for COVID-19 hypoxemic respiratory failure and ARDS. Am J Emerg Med. 2020;38(10):2194-202.

44. Seiberlich E, Santana JA, Chaves R de A, Seiberlich RC. Ventilación Mecánica Protectora, ¿Por Qué Utilizarla? Rev Bras Anestesiol. 2011;61(5):361-5.

45. Alfaro CR, Rodríguez OP. Mortalidad de los pacientes sometidos a ventilación mecánica no invasiva. Acta Médica Costarric]. 2020 ;61(2). Young CC, Harris EM, Vacchiano C, Bodnar S, Bukowy B, Elliott RRD, et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations. Br J Anaesth. 2019;123(6):898-913.

46. Tremblay LN, Miatto D, Hamid Q, Govindarajan A, Slutsky AS. Injurious ventilation induces widespread pulmonary epithelial expression of tumor necrosis factor-α and interleukin-6 messenger RNA*:Crit Care Med. 2002;30(8):1693-700.

47. Fuller BM, Ferguson IT, Mohr NM, Drewry AM, Palmer C, Wessman BT, et al. Lung-Protective Ventilation Initiated in the Emergency Department (LOV-ED): A Quasi-Experimental, Before-After Trial. Ann Emerg Med. 2017;70(3):406-418.e4.

48. Sahetya SK. Searching for the optimal positive end-expiratory pressure for lung protective ventilation: Curr Opin Crit Care. 2020;26(1):53-8.

49. Takeuchi M, Goddon S, Dolhnikoff M, Shimaoka M, Hess D, Amato MBP, et al. Set Positive End-expiratory Pressure during Protective Ventilation Affects Lung Injury. Anesthesiology. 2002;97(3):682-92.

50. Pelosi P, Ball L, Barbas CSV, Bellomo R, Burns KEA, Einav S, et al. Personalized mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome. Crit Care. 2021;25(1):250.

51. Brower RG, Rubenfeld GD. Lung-protective ventilation strategies in acute lung injury. *Crit Care Med*. 2003;31(4 Suppl):S312-S316.

52. Isenberg DL, Bloom B, Gentile N, et al. Males Receive Low-Tidal Volume Component of Lung Protective Ventilation More Frequently than Females in the Emergency Department. *West J Emerg Med*. 2020;21(3):684-687.

53. Sosa MA. Traumatismo craneoencefalico, abordaje en el servicio de urgencias. Rev Med Clin. 2019;3(1):35-48.

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

55. Fuller BM, Ferguson IT, Mohr NM, et al. Lung-Protective Ventilation Initiated in the Emergency Department (LOV-ED): A Quasi-Experimental, Before-After Trial. *Ann Emerg Med*. 2017;70(3):406-418.e4.

56. Brower RG, Matthay MA, et al. Acute Respiratory Distress Syndrome Network, Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2000;342(18):1301-1308. doi:10.1056/NEJM200005043421801.

57. Yi H, Li X, Mao Z, et al. Higher PEEP versus lower PEEP strategies for patients in ICU without acute respiratory distress syndrome: A systematic review and meta-analysis. *J Crit Care*. 2022;67:72-78. doi:10.1016/j.jcrc.2021.09.026.

58. Williams EC, Motta-Ribeiro GC, Vidal Melo MF. Driving Pressure and Transpulmonary Pressure: How Do We Guide Safe Mechanical Ventilation?. *Anesthesiology*. 2019;131(1):155-163.

59. Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries [published correction appears in JAMA. 2016 Jul 19;316(3):350. doi: 10.1001/jama.2016.6956] [published correction appears in JAMA. 2016 Jul 19;316(3):350.

60. Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med*. 2016;4(4):272-280. doi:10.1016/S2213-2600(16)00057-6.

61. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2015;372(8):747-755. doi:10.1056/NEJMsa1410639.

62. Paudel R, Trinkle CA, Waters CM, et al. Mechanical Power: A New Concept in Mechanical Ventilation. *Am J Med Sci*. 2021;362(6):537-545.

63. Carvalho EV, Pinto SPS, Gomes EP, et al. Adherence to protective mechanical ventilation in COVID-19 versus non-COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome: Comparison between two prospective cohorts. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2023;47(8):445-453. doi:10.1016/j.medine.2023.01.004.

