

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**ESCUELA DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD**



**“EVALUACIÓN RETROSPECTIVA DE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACIÓN OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA NO INVASIVA CON EL MODO VENTILATORIO PSV/CPAP, ENTRE LOS PACIENTES DE AMBOS GENEROS ENTRE LAS EDADES DE 18 A 70 AÑOS CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 QUE FUERON INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL NACIONAL EL SALVADOR DURANTE EL PERIODO DE AGOSTO A OCTUBRE DEL AÑO 2021; INVESTIGACION REALIZADA DURANTE LOS MESES DE MAYO - JUNIO DEL AÑO 2022.”**

**PRESENTADO POR:**

BR. SAUL ORLANDO NOLASCO AQUINO	CARNET NA11002
BR. CARLOS ALEJANDRO POLANCO CALDERON	CARNET PC11053
BR. ALEXANDRA LISBETH RIVAS MARTINEZ	CARNET RM16133

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

LICENCIADO EN ANESTESIOLOGIA E INHALOTERAPIA

**ASESORA:**

DRA. CELIA MARLENE OFFMAN DE RODRIGUEZ.

**Ciudad Universitaria “Dr. Fabio Castillo Figueroa”, El Salvador, julio de 2022.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

Msc. Roger Armando Arias Alvarado

**VICE-RECTOR ACADEMICO**

PhD. Raúl Ernesto Azcúnaga López

**VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO**

Ing. Juan Rosa Quintanilla

**SECRETARIO GENERAL**

Msc. Francisco Antonio Alarcón

**FISCAL GENERAL**

Lic. Rafael Humberto Peña Marín

**DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS**

Lic. Luis Antonio Mejía Lipe

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DECANA**

Msc. Josefina Sibrián de Rodríguez

**VICE-DECANO**

Dr. Saúl Díaz Peña

**SECRETARIA**

Msc. Aura Marina Miranda

**DIRECTOR DE ESCUELA DE LA CIENCIAS DE LA SALUD**

Msc. José Eduardo Zepeda Avelino

**DIRECTORA DE LA CARRERA DE ANESTESIOLOGIA E INHALOTERAPIA**

Dra. Celia Marlene Offman de Rodríguez

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios nuestro Señor, por habernos brindado fortaleza en aquellos momentos de angustias y debilidad, siendo la fuerza necesaria para que pudiéramos superar todos los obstáculos y la adversidad que se nos presentó a lo largo de nuestro trabajo de graduación. Asimismo, celebramos el milagro de la vida y la oportunidad de llegar a donde estamos ahora y poder culminar esta etapa académica en nuestras vidas.

Hacemos un reconocimiento especial a nuestros padres por habernos apoyado en todo momento, y pese a nuestros tropiezos o dificultades, nunca dejaron de creer en nosotros; por inculcarnos valores cívicos y morales, así mismo regalarnos la oportunidad de tener una excelente educación, sobre todo, por el ejemplo de vida a seguir y enseñarnos a nunca rendirnos y seguir siempre hacia adelante.

También, nos encontramos en gratitud con la Universidad de El Salvador, ya que dentro de ella se encuentran los integrantes de dicho proceso, nuestros docentes académicos que nos desafiaron para poder formar a futuros profesionales competentes, a nuestros docentes hospitalarios que nos enseñaron el trato directo con el paciente, la forma de actuar en un centro hospitalario y la formación integral del profesional de la salud para poder enriquecer el trato profesional médico-paciente y así dar una mejora a la sociedad salvadoreña.

Agradecemos de igual manera, al Hospital Nacional El Salvador, por habernos permitido llevar a cabo nuestro trabajo de investigación para optar al cargo de Licenciados en Anestesiología e Inhaloterapia; especialmente al departamento de Anestesiología e Inhaloterapia y a los licenciados encargados de las diferentes áreas/sectores/pabellones, especialmente a la licenciada Paola Cristina Flores de Márquez y al licenciado Mauricio Salvador Márquez Magaña que nos brindaron su apoyo y ayuda en todo momento.

Por otra parte, nos encontramos en deuda con la Doctora Celia Marlene Offman de Rodríguez quien además de ser nuestra directora de la carrera de Licenciatura en Anestesiología e Inhaloterapia, también ha sido nuestra consultora principal desde el principio hasta la culminación de dicho trabajo, que siempre nos motivó a seguir adelante.

A cada uno de ellos, nuestros más sinceros agradecimientos.

## INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación pretende ofrecer una alternativa de monitoreo a través del uso de la escala HACOR, en el tratamiento de los pacientes diagnosticados con SARS-CoV-2 ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital Nacional El Salvador.

Se trata de una escala utilizada en los pacientes con Insuficiencia Respiratoria Hipoxémica; esta escala fue creada en la unidad de cuidados intensivos del hospital universitario médico de Chongqing (The First affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, China), llamada HACOR, -por sus siglas en inglés (Heart rate, Acidosis, Consciousness, Oxygenation, Respiratory rate), para predecir fracaso de la ventilación mecánica no invasiva (VMNI), definida como la necesidad de manejo avanzado de la vía aérea del paciente tras el manejo con VMNI, en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica.

Esta escala toma en consideración la frecuencia cardíaca, la acidosis, el nivel de conciencia, el nivel de oxigenación, y la frecuencia respiratoria, variables que se obtienen fácilmente mediante simples mediciones a pie de cama; por lo tanto, la escala HACOR es un herramienta rápida y conveniente para evaluar y predecir el fracaso de la Ventilación Mecánica No Invasiva (VMNI) evitando así prolongar innecesariamente su uso en los pacientes, en que ésta, ya no es suficiente para tratar el nivel de Distress Respiratorio que presentan.

En el capítulo I: Se plantea el problema de investigación y como afecta a la población, la respuesta por parte del sistema de Salud y las estrategias que fueron utilizadas, para lograr una mayor efectividad en el tratamiento hacia los pacientes diagnosticados positivo de SARS-CoV-2. Además, se menciona de forma sucinta el propósito del trabajo, justificando de manera argumental el objetivo precisado para realizar el estudio, las ventajas y desventajas que conllevan y la búsqueda del uso de la escala como alternativa para beneficiar a los pacientes.

En el capítulo II: Se argumenta en forma teórica la problemática del SARS-CoV-2 padecida durante los meses de agosto a octubre del año 2021, los beneficios del uso de la Escala HACOR y su relación con el uso de la ventilación mecánica no invasiva en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica.

En el capítulo III: Se definirá claramente la manera como se observará y medirá cada característica del estudio, las cuales se conceptualizarán y permitirá identificar los indicadores que servirán para la formulación del instrumento de evaluación y recolección de datos.

En el capítulo IV: se aborda el diseño metodológico que describe todas las estrategias que se desarrollaron para lograr el desarrollo sistemático de la investigación, donde se encuentra el tipo de investigación, el área y el tiempo en el cual se pretende llevar a cabo el estudio, la población y muestra estudiada, así como el método, técnica y el instrumento que se utilizará para la obtención de la información con la que se dará respuesta a la interrogante planteada en el estudio. Además de lo anterior se explica cómo se procesarán y presentarán los datos obtenidos y el tipo de análisis que se aplicará a las mismas.

En el capítulo V y VI: se presenta de forma esquemática y por medio de tablas y gráficos; la tabulación final recolectada de la información del instrumento, un análisis a cada interrogante del instrumento de evaluación y las conclusiones y recomendaciones que se obtendrán al finalizar la investigación.

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>V</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>1.3 JUSTIFICACION .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>- 8 -</b>
<b>2.0 MARCO TEORICO.....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>2.1 Historia del SARS-CoV-2 durante el 2021.....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>2.1.1 Epidemiologia del SARS-CoV-2.....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>2.1.2 Variable DELTA .....</b>	<b>- 10 -</b>
<b>2.1.3 Historia del Hospital Nacional El Salvador. ....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>2.2 Escala HACOR.....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>2.2.1 Variables que monitoriza la escala HACOR.....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>2.2.2 Frecuencia cardíaca (heart rate) .....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>2.2.3 Acidosis .....</b>	<b>- 15 -</b>

2.2.4 Consciousness (Escala de Coma de Glasgow) .....	- 16 -
2.2.5 Oxygenation (Oxigenación) .....	- 17 -
2.2.6 Respiratory rate (Frecuencia respiratoria) .....	- 18 -
<b>2.3 Clasificación de la Insuficiencia Respiratoria.....</b>	<b>- 19 -</b>
2.3.1 Fisiología del Intercambio de Gases. ....	- 20 -
2.3.2 Manejo de la Insuficiencia Respiratoria Aguda.....	- 23 -
<b>2.4 Ventilación mecánica (VM).....</b>	<b>- 25 -</b>
2.4.1 Ventilación Mecánica No Invasiva. ....	- 25 -
2.4.2 Dispositivos de Humidificación .....	- 26 -
2.4.3 Presión Positiva Continua en la Vía Aérea (CPAP).....	- 27 -
2.4.4 Ventilación Mecánica No Invasiva con Presión Soporte.....	- 29 -
2.4.5 Ventiladores en la Insuficiencia Respiratoria Aguda. ....	- 31 -
2.4.5.1 Clasificación de los ventiladores utilizados en VMNI.....	- 31 -
2.4.5.2 Ventilador Leistung LUFT 3 AP. ....	- 33 -
2.4.5.3 Trigger inspiratorio y ciclado espiratorio. ....	- 36 -
2.4.6 Interfaz ventilador-paciente en VMNI.....	- 39 -
2.4.7 Mascarillas de Interfaz de VMNI.....	- 40 -
2.4.8 Ventajas de la Ventilación Mecánica No Invasiva. ....	- 44 -
2.4.9 Complicaciones de la Ventilación Mecánica No Invasiva. ....	- 45 -
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>- 53 -</b>

<b>3.0 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>54</b>
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>56</b>
<b>4.0 DISEÑO METODOLOGICO.....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 TIPO DE ESTUDIO.....</b>	<b>57</b>
<b>4.2 POBLACION .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3 MUESTRA .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.1 MUESTREO .....</b>	<b>58</b>
<b>4.4 CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.1 CRITERIOS DE INCLUSION .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.2 CRITERIOS DE EXCLUSION .....</b>	<b>59</b>
<b>4.5 METODO, TECNICA E INSTRUMENTO PARA RECOLECCION DE DATOS.....</b>	<b>60</b>
<b>4.5.1 METODO .....</b>	<b>60</b>
<b>4.5.2 TECNICA .....</b>	<b>60</b>
<b>4.5.3 INSTRUMENTO.....</b>	<b>60</b>
<b>4.6 PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>61</b>
<b>4.7 PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTOS DE DATOS Y ANALISIS DE DATOS .....</b>	<b>62</b>
<b>4.7.1 PLAN DE RECOLECCION .....</b>	<b>62</b>
<b>4.7.2 PROCESAMIENTO DE DATOS .....</b>	<b>62</b>
<b>4.7.3 ANALISIS DE DATOS .....</b>	<b>62</b>
<b>4.8 CONSIDERACIONES ETICAS.....</b>	<b>63</b>

<b>CAPITULO V</b> .....	64
<b>5.0 RESULTADOS DE LA INVESTIGACION</b> .....	65
<b>5.1 RESULTADOS POR PARAMETROS</b> .....	65
<b>CAPITULO VI</b> .....	98
<b>6.0 CONCLUSIONES</b> .....	99
<b>6.1 RECOMENDACIONES</b> .....	100
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	105
<b>ANEXOS</b> .....	108
<b>Anexo 1. Instrumento de recolección de datos.</b> .....	109
<b>Anexo 2. Escala HACOR</b> .....	112
<b>Anexo 3. Escala de GLASGOW</b> .....	113
<b>Anexo 4. Clasificación de Variantes de SARS-CoV-2</b> .....	114
<b>Anexo 5. Dispositivos disponibles para VMNI.</b> .....	115
<b>Anexo 6. Características funcionales del ventilador LUFT 3AP.</b> .....	116

# CAPITULO

## I

## 1.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tratamiento brindado por parte de los profesionales de la salud, se enfocaba en un diagrama de flujo generalizado para todos los pacientes, brindado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en los cuales se iniciaba el tratamiento con Oxigenoterapia de Bajo Flujo (OBF), Oxigenoterapia de Alto Flujo (OAF), hasta la utilización de Ventilación Mecánica No Invasiva con el modo ventilatorio de Presión Continua en la Vía Aérea con Presión Soporte (PSV/CPAP) y finalizando con el uso de la Ventilación Mecánica Invasiva (VMI).

La oxigenoterapia es la administración de oxígeno por vía inhalatoria que ingresa al torrente sanguíneo por difusión a través de la membrana alveolocapilar. Los sistemas de administración de oxígeno se dividen en dos tipos: sistema de bajo flujo y de alto flujo.

El sistema de bajo flujo incluía los dispositivos: cánula binasal (bigotera), máscara simple y máscara de reservorio. Dichos dispositivos proporcionan una  $FiO_2$  que va desde 24% a 100% pero ésta depende del reservorio de oxígeno disponible, el flujo de oxígeno, los cambios del volumen corriente, frecuencia respiratoria, volumen minuto y patrón respiratorio del paciente. La máscara con el sistema Ventury es considerada como sistema de alto flujo y proporciona una  $FiO_2$  estable pero no podía satisfacer la demanda inspiratoria del paciente.

El sistema de alto flujo, incluye la cánula nasal de alto flujo, que administra flujos de gases de 1-80L/min. Al estar el gas completamente acondicionado (temperatura y humedad ideales) era tolerado por el paciente y diferentes países a lo largo del planeta entre ellos Chile, Argentina, Colombia y España empezaron a reportar los beneficios que traía a los pacientes SARS-CoV-2 positivos entre ellos: Presión positiva en la vía aérea (CPAP) de 5-7 cmH<sub>2</sub>O siempre y cuando el paciente mantenga la boca cerrada y de 2-3 cmH<sub>2</sub>O con la boca abierta, disminución del trabajo respiratorio, disminución del espacio muerto anatómico y poder satisfacer el pico de demanda inspiratoria que en condiciones normales es de 30-40 L/min.

El uso de la presión continua en la vía aérea (CPAP) y oxigenoterapia de alto flujo, se convirtieron en el tratamiento estándar que presentaba mejores resultados, convirtiéndose en una necesidad para la mayoría de pacientes diagnosticados positivos de SARS-CoV-2. Sin embargo, en los casos en que la oxigenoterapia de alto flujo no era suficiente para suplir la

necesidad de oxígeno de los pacientes, se decidía el uso de la ventilación mecánica no invasiva, definida como una alternativa de soporte ventilatorio suministrando el paso de gas del ventilador mecánico al paciente sin instrumentación invasiva de la vía aérea, generalmente una mascarilla oronasal (Cummings & Polin, 2016).

Así mismo, los esfuerzos por sobreguardar la integridad de los pacientes y su salud fueron cada vez más difíciles de alcanzar para los profesionales de la salud; motivo por el cual, se pusieron en práctica sistemas que garantizaban una buena ventilación y un aumento en la saturación parcial de oxígeno ( $S_{pO_2}$ ) en los pacientes, modos ventilatorios no invasivos como la presión continua de la vía aérea con presión soporte (PSV/CPAP), resultaron beneficiosos para pacientes con insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica.

Pasado el tiempo, en el cual los pacientes no mejoraban y la ventilación mecánica invasiva era necesaria, se evidenció un punto de quiebre muy delicado, motivo por el cual, se buscó una solución a la disminución de este tiempo; en ese punto de incursión, el uso de la escala HACOR, se presentó como una alternativa viable. Debido a que un retraso en la intubación orotraqueal, puede causar un deterioro de las condiciones respiratorias de los pacientes llevándolos incluso a la muerte. Fue imprescindible desarrollar y validar una escala que utilizara variables de fácil obtención a pie de cama para la predicción del fracaso de la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) en pacientes hipoxémicos.

Ya que la escala HACOR, es un instrumento utilizado para la observación de los signos vitales y enfocado en dar una interpretación a la respuesta fisiológica en las primeras 48 horas, tras el inicio de Ventilación Mecánica No Invasiva, con el modo ventilatorio PSV/CPAP (Pressure Support Ventilation/Continuous Positive Airway Pressure, por sus siglas en inglés), se convirtió en una alternativa sustentable para reducir el tiempo de uso de la ventilación mecánica no invasiva y el uso de una intubación orotraqueal temprana (<48 horas desde el uso de VMNI).

## **1.1 SITUACION PROBLEMÁTICA**

En años anteriores, los criterios de intubación que se utilizaban indicaban al personal sanitario tratante el momento propicio para la intubación orotraqueal. Durante la pandemia de SARS-CoV-2 como grupo investigador observamos que con el uso de escala de HACOR se aseguraba una intubación temprana, ofreciéndole una mayor oportunidad de vida a los pacientes con diagnóstico de SARS-CoV-2 tratados con ventilación mecánica no invasiva evitando prolongar el momento de la intubación.

De lo expuesto anteriormente, se plantea el siguiente enunciado:

## **1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

*¿Resulta un método eficaz la escala HACOR en la predicción de intubación orotraqueal tras el uso de la ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP, entre los pacientes de ambos géneros con diagnóstico de SARS-CoV-2, entre las edades de 18 a 70 años que fueron ingresados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Nacional de El Salvador durante el periodo de agosto a octubre del 2021?*

### 1.3 JUSTIFICACION

Previo a la aparición del SARS-CoV-2, la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) con el modo ventilatorio CPAP era utilizada para tratamiento de la apnea obstructiva del sueño. Llegado el SARS-CoV-2 a El Salvador, los pacientes manifestaron síntomas de insuficiencia respiratoria aguda, se evidenció que con el uso de la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) con el modo ventilatorio PSV/CPAP se obtenían beneficios tales como: Mejorar el intercambio gaseoso previniendo la intubación orotraqueal y la ventilación mecánica convencional (pero nunca sustituyéndola cuando está claramente indicada), mejorando la disnea respiratoria y reduciendo el trabajo de los músculos respiratorios.

El tratamiento con Ventilación Mecánica No Invasiva con el modo ventilatorio con presión positiva continua en las vías respiratorias (CPAP) se usó cada vez más en el Reino Unido y en otros países para combatir la insuficiencia respiratoria hipoxémica al mejorar la oxigenación, reclutar regiones pulmonares colapsadas, mejorar el trabajo respiratorio y evitar la necesidad de Ventilación Mecánica Invasiva, sin embargo, la mayoría de pacientes presentaba cuadros clínicos agravados, por lo que fue necesario el uso de Ventilación Mecánica Invasiva. Partiendo de la hipótesis de que una combinación de estas variables tiene mayor potencial de predecir el fracaso de la ventilación mecánica no invasiva que una variable por si sola, se decidió combinarlas y fue así que se desarrolló la escala HACOR; diseñada para predecir el fracaso de la ventilación mecánica no invasiva y definida como la necesidad de manejo avanzado de la vía aérea tras el uso inicial con VMNI; es utilizada desde el año 2016, y se emplea en pacientes que presentan síndrome de distrés respiratorio hipoxémico.

El objetivo de la escala es identificar rápida y efectivamente si el estado del paciente mejora con el uso de la ventilación mecánica no invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP, ya que, de no ser así, se tendrá que valorar la opción de la intubación orotraqueal. El uso de la ventilación mecánica no invasiva prolongada por varios días, puede no ser de mucha eficacia para los pacientes, ya que utilizarla sin una observación meticulosa, puede deteriorar el estado clínico del paciente, en lugar de mejorarlo.

Actualmente gracias a las recomendaciones emitidas por parte del Ministerio de Salud (MINSAL), los casos de SARS-CoV-2 se encuentran a la baja llegando a estar solamente en uso menos del 2% de las camas de la unidad de cuidados intensivos (UCI) del Hospital Nacional El Salvador, motivo por el cual el personal de primera línea durante la pandemia de SARS-CoV-2, tomó a bien hacer una investigación en retrospectiva; llevando a cabo una evaluación detallada del 2021, específicamente el periodo de agosto a octubre, ya que ese trimestre en particular corresponde a las fechas posteriores al inicio de las fiestas patronales agostinas, en la cual se pudo observar un incremento significativo de personas en sitios turísticos, plazas públicas y celebraciones religiosas, mientras la variante Delta estaba latente en el mundo.

El presente estudio pretende proporcionar una herramienta alternativa para predecir, mediante el uso de la escala HACOR, la intubación orotraqueal temprana tras el uso de la ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP reduciendo el tiempo entre el uso de la VMNI y la VMI. Además, se busca demostrar que la escala HACOR puede ser una herramienta útil para evaluar la progresión del tratamiento pulmonar de los pacientes con SARS-CoV-2, convirtiéndose en un pilar indispensable en el monitoreo de los pacientes bajo ventilación mecánica no invasiva (VMNI), de fácil obtención, e independiente de otros estudios médicos que el terapeuta respiratorio no realiza (exceptuando la gasometría arterial). Esperando que sea de utilidad para difundir el uso de la escala HACOR y sus beneficios sean utilizados en más hospitales además del Hospital Nacional El Salvador.