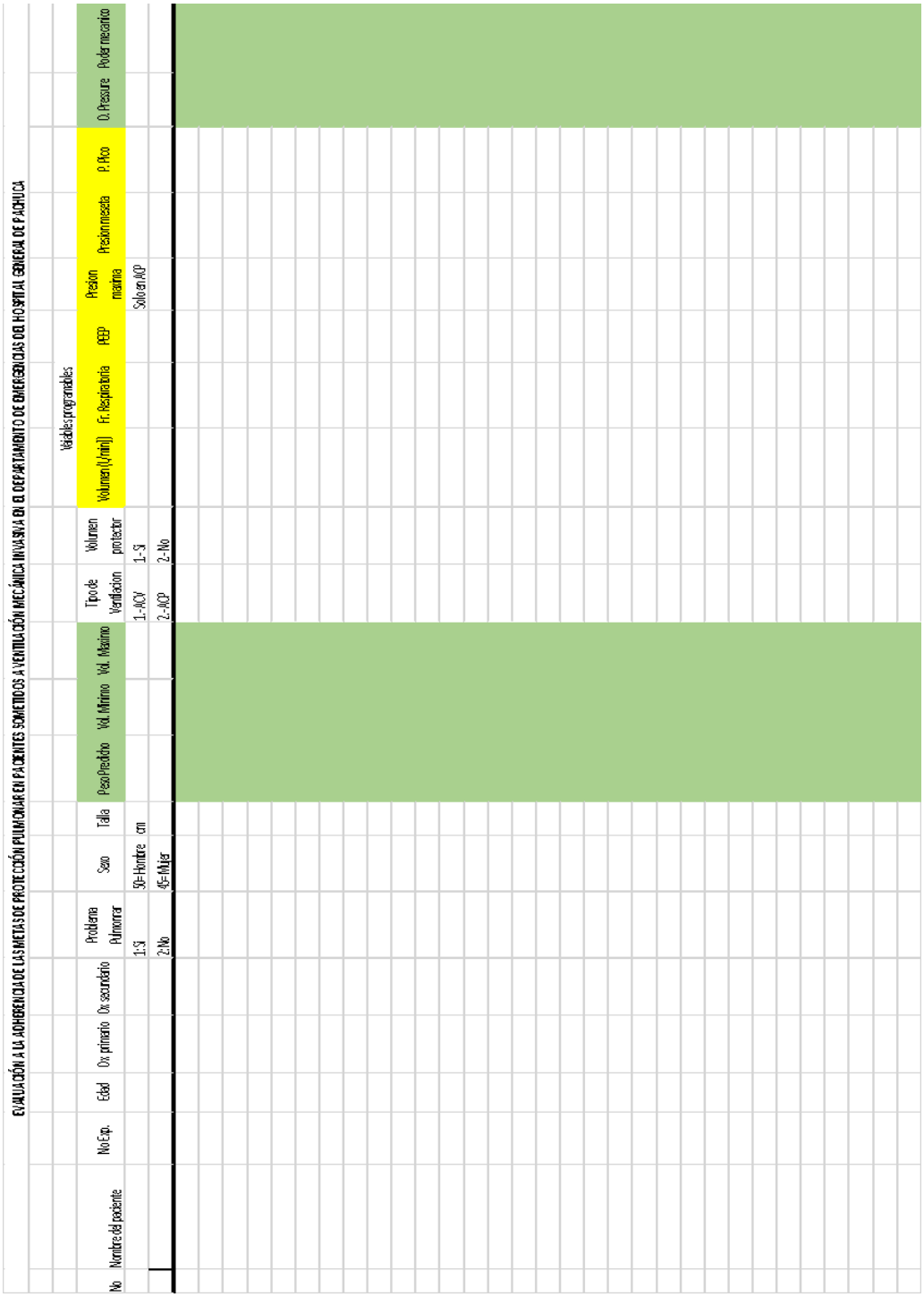
64. Chu DK, Kim LH, Young PJ, et al. Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2018;391(10131):1693-1705. doi:10.1016/S0140-6736(18)30479-3.

65. Cumpstey AF, Oldman AH, Martin DS, Smith A, Grocott MPW. Oxygen Targets During Mechanical Ventilation in the ICU: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Explor*. 2022;4(4):e0652.

# XII. ANEXOS

## HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

## EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN PULMONAR PROTECTORA EN EL SERVICIO DE URGENCIAS DEL HOSPITAL GENERAL DE PACHUCA




REALIZA: DR. ERICK LOPEZ VALENZUELA

**A.- CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS HUMANOS**

**Pachuca Hidalgo, a 01 de mayo del 2024.**

Hago constar que en pleno conocimiento de la naturaleza de los procedimientos que la investigación: EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN PULMONAR PROTECTORA EN EL SERVICIO DE URGENCIAS DEL HOSPITAL GENERAL DE PACHUCA, con duración de 12 meses (enero a diciembre del 2023), con un número aproximado de 111 participantes; he aceptado voluntariamente formar parte de ella, pudiendo en cualquier momento dejarla sin necesidad de expresar las razones, sin que ello genere ningún prejuicio o coacción o la pérdida de los beneficios a los que se tengo derecho.

Los motivos por los cuales el investigador puede dar por terminado el estudio son: el término de los plazos establecidos, incumplimiento de los puntos acordados en este consentimiento o si el hospital así lo determinara conveniente.

Se me ha informado que parte de mi libertad de elección es la garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda acerca de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y que cuento con el permiso para acceder de forma directa a los registros de la investigación.

Tengo conocimiento de que el objetivo de la investigación es evaluar el grado de cumplimiento de las estrategias de ventilación pulmonar protectora en el servicio de urgencias del Hospital General de Pachuca, en el periodo de enero a diciembre de 2023; donde se realizará una revisión del expediente clínico. La investigación no conlleva

ningún tipo de tratamiento, ni actos experimentales y mi participación se reduce a la autorización para revisión de mi expediente clínico.

Por medio de este consentimiento queda asegurada mi identidad y la confidencialidad de mi información, aún si los resultados se publicarán. Los datos de identificación que se mantendrán en forma confidencial responden a nombre, edad, sexo.

Funge como investigador principal Dr. Erick Lopez Valenzuela, quedando a disposición en el número 9931383383, el cual se compromete a llevar el estudio apegado a la ética y normatividad, sin ejecutar acciones que comprometan el bienestar de los participantes.

Funge como presidente del Comité de Ética en Investigación la Dra. Maricela Soto Ríos disponible en el Hospital General de Pachuca, al teléfono 7717134649.

X_____

Firma DeL paciente

X_____

Firma DeL Testigo