Valorando lo anterior, el grupo investigador considera que el estudio es factible y viable, ya que se cuenta con las herramientas necesarias para llevar a cabo los objetivos planteados, además del personal capacitado para realizar dicho proceso; la ejecución de esta investigación es factible, ya que se cuenta con el apoyo y el aval de las autoridades del servicio de Anestesiología e Inhaloterapia del Hospital Nacional El Salvador y de la Universidad de El Salvador.

Buscando brindar apoyo a futuras generaciones en el conocimiento de los beneficios que trae implementar el uso de la escala HACOR, que esto pueda servir de motivación científica y a la proyección social de la Universidad de El Salvador como búsqueda del conocimiento y nuevas alternativas para el monitoreo de los pacientes bajo Ventilación Mecánica No Invasiva, buscando siempre el beneficio de ellos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- 1.** Evaluar la eficiencia de la escala HACOR, como predictor para la intubación orotraqueal, tras el uso de la ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP, entre los pacientes de ambos géneros con diagnóstico de SARS-CoV-2, entre las edades de 18 a 70 años que fueron ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional El Salvador en el periodo de agosto a octubre de año 2021.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.** Evaluar los estados hemodinámicos de los pacientes de ambos géneros de 18 a 70 años que presentaron síndrome de distrés respiratorio con diagnóstico positivo de SARS-CoV-2 por medio de la obtención de datos de monitoreo expresados en la hoja de control de VMNI del servicio de Anestesiología e Inhaloterapia durante el uso de ventilación mecánica no invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP en los periodos de agosto a octubre del 2021.
- 2.** Describir los parámetros pertenecientes a la escala HACOR y su utilidad en el proceso de transición de ventilación mecánica no invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP a ventilación mecánica invasiva.
- 3.** Caracterizar el tiempo evolutivo de los pacientes estudiados, durante el uso de ventilación mecánica no invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP antes de su paso a ventilación mecánica invasiva.
- 4.** Determinar las características clínicas en los pacientes que están bajo ventilación mecánica no invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP que llegan a requerir el uso de ventilación mecánica invasiva.

# CAPITULO

## II

## **2.0 MARCO TEORICO**

### **2.1 Historia del SARS-CoV-2 durante el 2021.**

Según el informe de la Organización Mundial de la Salud denominado: “Respuesta de la Organización Panamericana de la Salud a la COVID-19”, el cual abarca desde enero hasta junio del 2021, presenta un panorama actualizado de la situación epidemiológica en la Región de las Américas y el estado de las operaciones de vacunación en los países y territorios; en donde hasta el 30 de junio de 2021, la región de las Américas había notificado 40% de los casos y 48% de las muertes registradas en todo el mundo a causa de SARS-CoV-2, siendo Brasil y Estados Unidos los países con mayores casos reportados en la región, y entre los diez que notificaron mayor número de muertes acumuladas se encontraron cuatro países de la región (Brasil, EEUU, Colombia y México).

Las medidas tomadas por parte del gobierno de nuestro país fueron enfocadas en diferentes áreas específicas, como coordinación, planificación y vigilancia; con un análisis de datos, con una preparación para dar una respuesta inmediata y el seguimiento de la evolución de la pandemia; dando seguimiento al plan de respuesta de la OMS y trabajando con el sistema de la Naciones Unidas en la preparación del marco de respuesta socioeconómica. La elaboración de una campaña para contrarrestar los mitos sobre la vacunación contra el SARS-CoV-2 fue necesaria, ya que así se difundieron datos, cursos, documentos técnicos y mensajes a través de las redes sociales para combatir la desinformación. Con la entrega de pruebas diagnósticas mediante RT-PCR e insumos de laboratorio y mediante la capacitación al personal en cuanto al uso de herramientas que posibilitarán la extracción del virus y el procesamiento de las pruebas, dando seguimiento mediante notificaciones del virus SARS-CoV-2 en el marco de la vigilancia centinela de la gripe y otro virus respiratorios.

#### **2.1.1 Epidemiología del SARS-CoV-2.**

EL SARS-CoV-2 es un  $\beta$ -coronavirus envuelto, conteniendo un ARN de cadena sencilla (ssRNA, por sus siglas en inglés), no segmentado, en sentido positivo; pertenece al subgénero sarbecovirus, subfamilia Orthocoronavirinae. Se les llama coronavirus por la corona de puntas que se observa alrededor del virus en imágenes de microscopía electrónica. Estas puntas corresponden a las glicoproteínas espiga S, distribuidas en toda la superficie viral.

Debido a las características genéticas del virus, la aparición de distintas variantes emergentes de SAR-CoV-2, lo convierten en un rival difícil de superar, prolongando la pandemia y sus efectos en la población. Son numerosas las mutaciones que han ido surgiendo hasta la actualidad, lo que podría conllevaron a una mayor transmisibilidad o un posible escape a la efectividad de las vacunas desarrolladas, lo cual es de preocupación de expertos en la materia.

Por orden cronológico, la primera variante que se detectó fue la B.1.351, la cual fue denominada “BETA”. Esté surgió en Sudáfrica y fue identificada por primera vez en mayo de 2020. Posteriormente, le siguió la cepa B.1.1.7, denominada “ALFA” y esta fue detectada en septiembre de 2020. En octubre de 2020, se detectó el primer caso de la variante B.1.617.2 (DELTA) en India. En noviembre de 2020 fue identificada la variante P.1 (GAMMA), con los primeros casos detectados en Brasil. Y en diciembre de 2020, se identificó la cepa C.37 (LAMBDA) en Perú.

Las variables identificadas en el año 2021, son la B.1.621 (MU), detectada en enero en Colombia, y la B.1.1.529 (OMICRON), detectada en África meridional, Botsuana, Hong Kong e Israel en noviembre. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha calificado todas estas cepas como variables preocupantes, exceptuando las cepas Lambda y Mu, que han quedado relegadas a la categoría de variantes de interés (ver anexo 4).

La mayoría de las mutaciones de SARS-CoV-2 se han ido expandiendo por todo el mundo, propagándose así la pandemia; sin embargo, unas han demostrado ser más virulentas que otras. Las cepas que surgieron con anterioridad a la cepa DELTA, una vez llegaron a su pico máximo de contagios, desaparecieron y fueron sustituidas por las siguientes cepas que iban emergiendo, sin embargo, la variante DELTA se convirtió en una particularidad.

### **2.1.2 Variable DELTA**

Para mediados del 2021, la variante DELTA era la cepa predominando a nivel mundial. Según investigaciones, se trataba de una variante con un índice elevado de propagación y con mayor número de infectados, extendiéndose por todo el mundo con mayor rapidez, está desarrollo mutaciones adicionales que se cuentan como otras variantes preocupantes, denominadas DELTA PLUS.

Según ConSalud.es<sup>1</sup>: “La variable DELTA (B.1.617.2, detectada originalmente en India) representa actualmente la práctica totalidad de las infecciones por coronavirus a nivel global”. Esta variable representa un dominio gigantesco a comparación a otras variantes del SARS-CoV-2, siendo responsable que en muchos países se experimenten virulentas oleadas de este virus; motivo primordial para iniciar las campañas masivas de vacunación a nivel mundial (según la evidencia científica, con esto se buscaba reducir drásticamente el contagio de esta variable). La OMS clasifica a variable DELTA como una “variable de preocupación” (VOC, por sus siglas en inglés); categorizándola en este grupo junto con las variables ALFA (B.1.1.7, detectada originalmente en Reino Unido), BETA (B.1.351, detectada originalmente en Sudáfrica) y GAMMA (P.1, detectada originalmente en Brasil), ya que estas se consideran como variables con mayor transmisibilidad, siendo el punto fuerte la variable DELTA su gran capacidad de transmisibilidad.

Según estudios del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC, por sus siglas en inglés), DELTA, cuenta con una capacidad infecciosa hasta dos veces mayor que sus predecesores, considerándola como un mayor riesgo de ingreso hospitalario. Ya que esta se replica con mayor rapidez, teniendo en cuenta que los infectados por esta variable presentaban cargas virales hasta 1.260 veces más altas que aquellos cuya infección había sido causada por la cepa original del coronavirus, llegando a convertirse en cerca del 99.5% de todas las secuencias genómicas reportadas.

### **2.1.3 Historia del Hospital Nacional El Salvador.**

El 31 de diciembre del 2019, la Comisión Municipal de Salud de Wuhan, notifico un grupo de casos de neumonía en dicha ciudad del país asiático. Dichos casos que, posteriormente, se reconocieron como el nuevo coronavirus, ahora en día llamado COVID-19 o SARS-Cov-2. Debido a la rápida propagación del virus en diferentes regiones del mundo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) determina el 11 de marzo del 2020, que la COVID-19 puede caracterizarse como una pandemia.

---

<sup>1</sup> Información obtenida del diario digital madrileño ConSalud.es, de su pagina web: [https://www.consalud.es/pacientes/especial-coronavirus/dominancia-global-delta-alerta-expertos-cambio-variante\\_105674\\_102.html](https://www.consalud.es/pacientes/especial-coronavirus/dominancia-global-delta-alerta-expertos-cambio-variante_105674_102.html)

El Salvador en base a las diversas declaraciones de la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) tomó diferentes medidas para prevenir y mitigar los efectos de la pandemia antes de que se presentaran casos confirmados en el país, llevando así a que el día 16 de marzo del 2020, el presidente de la República, Nayib Bukele, quien, junto a su gabinete de gobierno, en una conferencia transmitida por cadena nacional de televisión, radio y medios digitales, anunció la construcción de un nuevo hospital que atendería los casos que posteriormente surgirían del SARS-Cov-2, el mandatario refirió “Vamos a construir el hospital más grande de Latinoamérica que atienda la pandemia del covid-19”. Además de eso en la misma conferencia se informó sobre la capacidad que este centro de salud tendría para atender exclusivamente a las personas contagiadas de SARS-Cov-2 contando con 300 unidades de cuidados intensivos y 2 mil camas hospitalarias.

En base a esto se publicó en el diario oficial el Decreto Legislativo n°608 de fecha 26 de marzo del 2020, que autorizo al Órgano Ejecutivo en el Ramo de Hacienda para que gestionará la obtención de dos mil millones de dólares de los cuales un porcentaje fue destinado para la construcción del hospital, tales fondos fueron especificados y detallados en el Decreto Legislativo n°728 de fecha 9 de septiembre del 2020. El día 27 de abril del 2020 el ministro de obras públicas presentó el “Informe Mensual de la Ejecución del Ministerio de Obras Públicas y de Transporte durante la Emergencia Nacional decretada por la Pandemia COVID 19”, en el que se detalla que el “01 de abril de 2020: Se emite orden de inicio para la construcción del paquete 1 del Hospital de Especialidades en CIFCO, a ser ejecutado por la empresa Constructora DISA, S.A. de C.V.”. En este mismo informe se presenta por primera vez el diagrama de las instalaciones del Hospital Nacional El Salvador.

A casi tres meses de este importante anuncio, finalmente el domingo 21 de junio del 2020, el presidente Nayib Bukele inauguró la primera fase del Hospital Nacional El Salvador, con el fin de brindarle una mejor atención a la población y a su vez liberar un poco la aglomeración de pacientes que los otros centros asistenciales de salud ya estaban presentando.

Esta primera fase del hospital contó con la inversión de alrededor de 25 millones de dólares entre los que se incluyeron fondos de cooperación internacional que fueron destinados para la compra de insumos para el nuevo hospital. Las instalaciones del hospital fueron construidas en un terreno con más de 23,000 metros cuadrados, dentro de los cuales se

distribuyeron diferentes áreas: área de descanso para el personal de atención, radiología e imágenes, alimentación, farmacia, anestesiología, medicina crítica, enfermería, laboratorio clínico, banco de sangre, área de trabajo social, almacén, bodega y morgue.

## 2.2 Escala HACOR

La escala HACOR (siglas del inglés Heart rate, Acidosis, Consciousness, Oxygenation, Respiratory rate) recientemente desarrollada tiene en cuenta la frecuencia cardíaca, la acidosis, la conciencia, la oxigenación y la frecuencia respiratoria para predecir el fracaso de la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica. Por lo tanto, la escala HACOR se puede utilizar para realizar una evaluación rápida y fácil del fracaso o el éxito de la ventilación mecánica no invasiva ya que estas variables se obtienen fácilmente mediante simples mediciones al lado de la cama de los pacientes.

Los pacientes con una puntuación HACOR  $>5$  tienen más probabilidades de experimentar insuficiencia respiratoria grave y la necesidad de ventilación mecánica invasiva. En pacientes con alto riesgo de falla de la ventilación mecánica no invasiva, la intubación temprana puede disminuir la mortalidad hospitalaria. El uso de ventilación mecánica no invasiva en pacientes críticamente enfermos ha aumentado con el pasar de los años. Su auge se debe al deseo de reducir las complicaciones de la ventilación mecánica invasiva y la intubación endotraqueal, disminuye significativamente el trabajo respiratorio en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, reduciendo así la necesidad de intubación.

Beneficios potenciales de la ventilación mecánica no invasiva:

- Se evita la intubación endotraqueal
- Disminuye la duración de la ventilación.
- Reduce la posibilidad de contraer neumonía asociada a la ventilación.
- Mejora la capacidad para la comunicación.
- Capacidad para comer y beber.
- No se afecta una tos eficaz.
- Disminuye la necesidad de sedación y parálisis.

Riesgos potenciales de la ventilación mecánica no invasiva:

- Necrosis en la piel en el área facial
- Aumenta el riesgo de broncoaspiración.
- Dificulta una tos efectiva cuando se utiliza mascarilla facial completa y máscara oronasal

Aunque la ventilación mecánica no invasiva se utiliza con frecuencia en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica, su tasa de fracaso sigue siendo alta (25%-59%). Estudios han informado que los pacientes que experimentan insuficiencia de la VMNI tienen una frecuencia cardíaca más alta, un pH más bajo, una puntuación más baja en la Escala de Coma de Glasgow (GCS), una oxigenación más baja y una frecuencia respiratoria más alta que aquellos que experimentan una VMNI exitosa. Estas variables se pueden utilizar para predecir el fracaso de la VMNI definida como la necesidad de intubación después de la intervención de la VMNI según los siguientes criterios: paro respiratorio o cardíaco, falta de mantenimiento de una  $PaO_2 / FiO_2 > 100$ , desarrollo de afecciones que requieren intubación para proteger las vías respiratorias, mal manejo de secreciones traqueales, incapacidad para corregir la disnea, falta de mejoría de los signos de fatiga de los músculos respiratorios e inestabilidad hemodinámica sin respuesta a líquidos y agentes vasoactivos. Sin embargo, el poder predictivo de la falla de la VMNI es bajo cuando se basa solo en una sola variable.

Con la hipótesis de que una combinación de estas variables tiene el potencial de aumentar el poder predictivo, se combinaron varias variables que se obtienen fácilmente en los pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica desarrollándose así una escala para la predicción de la insuficiencia de la VMNI.

Los pacientes con una puntuación HACOR  $>5$  a los 60 minutos de iniciación de la VMNI tienen un riesgo muy alto de fracaso (ver anexo 2). Además, la precisión diagnóstica para el fracaso de la VMNI en este punto de corte ( $> 5$ ) se mantiene cuando se evalúa a las 12, 24 y 48 h de iniciada la VMNI.

### **2.2.1 Variables que monitoriza la escala HACOR**

#### **2.2.2 Frecuencia cardíaca (heart rate)**

La acción de bombeo del corazón requiere una coordinación precisa de la contracción de millones de células de músculo cardíaco individuales y la contracción de cada célula es desencadenada cuando un impulso excitatorio eléctrico (potencial de acción) avanza sobre su membrana. La coordinación apropiada de la actividad contractil de las células de músculo cardíaco individuales se logra principalmente por medio de uniones intercelulares comunicantes que conectan todas las células del corazón en un sincitio funcional (es decir que actúan como una unidad sincrónica), además las células musculares en ciertas áreas del corazón están adaptadas de manera específica para controlar la frecuencia de la excitación cardíaca, la vía de conducción y la tasa de propagación de impulso a través de diversas regiones del corazón.

El nodo sinoauricular contiene células especializadas que en circunstancias normales funcionan como el marcapaso del corazón e inician el potencial de acción que es conducido a través del corazón. El nodo auriculoventricular contiene células de conducción lenta que normalmente funcionan para crear un pequeño retraso entre la contracción auricular y la contracción ventricular.

Las fibras de Purkinje están especializadas para la conducción rápida y aseguran que todas las células ventriculares se contraigan casi en el mismo instante.

#### **2.2.3 Acidosis**

El metabolismo consiste en el consumo de nutrientes y la producción de metabolitos ácidos. Se debe impedir la acumulación de estos metabolitos ácidos porque funciones que mantienen la vida como la contractilidad miocárdica y la electrofisiología del sistema nervioso requieren un medio celular con un estrecho aspecto de concentración de hidrogeniones libres.

El grado de concentración de hidrógenos libres se expresa en términos de pH ( $-\text{Log}[\text{H}^+]$ ). Las variaciones significativas respecto a los valores normales de pH en especial cuando se dan en un período corto de tiempo son mal toleradas y pueden llevar a la muerte.

Alrededor del 98% de los metabolitos normales se encuentran en forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La excreción de la gran mayoría de los metabolitos normales se puede llevar a cabo a través de los pulmones (equilibrio ácido-base respiratorio).

La concentración de hidrogeniones libres de una solución tiene consecuencias biológicas significativas y exige una determinación cuantitativa. El método tradicional y más aceptado es la escala de pH.

Un científico escandinavo S.P.L. Sorenson, al estudiar la actividad de los hidrogeniones a principio de la década de 1900, se refirió al exponente de la base 10 (10<sup>-7</sup>) como potencial de hidrogeniones. El bioquímico y médico Danés Karl Hasselbalch abrazó el concepto de Sorenson y expresó 10<sup>-7</sup> mol/L como el logaritmo negativo de la actividad de hidrogeniones: el pH (potencial de hidrogeniones). La introducción de un segundo menos multiplicado por el valor Log (pH=-Log[H<sup>+</sup>]) permite expresar todos los valores de pH como números positivos.

Dado que la mayor parte de las concentraciones de hidrogeniones se encuentra entre 1x10<sup>-7</sup> (pH 7) y 1x10<sup>-8</sup> mol/L (pH 8), los valores se expresan clásicamente en centésimos de unidades de pH de 7. Siendo el valor promedio de la concentración de hidrogeniones en sangre de 0.4x10<sup>-8</sup> mol/L (pH 7.40).

#### **2.2.4 Consciousness (Escala de Coma de Glasgow)**

La escala de Glasgow fue creada por Graham Teasdale y Bryan Jennett, miembros del Instituto de Ciencias Neurológicas de la Universidad de Glasgow, en el año 1974. Su objetivo era el de proporcionar un método simple y fiable de registro y monitorización del nivel de conciencia en pacientes con traumatismo craneoencefálico. Tres años más tarde, Jennett y Teasdale asignaron un valor numérico a la apertura ocular, la respuesta motora y verbal del paciente naciendo así la escala que se utiliza hasta hoy en día.

La Escala de Coma de Glasgow (en Inglés Glasgow Coma Scale (GCS)) es una escala de aplicación neurológica que permite medir el nivel de conciencia de una persona. La evaluación del nivel de conciencia es el parámetro más importante que debe tenerse en cuenta. Han de evitarse términos ambiguos como estuporoso, somnoliento, inconsciente o comatoso, que son subjetivos y no permiten tener la certeza del curso clínico del paciente.

La Escala de Coma de Glasgow utiliza tres parámetros que han demostrado ser muy replicables en su apreciación entre los distintos observadores: la respuesta verbal, la respuesta ocular y la respuesta motora.

El puntaje más bajo es 3 puntos, mientras que el valor más alto es 15 puntos. Debe desglosarse en cada apartado, y siempre se puntuará la mejor respuesta. La aplicación sistemática a intervalos regulares de esta escala permite obtener un perfil clínico de la evolución del paciente.

### **2.2.5 Oxygenation (Oxigenación)**

En el paciente con SAR-CoV-2 se pueden observar alteraciones graves del intercambio gaseoso que se asocia a una alta mortalidad. Esta alteración de la función respiratoria deber corregirse de forma inmediata, con diversas medidas terapéuticas de rescate de forma escalonada; y si persiste dicha alteración requerirá de asistencia ventilatoria. Con este propósito se han utilizado, diversos índices en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) para vigilar el estado ventilatorio y oxigenatorio de los pacientes con insuficiencia respiratoria y evaluar la evolución de su función respiratoria y grado de compromiso pulmonar

El índice o cociente "saturación periférica de oxihemoglobina / fracción inspirada de oxígeno" ( $SaO_2/FiO_2$ ) fue propuesto en el año 2007 como marcador no invasivo en relación al índice o cociente  $PaO_2/FiO_2$ , para identificar pacientes adultos con lesión pulmonar aguda (LPA con  $PaO_2/FiO_2 \leq 300$ ) o síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA con  $PaO_2/FiO_2 \leq 200$ ), encontrándose que el punto de corte de  $SaO_2/FiO_2$  era de 263 para LPA, así como el punto de corte de  $SaO_2/FiO_2$  201 para SDRA.

Recientemente, Khemani y Thomas, demostraron en pacientes bajo ventilación mecánica, que el valor de  $PaFiO_2$  de 300 (LPA) corresponde a un valor de  $SaO_2/FiO_2$  de 264. Así como el valor de  $PaO_2/FiO_2$  de 200 (SDRA) se correspondía con el valor  $SaO_2/FiO_2$  de 221.

La saturación periférica de oxígeno ( $SatO_2$ ) al tratarse de una técnica no invasiva y repetible las veces que sea necesaria en contraste con el de índice Kirby ( $PaO_2/FiO_2$ ) el cual requiere la realización de gasometría arterial y de por sí es una técnica invasiva que expone al paciente a riesgos propios de la técnica tales como dolor intenso y lesión vascular.

### 2.2.6 Respiratory rate (Frecuencia respiratoria)

Los efectores del sistema de regulación respiratoria son los músculos productores de la inspiración (diafragma e intercostales externos), los facilitadores de la fase (faríngeos y laríngeos, que actúan como dilatadores de la vía aérea superior) y los accesorios (esternocleidomastoideos, escalenos, pectorales mayor y menor, serratos y trapecios, principalmente). Además, en condiciones de espiración voluntaria o forzada, los músculos abdominales se convierten en efectores.

Los sensores, centros de control y efectores, están íntimamente relacionados y su función es coordinada e integrada.

Las respuestas ventilatorias a diferentes estímulos, se derivan de la variedad de sensores presentes en el control de la respiración. Éstas difieren dependiendo de diversos factores estimulantes, entre los que se destacan:

1. La hipoxemia y la hipoxia.
2. El bióxido de carbono y el pH.

La respuesta a los fenómenos no fisiológicos de carencia de oxígeno (hipoxemia e hipoxia) depende principalmente de los quimiorreceptores periféricos (QP) que reaccionan de manera notable a cambios en su medio químico natural. La hipoxemia y la hipoxia incrementan la Ventilación minuto (V). Esta es igual al producto del volumen corriente por la frecuencia respiratoria ( $V' = V_T \times FR$ ).

La estimulación de los quimiorreceptores periféricos frente a la hipoxemia se sujeta a diversas situaciones. Si la  $PaO_2$  y el riego sanguíneo son normales permanecen inactivos. Si la  $PaO_2$  disminuye y el riego se conserva se estimulan, lo que quiere decir que se produce respuesta a la hipoxemia. Si la  $PaO_2$  permanece normal y el riego sanguíneo disminuye, algunos receptores son estimulados, lo que quiere decir que se produce respuesta a la hipoxia porque la demanda de oxígeno excede el aporte. En esta situación, el aumento local de la  $PCO_2$  y la disminución del pH se incrementan a niveles de estimulación por lo que es válido afirmar que estos factores también estimulan los quimiorreceptores periféricos, aunque en menor medida con respecto a su respuesta frente a la hipoxia y la hipoxemia.

### 2.3 Clasificación de la Insuficiencia Respiratoria.

La hipoxemia se define como la presencia de una disminución del nivel de PaO<sub>2</sub> o SaO<sub>2</sub>. Desde el punto de vista clínico, se pueden diferenciar varios tipos de Insuficiencia Respiratoria, con unas características diferenciales que implican una aproximación diagnóstica y terapéutica diferentes. La forma más común de diferenciar el fracaso de la función respiratoria es según la rapidez de instauración del proceso patológico. De esta forma, se define:

- **Insuficiencia Respiratoria Aguda (IRA):** si su instauración se produce en el transcurso de minutos o pocas horas. Generalmente no da tiempo a que los mecanismos compensadores puedan estabilizar las alteraciones fisiopatológicas instauradas.
- **Insuficiencia Respiratoria Crónica (IRC):** cuando su desarrollo requiere un periodo de tiempo más prolongado, generalmente, semanas o meses. En el curso de la IRC es frecuente la agudización por procesos intercurrentes (infecciones, descompensaciones cardiacas, traumatismo, etc.) siendo denominada insuficiencia respiratoria crónica agudizada (IRCA) o exacerbación aguda de la IRC.

Otra forma de clasificar la insuficiencia respiratoria es según el predominio de la alteración de uno de los dos parámetros que se evalúan en la gasometría arterial (GAS): el Oxígeno (O<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), de esta forma se puede definir:

- **Insuficiencia Respiratoria Hipoxémica o tipo I,** donde la gasometría arterial muestra un nivel de PaO<sub>2</sub> menor de 60 mmHg con un nivel de PaCO<sub>2</sub> normal o bajo. El gradiente alveolo-arterial, diferencia de la presión parcial de O<sub>2</sub> entre el alveolo y el capilar pulmonar, está aumentado (por encima de 20 mmHg). La IRA hipoxémica o tipo I se relaciona sobre todo con la patología que afecta al parénquima pulmonar, siendo la unidad funcional del pulmón, el alveolo, el que principalmente va a estar afectado. Es la forma más frecuente de fracaso respiratorio.
- **Insuficiencia Respiratoria Hipercápnica o tipo II,** donde la gasometría arterial muestra un nivel de PaCO<sub>2</sub> aumentado, por encima de 45 mmHg. El nivel del pH arterial va a depender del nivel del bicarbonato sérico, que estará elevado dependiendo de la duración de la hipercapnia. Generalmente, el gradiente

alveoloarterial es normal. La IRA hipercápnica o tipo II puede estar causada por múltiples causas, fundamentalmente, las que afectan a la vía respiratoria, al condicionar un desequilibrio de la ventilación-perfusión e incremento del espacio muerto. También cualquier alteración que afecte desde la generación del estímulo respiratorio a nivel del sistema nervioso central, hasta su resultado en la contracción de la musculatura respiratoria, o por las alteraciones en la distensibilidad de la caja torácica, y por tanto de los pulmones.

Además de estas formas clásicas de IRA, se ha definido dos nuevas formas de IRA con unas características diferentes:

- **La IRA tipo III**, la IRA postoperatoria, se produce en los pacientes con intervenciones quirúrgicas importantes de la caja torácica o del abdomen, sobre todo superior. Esta producida por el desarrollo de atelectasias y derrame pleural con cierto grado de ocupación alveolar, que condicionan una disminución de la capacidad residual funcional y desarrollo de fracaso respiratorio.
- **Finalmente, existe una IRA tipo IV**, producida en las situaciones de shock. En estos pacientes, hay una disminución de la entrega de oxígeno y disponibilidad de energía a los músculos respiratorios, junto a un incremento en la extracción tisular de  $O_2$ .

### 2.3.1 Fisiología del Intercambio de Gases.

El transporte de  $O_2$  es el producto del gasto cardíaco y de la cantidad de dicho gas contenido en la sangre. En la sangre, más del 97% de las moléculas de  $O_2$  están ligadas de forma reversible con la hemoglobina, siendo la cantidad disuelta una fracción mínima del total, aunque sea la que determine la presión parcial del gas en la sangre.

El principal determinante del intercambio gaseoso, y por tanto de la cantidad de  $O_2$  en la sangre, es la igualdad o equilibrio local entre ventilación (V) y perfusión (Q) alveolar. La distribución de la ventilación alveolar en relación con el flujo sanguíneo (equilibrio V/Q) optimiza la eliminación de  $CO_2$  y captación de  $O_2$ . Sin embargo, el intercambio de gas no es perfecto, ni siquiera en el pulmón humano normal. Normalmente es más baja la ventilación alveolar que el flujo sanguíneo, y las relaciones V/Q global en el pulmón es de 0,8. Las zonas pulmonares bajas reciben mayor ventilación y flujo sanguíneo que las zonas superiores. Sin

embargo, el gradiente gravitacional es mayor para la perfusión. Por lo tanto, las zonas pulmonares inferiores tienen, por término medio, una relación V/Q relativamente más baja, mientras que en las superiores es relativamente más alta. Este desequilibrio en la V/Q se acentúa por múltiples condiciones patológicas.

Según el mecanismo fisiopatológico subyacente, la Insuficiencia Respiratoria Aguda puede estar producida por uno o más de los mecanismos fisiopatológicos implicados afectando a la ventilación y perfusión pulmonar. De esta forma, el fracaso respiratorio puede producirse por medio de:

- **Disminución de la fracción inspiratoria de oxígeno (FiO<sub>2</sub>).** Estas son las situaciones en las que la presión barométrica o el aporte de oxígeno disminuye. Estas producen una disminución en la cantidad de oxígeno inspirado y secundariamente se reducirá la presión alveolar de oxígeno (PAO<sub>2</sub>), así como la presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>), manteniéndose normal el gradiente alvéolo arterial de oxígeno (PA-aO<sub>2</sub>). Esta situación se puede encontrar en las grandes alturas o en la inspiración de mezclas gaseosas con concentraciones reducidas de oxígeno. Se corrige con el incremento de FiO<sub>2</sub> mediante la administración de oxígeno suplementario.
- **Hipoventilación alveolar.** Se puede encontrar en las patologías en las que existe un fracaso de la bomba ventilatoria. La hipoventilación (diminución de volumen de gas que entra y sale del sistema respiratorio) ocasiona una disminución de la PAO<sub>2</sub> y PaO<sub>2</sub>; con retención de CO<sub>2</sub> secundaria. Por tanto, todas las causas que producen hipoventilación alveolar llevarán a retención de CO<sub>2</sub>. Las más frecuentes son la reducción de volumen corriente o de la frecuencia respiratoria. La hipercapnia también se relaciona con un aumento en la producción de CO<sub>2</sub> (sin un aumento compensatorio del volumen alveolar) y, en algunos casos, con un aumento de espacio muerto. La hipoventilación conduce a hipoxia (en ausencia de incremento de aporte de oxígeno) ya que el aumento de CO<sub>2</sub> alveolar desplaza a oxígeno. En este caso, el oxígeno suplementario no corrige la insuficiencia respiratoria, por lo que es imperativo tomar acciones para mejorar la función ventilatoria.
- **Alteración de la difusión.** Se produce en aquellos procesos en los que se incrementa la separación física del gas y la sangre, a nivel alveolar. Eso condiciona una dificultad

a la difusión entre ambos, como ocurre en el engrosamiento de la membrana alveolo-capilar, caso de las neumopatías intersticiales difusas; o por acortamiento del tiempo de tránsito de los hematíes por capilares, como en el enfisema pulmonar con pérdida del lecho capilar. Es una causa poco frecuente de hipoxemia. El gas se difunde a través de esta membrana debido a un gradiente de presión entre la sangre venosa y el gas alveolar, y un engrosamiento de la membrana podría dificultar el paso del oxígeno a la sangre. La eliminación de  $\text{CO}_2$  está menos afectada, debido a que su capacidad de difusión es 20 veces superior a la del  $\text{O}_2$ . La hipoxia que produce esta alteración, se puede corregir parcialmente incrementando la  $\text{FiO}_2$ .

- **Alteración de la relación ventilación perfusión.** La alteración en la proporción de la ventilación alveolar o de la perfusión alveolar, o conduce a una baja perfusión o a una deficiente ventilación de los alvéolos. Una alta relación de  $V/Q$  se produce con alvéolos inadecuadamente perfundidos en relación con la ventilación, lo que resulta en la creación del espacio muerto, frecuentemente observada en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Una relación  $V/Q$  baja, o shunt, se produce cuando las unidades alveolares perfundidas no participan en el intercambio de gases. Es el mecanismo más frecuente que causa de hipoxemia. Las causas más frecuentes son los trastornos que determinan la existencia de unidades pulmonares mal ventiladas (obstrucción de la vía aérea, atelectasias, consolidación o edema de origen cardiogénico o no cardiogénico). La administración suplementaria de  $\text{O}_2$  hace desaparecer la hipoxemia asociada a la desproporción  $V/Q$ , a la hipoventilación o a alteraciones en la difusión, porque aumenta lo suficiente la  $\text{PaO}_2$ , incluso de las zonas mal ventiladas, para permitir la saturación completa de la Hb. Cuando se respira  $\text{O}_2$  al 100%, sólo los alvéolos completamente no ventilados (unidades con efecto shunt o cortocircuito) contribuyen a la hipoxemia.
- **Efecto del shunt derecho izquierdo.** Se denomina cortocircuito o shunt cuando parte de la sangre venosa llega al sistema arterial sin pasar a través de regiones ventiladas del pulmón. Este efecto puede ser debido a una lesión anatómica o fisiológica. Puede ser intracardiaco, como en las cardiopatías congénitas derecha/izquierda, o puede deberse al paso de sangre por unos vasos anómalos dentro del pulmón. Las causas más frecuentes son las enfermedades pulmonares que alteran el cociente  $V/Q$  regional

con desaparición total, o prácticamente total, de la ventilación regional mientras la perfusión se mantiene. La mezcla de sangre venosa pulmonar, anormalmente desaturada, con sangre arterial reduce la  $PaO_2$  en los sujetos con enfermedades pulmonares y alteraciones en el intercambio gaseoso pulmonar.

La gran mayoría de los casos de Insuficiencia Respiratoria Aguda hipoxémica se caracteriza por una alteración de la relación V/Q, pero en el caso de la Insuficiencia Respiratoria Aguda Hipercápnica suelen estar imbricados más sistemas orgánicos.

### 2.3.2 Manejo de la Insuficiencia Respiratoria Aguda.

Independientemente de la causa que produzca la IRA, las alteraciones del intercambio gaseoso deben de minimizarse mediante un tratamiento adecuado para asegurar el oxígeno suficiente a los diferentes órganos, que impidan la aparición de la disfunción orgánica, desarrollo de fracaso multiorgánico y, finalmente, la muerte. Por tanto, ante un paciente con fracaso respiratorio, la terapia debe enfocarse a tratar la causa que motiva el síndrome de insuficiencia respiratoria, y unas medidas de soporte orgánico dependiendo del número de órganos disfuncionantes y la gravedad de los mismos. Es por ello que, en el marco de las medidas básicas de soporte vital, asegurar un correcto intercambio gaseoso es prioritario y definitorio de cara al pronóstico a corto, medio y largo plazo. Para este propósito, la asistencia respiratoria se puede realizar, básicamente, de cuatro formas, siempre con un objetivo, mantener un nivel de oxigenación adecuado, que en el paciente agudo se considera si la  $SpO_2$  se encuentra entre 94 y 98% y en el paciente crónico entre 88 y 92%. Entre las opciones para la corrección de la ingesta de oxígeno, estas podemos encontrar:

- **Oxigenoterapia convencional.** Es una técnica basada en la aplicación de un flujo de aire enriquecido en  $O_2$  a través de dispositivos como gafas nasales, mascarillas tipo Venturi o mascarilla con bolsa de reservorio.
- **Oxigenoterapia de alto flujo (OAF).** Es una técnica basada en la aplicación de un flujo constante de  $O_2$  a través de dispositivos cánula nasal y la humidificación activa.

En los últimos años, se han desarrollado nuevos modos de oxigenación que ofrecen una elevada eficacia y facilidad en su aplicación. Existen nuevos dispositivos respiratorios que permiten calentar y humidificar flujos de aire para su administración a través de una cánula

nasal, con los que se puede tolerar flujos muy elevado, de hasta 60 litros por minuto. Estos sistemas de OAF con interfase nasal, que incluyen un calentador humidificador acoplado, ofrecen un modo alternativo de oxigenación eficaz, con elevada experiencia en el tratamiento domiciliario de enfermos con insuficiencia respiratoria crónica, en la IRA postquirúrgica, en medicina intensiva pediátrica, pero también en adultos con IRA, sobre todo en los casos de hipoxemia o disnea refractaria al tratamiento con las tradicionales máscaras con efecto Venturi. Este dispositivo tiene como ventajas que aporta una fracción más constante y elevada de oxígeno, reduce el espacio muerto, genera presión positiva y ofrece comodidad y tolerabilidad.

Esta técnica consiste en aportar un flujo de oxígeno, entre 40-60 litros por minuto, sólo o mezclado con aire, idealmente por encima del flujo pico inspiratorio del paciente a través de una cánula nasal. El gas se humidifica (humedad relativa 95-100%) y se calienta hasta un valor cercano a la temperatura corporal (34-40°C). El mecanismo de acción de esta modalidad de oxigenoterapia mezcla varias vías:

- Lavado del espacio muerto nasofaríngeo.
- Debido a que la OAF proporciona suficiente flujo como para igualar o exceder el flujo inspiratorio del paciente, lo más probable es que la OAF disminuya la resistencia inspiratoria relacionada con el paso de aire por la nasofaringe. Esta disminución en las resistencias al flujo aéreo se traduce en una disminución en el trabajo de la respiración.
- El calentamiento adecuado y la humidificación de las vías aéreas están asociados con una mejor complianza y elasticidad pulmonar en comparación con el gas seco y frío. El aire humidificado y calentado genera un efecto beneficioso, independientemente de la concentración de oxígeno, sobre el movimiento ciliar y el aclaramiento de las secreciones.
- Reduce el trabajo metabólico necesario para calentar y humidificar el aire externo, más frío y seco que la temperatura y humedad corporal.
- Aporta cierto grado de presión de distensión para el reclutamiento pulmonar. La OAF origina cierta presión positiva en la vía aérea y esta presión es suficiente para producir efectos clínicos y/o cambios en la función pulmonar.

Diferentes estudios clínicos, sobre todo observacionales, pero también controlados y aleatorizados, aunque no definitivos, muestran que la OAF mejora el patrón ventilatorio, disminuyendo la frecuencia respiratoria y las necesidades de oxígeno, pero generalmente no influye, al menos de forma importante, en el nivel  $\text{CO}_2$  y pH. En general, se puede decir que es un sistema más cómodo que los dispositivos de CPAP o ventilación no invasiva (VNI). Permite hablar, comer y movilizar mejor al paciente, evitando el daño que se observa con los sistemas de CPAP o VNI en el puente nasal. La tendencia a usar OAF se debe en parte a una percepción de mayor facilidad para su empleo además de una mejor tolerancia, consiguiéndose mayores beneficios.

Aunque el sistema de OAF se ha utilizado en pacientes con EPOC, las actuales guías de práctica clínica recomiendan, con un nivel máximo de evidencia, el uso de ventilación no invasiva en la EPOC con exacerbación aguda. Por tanto, el uso de OAF debe de realizarse en el paciente con IRA hipoxémica, con una gravedad moderada. Por otro lado, no hay que olvidar que el coste de este sistema de OAF es mucho más elevado que el de la oxigenoterapia convencional y por ello debería de utilizarse en los sujetos que no mejora la insuficiencia respiratoria tras las medidas habituales.

## **2.4 Ventilación mecánica (VM).**

Consiste en el suministro artificial de flujos ventilatorios, con objeto de ayudar de forma parcial o, sustituir en su totalidad, a la función ventilatoria del aparato respiratorio del individuo enfermo. Se consigue mediante el establecimiento de un gradiente de presión entre la vía aérea y los alveolos pulmonares. La VM se puede dividir en dos modalidades: Ventilación Mecánica Invasiva (VMI) y Ventilación Mecánica No Invasiva (VMNI).

### **2.4.1 Ventilación Mecánica No Invasiva.**

La ventilación mecánica no invasiva (VMNI) define cualquier forma de soporte ventilatorio aplicado sin el uso de un tubo endotraqueal o traqueostomía. Para ello, se utiliza otro tipo de interfases que no invaden la vía aérea, a la vez que permiten la conexión del ventilador al paciente. Este soporte ventilatorio se consigue mediante el uso de generadores externos de presión que van a modificar los gradientes fisiológicamente responsables del flujo aéreo entre alveolo y boca, pudiendo llevarse a cabo, bien con la aplicación de una presión

subatmosférica en la superficie externa del tórax (ventilación con presión negativa) o bien creando una presión supra atmosférica a nivel del extremo proximal, abierto, de la vía aérea (ventilación con presión positiva).

Los objetivos de la VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda son mejorar los síntomas del paciente, reduciendo el trabajo de los músculos respiratorios, mejorar el intercambio gaseoso garantizando una PaO<sub>2</sub> adecuada hasta que el problema que llevó al paciente al fallo respiratorio pueda ser revertido.

En la VMNI la interfaz juega un papel importante para determinar el fracaso o éxito del tratamiento, principalmente porque esta afecta el confort del paciente y por lo tanto la tolerancia. La interfase puede afectar la VMNI por factores como: fugas de aire, claustrofobia, eritema o irritación de la piel, irritación o lesiones oculares, entre otras. La interfase consiste en una mascarilla o un casco (también llamado helmet). La mascarilla se asegura mediante una correa que se fija a la cabeza del paciente. Existen varios tipos de mascarilla que incluyen la mascarilla facial total, que abarca la nariz y la boca; la mascarilla nasal, que se aplica sólo sobre la nariz; la bucal, que se aplica sólo sobre la boca; y las almohadillas nasales, que se colocan en las ventanas nasales. La mascarilla facial total, genera mayor presión al momento de la ventilación, lo que produce menor fuga de aire, requiere menor cooperación por parte del paciente y permite la respiración oral. Sin embargo, es menos cómoda, impide la comunicación y limita la ingesta oral. La mascarilla nasal es mejor tolerada por pacientes con claustrofobia, pero requiere de permeabilidad adecuada de la nariz y que la boca esté cerrada para evitar fuga de aire. En los pacientes con fuga de aire por la boca es preferible utilizar la mascarilla oronasal, sobre todo en aquéllos con disnea que frecuentemente abren la boca al respirar, lo que reduce la efectividad de la ventilación con mascarilla nasal.

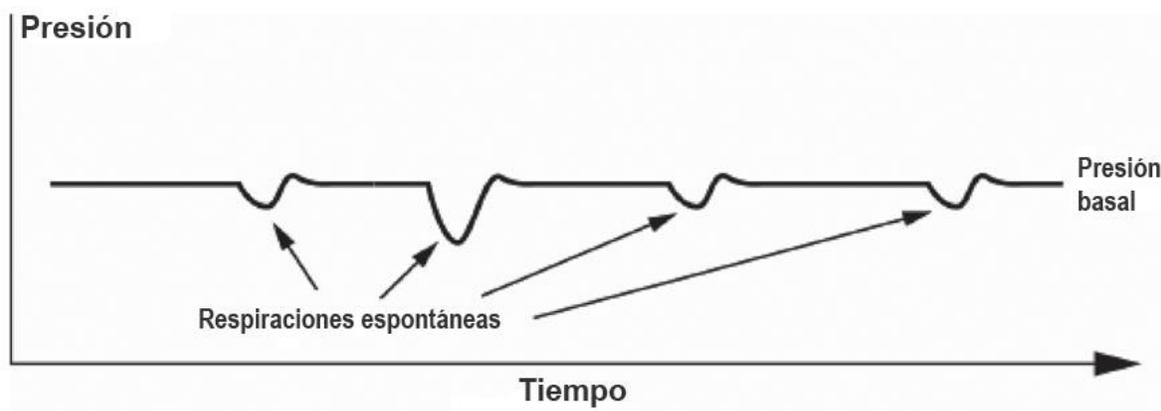
#### **2.4.2 Dispositivos de Humidificación**

A pesar de que la vía aérea superior no se interviene de manera directa durante la VMNI, la entrega prolongada de gas seco a alto flujo, puede ser superior a la capacidad de estas estructuras anatómicas para proporcionar humidificación adecuada; por tanto, se recomienda la humidificación suplementaria durante la VMNI. La elección del dispositivo puede generar

impacto sobre el trabajo respiratorio, por ejemplo: un intercambiador de calor y humedad, en comparación con un humidificador térmico, durante la VMNI se asocia con mayor WOB (0,66 J/L vs. 0,36 J/L) y mayor trabajo muscular (W: 15,5 J/min frente a 8,4 J/min).

### 2.4.3 Presión Positiva Continua en la Vía Aérea (CPAP).

Según el Consenso Chileno de Ventilación no Invasiva La presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) es un modo de operación del ventilador de un generador de alto flujo o de un compresor portátil, donde el paciente respira espontáneamente dentro de un nivel de presión superior a la atmosférica (figura 1)



**Figura 1.** Presión positiva continua en la vía aérea (CPAP). La caída de la presión durante la fase inspiratoria es dependiente del esfuerzo inspiratorio del paciente dentro de un sistema de presión elevada sobre la atmosférica.

Cualquiera sea el sistema empleado, éste debe ser capaz de generar altos flujos (entre 40-120 L/min) para satisfacer la demanda inspiratoria del paciente con insuficiencia respiratoria aguda. El flujo inspiratorio proporcionado por el ventilador mecánico es un determinante importante del trabajo respiratorio de un paciente. Si dicho flujo inspiratorio está por debajo del flujo inspiratorio demandado por el paciente, éste incrementará su esfuerzo inspiratorio, aumentando así la asincronía con el ventilador y el trabajo respiratorio.

La CPAP es, por lo tanto, una modalidad de ventilación espontánea, controlada por presión, gatillada por flujo o presión, limitada por presión, y ciclada por el paciente. En el caso del ventilador mecánico para cuidados intensivos LEISTUNG LUFT 3 AP fabricado en el

A.A.E. Tierra del fuego INDUSTRIA ARGENTINA disponible en las unidades de cuidados intensivos del Hospital Nacional El Salvador cuenta con modo ventilatorio en espontaneo Presión de soporte + presión positiva continua (PSV/CPAP).

Es un modo diseñado para adaptar el respirador a la ventilación espontánea del paciente, siendo el nivel de cambio de presión sobre la base, la variable de control que debe programarse. El paciente dispara el ventilador respiración a respiración. El operador decide qué nivel de presión se debe suministrar, la cual será mantenida durante todo el ciclo inspiratorio espontáneo del paciente. El mismo se mantiene gracias a un sistema de flujo desacelerado y servo controlado. La PSV es ciclada por flujo, permitiendo al paciente regular su tiempo inspiratorio, tiempo espiratorio, flujo inspiratorio, VT y volumen minuto. Como resultado se obtiene un mayor confort y menor trabajo respiratorio. La PSV combinada con PEEP, es la modalidad más corrientemente usada en la aplicación de VNI.

El inicio de la inspiración se produce sólo al detectarse una señal de flujo o presión generada por el paciente, finalizando, por defecto, cuando la velocidad de flujo disminuya al % de la velocidad inicial que el operador programe para adecuar el fin de la inspiración a las condiciones y/o necesidades del paciente. Como parámetros de seguridad se agrega un criterio de tiempo inspiratorio máximo (3 segundos) y un criterio de presión (5 cmH<sub>2</sub>O sobre la presión máxima programada), que al ser detectados hacen que el equipo pase a fase espiratoria.

El nivel de presión soporte se irá programando en base al volumen corriente que se desee obtener (6-8 ml/kg). Se recuerda que este último es proporcional al esfuerzo inspiratorio del paciente y a la presión de soporte programada. Como consecuencia, la ventilación alveolar, pueden variar en el tiempo ya que dependen del patrón respiratorio del paciente.

La CPAP permite generar un gradiente de presión positivo dentro del ciclo inspiración- espiración. El efecto de la presión positiva sobre ambas fases del ciclo respiratorio permite aumentar la presión media de la vía aérea, con el consecuente aumento de la capacidad residual funcional (CRF), y disminución del trabajo respiratorio en situaciones clínicas donde exista una reducción de la CRFA su vez, desde un punto de vista hemodinámico, dicha presión positiva constante intratorácica determina una caída del retorno venoso, lo permite

que la CPAP sea un modo de apoyo en la descompensación respiratoria por edema pulmonar agudo. En esta condición, la CPAP produce un rápido alivio de la disnea y mejoría del intercambio gaseoso comparado con la respiración espontánea, siempre que no exista hipercapnia ya que, como se ha dicho, esta modalidad no aumenta la ventilación.

Es un modo ventilatorio ampliamente utilizado en ventilación mecánica no invasiva e invasiva, en donde el flujo de aire se introduce en las vías respiratorias para mantener una presión continua, logrando abrir constantemente las vías respiratorias durante la respiración espontánea, tanto en la inspiración como en la espiración. Algunas de las consideraciones a tener en cuenta, es que es un método que se contraindica en el paciente ansioso, poco colaborador, con inestabilidad hemodinámica, paro cardiorrespiratorio, alteración del estado de conciencia, trauma o quemaduras en la cara.

La sincronía entre el paciente y el ventilador es uno de los principales factores que determinan el éxito de la VMNI. Si se aplica de una manera inadecuada, el trabajo respiratorio del enfermo sobrepasará al de la respiración espontánea. De los diversos componentes de la sincronía entre el paciente y el ventilador, la ansiedad, frecuencias respiratorias superiores a las 35/min o disneicos a menudo deben convencerse que el uso de una mascarilla ajustada realmente mejorará su respiración. Por lo tanto, los primeros minutos en que se proporciona la VMNI son cruciales para su éxito. La comunicación, la capacidad de tranquilizar al paciente y el apoyo por parte del médico tratante y el terapeuta respiratorio son un componente muy importante.

#### **2.4.4 Ventilación Mecánica No Invasiva con Presión Soporte.**

Aunque la CPAP se ha incluido en los modos ventilatorios, esta modalidad no incrementa claramente la ventilación. La Ventilación Mecánica No Invasiva en modo soporte de presión, por el contrario, es una verdadera forma de ventilación. Su administración requiere el uso de un ventilador. Es un modo ventilatorio que sólo asiste las respiraciones espontáneas del paciente. La ventilación con soporte de presión es un modo ventilatorio limitado por presión, iniciado por el paciente y que asume, por tanto, que el paciente es capaz de realizar un esfuerzo inspiratorio. El flujo aéreo que aporta el ventilador está en consonancia con las presiones programadas en el ventilador e influenciada por las características del sistema

respiratorio. En este modo, la frecuencia respiratoria, los tiempos inspiratorio y espiratorio dependen del paciente. Este mecanismo, el gradiente de presión que se produce entre el circuito (presión de soporte ajustada) y el alveolo, genera el flujo aéreo de asistencia inspiratoria. Los volúmenes de aire que llegan al sistema respiratorio en cada ciclo es la suma del volumen que genera el paciente más la ayuda, flujo aéreo generado, de la presión de soporte seleccionada. La asistencia del ventilador cesa cuando el flujo inspiratorio del paciente cae por debajo de una proporción del flujo pico máximo. Por tanto, el volumen obtenido en cada ciclo respiratorio es variable y depende del esfuerzo inspiratorio y del nivel de presión programado.

Una modalidad derivada de la presión de soporte, es el modo ventilatorio mediante doble nivel de presión positiva en la vía aérea (también conocido como BiPAP). En esta forma de ventilación, el clínico programa dos niveles de presión, una presión espiratoria (EPAP) que se asemeja a la PEEP de la ventilación invasiva, y una presión inspiratoria (IPAP). Al ser un sistema binivelado, permite que se puedan ajustar los límites de presión por separado, tanto en el tramo inspiratorio como en el espiratorio. La diferencia entre la IPAP y la EPAP, genera un gradiente o rampa barométrica que actúa como soporte de presión, que asiste al esfuerzo respiratorio espontáneo del paciente generando un volumen corriente mayor con menor esfuerzo.

La Ventilación Mecánica No Invasiva en modo soporte de presión o mediante doble nivel de presión, requiere una mayor experiencia del clínico que la indica, para realizar los cambios oportunos que precisa el paciente con fracaso respiratorio. La Ventilación Mecánica No Invasiva en soporte de presión o en modo con doble nivel de presión, suele iniciarse con un nivel bajo de PEEP (3-4 cmH<sub>2</sub>O) y una presión de soporte de 7-8 cmH<sub>2</sub>O, incrementando las presiones de forma progresiva, según la adaptación del paciente, para lograr un Volumen Tidal entre 4-7 ml/kg de peso (a veces menor en casos con EPOC). Con presiones de soporte de 10-18 cmH<sub>2</sub>O y 4-7 cmH<sub>2</sub>O para PEEP (IPAP 15-20 cmH<sub>2</sub>O/EPAP 4-7 cmH<sub>2</sub>O) se consigue habitualmente una ventilación adecuada. Presiones más elevadas no suelen ser necesarias, y pueden causar fugas aéreas excesivas, asincronías (especialmente si la frecuencia respiratoria es elevada) y discomfort.

En los últimos años, se ha propuesto una nueva modalidad basada en el uso de soporte de presión, pero garantizando un volumen corriente determinado al paciente, con lo que la aplicación y modificación del soporte de presión se realiza de forma automática entre un rango de presiones que programa el médico. Se han realizado estudios que comparan este modo ventilatorio con la presión de soporte habitual o con doble nivel de presión, generalmente en la EPOC. Según los resultados de estos estudios, este nuevo modo ventilatorio no parece que ofrezca ventajas adicionales con respecto a los modos más tradicionales.

#### **2.4.5 Ventiladores en la Insuficiencia Respiratoria Aguda.**

La elección del ventilador a la hora de tratar a un paciente con insuficiencia respiratoria aguda mediante la modalidad no invasiva puede ser crucial en el éxito de esta técnica, ya que se relaciona con la compensación de fugas y la tolerancia a la técnica. Los objetivos durante la Ventilación Mecánica No Invasiva pueden ser más fácilmente alcanzados si el personal de salud conoce de forma conveniente las características del ventilador (eficiencia del TRIGGER y del sistema de ciclado, velocidad de presurización, compensación de la fuga aérea, reinhalación de CO<sub>2</sub>, sistema de aporte de oxígeno y el sistema de monitorización y alarmas) del ventilador a utilizar.

##### **2.4.5.1 Clasificación de los ventiladores utilizados en VMNI.**

Aunque casi todos los ventiladores, al menos teóricamente, pueden ser utilizados para una ventilación mecánica no invasiva, el éxito de la técnica es más probable si el ventilador cumple con los siguientes requisitos:

- a) Compensar adecuadamente las fugas aéreas.
- b) Una adecuada monitorización de las curvas de flujo-presión-volumen.
- c) Circuito de doble rama (inspiratoria y espiratoria) para evitar la reinhalación de aire espirado.
- d) Aporte de oxígeno integrado en el ventilador que permita ajustar la fracción inspiratoria de oxígeno.
- e) Ajuste de la sensibilidad de Trigger inspiratorio y espiratorio, para una adecuada ayuda en el manejo de la asincronía paciente-ventilador.

Los ventiladores pueden clasificarse en 4 categorías:

- **Ventiladores domiciliarios o intermedios.** Fueron los primeros utilizados para administrar ventilación no invasiva. Existen modelos con una o dos tubuladuras, presentan como principal defecto una compensación de fugas deficiente; dependiendo del modelo de dispositivo, pueden funcionar en modo de presión o volumen. Pese a ello, aún pueden jugar un papel en la ventilación domiciliaria de pacientes con enfermedad neuromuscular crónica.
- **Ventiladores con dos niveles de presión.** Este tipo de ventilador es capaz de aportar dos niveles de presión: una presión inspiratoria (IPAP) y otra espiratoria (EPAP). Suelen ser de tubuladura única y especialmente diseñados para trabajar en presencia de fugas. Por ello, están diseñados para ser capaces de compensar de forma óptima las fugas aéreas a través de la interfaz. La fuga total que puede tolerar cada uno de los ventiladores disponibles en la actualidad no es claramente conocida. Pero lo que se conoce es que una fuga significativa conlleva a una afectación del funcionamiento del ventilador, con un inapropiado trigger y ciclado. Por ello, cualquier nivel de fugas que resulte en una asincronía del trigger o del ciclado debe considerarse inaceptable. Este tipo de ventiladores no suelen disponer de válvula espiratoria sino de un puerto exhalatorio en la tubuladura, en la porción más proximal al paciente, o bien en la misma interfaz. Con esta medida, se intenta disminuir la posibilidad de reinhalación de CO<sub>2</sub>. Una mayor reinhalación puede esperarse ante la presencia de un volumen minuto elevado. Cuando el paciente exhala más que la capacidad del puerto exhalatorio, se puede producir una reinhalación de CO<sub>2</sub>. Las desventajas que tenían la primera generación de estos ventiladores (ausencia de monitorización, módulos de alarmas poco desarrollados, necesidad de aporte de oxígeno externo) han sido subsanadas con los nuevos modelos disponibles en los últimos años. Estos ventiladores monitorizan el volumen Tidal y las fugas mediante una estimación a través de algoritmos específicos del ventilador. Los ventiladores exclusivos de ventilación no invasiva suelen funcionar mediante una turbina que proporciona un flujo de gas muy elevado por encima de los 200 litros por minuto, muy superior al flujo aportado por la mayoría de ventiladores convencionales. Este punto es

importante para una adecuada compensación de fugas durante la ventilación no invasiva.

- **Ventiladores convencionales de cuidados críticos.** Son los ventiladores utilizados en las áreas de críticos y quirófano utilizados para aportar ventilación a través de un tubo endotraqueal. Disponen de dos tubuladuras, una inspiratoria (que conduce el flujo aéreo desde el ventilador al paciente) y la espiratoria (desde el paciente al ambiente). Esto conlleva un menor riesgo de reinhalación. La capacidad de compensar fugas es muy variable, dependiendo del tipo de ventilador, y en los últimos años, muchos modelos han incorporado módulos para ventilación no invasiva, pero con una enorme variabilidad en la capacidad de compensación de fugas, según el modelo de ventilador.
- **Ventiladores híbridos.** Son modelos de ventiladores que combinan algunas prestaciones de los dos tipos anteriores. Así, disponen de circuitos ventilatorios de doble rama, módulos de alarmas y sistemas de monitorización, aporte de batería interna, disponibilidad de modos ventilatorios volumétrico y presométrico, y posibilidad de ajuste de múltiples parámetros inspiratorios y espiratorios.

#### **2.4.5.2 Ventilador Leistung LUFT 3 AP.**

Este ventilador es utilizado en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador, junto con los ventiladores: ZOLL EMV+ y el Ventilador Mindray SV300; estos ventiladores son destinados al área de UCI ya que proporcionan una estabilidad al paciente que lo utiliza.

Según el manual del fabricante, los ventiladores LUFT 3 AP están destinados a la ventilación a presión positiva a pacientes adultos y pediátricos, con la excepción del uso en neonatos. Debido a sus funciones, su uso es propicio para ambientes hospitalarios, específicamente a pacientes en estado crítico que se encuentran en la unidad de terapia intensiva (UTI); sin embargo su uso está limitado para uso hospitalario, ya que este no puede ser utilizado como ventilador de transporte (motivo por el cual, la unidad de cuidados intensivos utiliza el ventilador ZOLL EMV+ como ventilador de transporte); el uso del equipo solo puede ser utilizado por personal debidamente entrenado, ya que este ventilador tiene la utilidad de usarse en la modalidad de ventilación invasiva como la modalidad no invasiva.

Este ventilador integra tecnología de pantalla táctil y sistema de control por microcontrolador, ofreciendo una de las más completas gamas en modos ventilatorios disponibles; por lo cual permite un monitoreo más preciso de la condición del paciente; siendo más utilizados los modos asistidos/controlados: VCV y PCV. Dentro de su gama de prestaciones lo hacen apto para cualquier tipo de pacientes mayor a 3 años (ya que dentro de las especificaciones del fabricante menciona que este no es apto para pacientes neonatos), ofreciendo una adaptabilidad a cada paciente, siendo capaz de proporcionar prestaciones complejas y exigentes de las terapias en forma eficaz, confiable, precisa y a un bajo costo operativo y de mantenimiento.

El ventilador está integrado por un circuito paciente flexible, un sistema de control, una fuente de gases, un monitor y un sistema de alarmas. El sistema de control del ventilador (el cual está basado en un microcontrolador) regula la presión, el volumen o el flujo de la respiración a presión positiva entregada al paciente, así como la fracción de oxígeno inspirado ( $FiO_2$ ) en base a los valores de las variables de control seleccionadas; los sensores dispuestos dentro del ventilador pueden medir la presión o el flujo en la vía aérea y proveen retroalimentación al ventilador para que éste ajuste automáticamente su salida. La pantalla táctil, mediante su interfaz intuitiva, proporciona las variables de monitorio necesarias y el estado de las alarmas, brindando una óptima facilidad de manejo, posibilitando al operador al acceso de todos los parámetros del equipo simplificando el número de operaciones.

El sistema de alarmas posee mensajes activos y advertencias, los cuales permiten que el operador, tome conocimiento de las advertencias que requieren su atención, ya sea dificultades con el paciente (asincronía) o problemas con el equipo (falla del ventilador). Un punto favorable del ventilador, son los valores iniciales predeterminados (“configuración por defecto”), lo que garantiza que la puesta en marcha sea segura y precisa, permitiendo el control sobre el ventilador. El sistema de alimentación es a través de la red eléctrica y de una batería interna (6 horas de uso), la cual inicia su vida útil desde que se enciende el ventilador hasta que este sea retirado, mientras el ventilador esté conectado a la red eléctrica, la batería no será requerida, y está formada parte del juego si el ventilador no recibe electricidad de manera externa (red eléctrica), lo cual es útil ante apagones y/o fallas en la red eléctrica hospitalaria, teniendo una duración de 6 horas de uso con batería cargada al 100%, y necesitando 24 horas

para recargar la batería totalmente. El ventilador recibe una mezcla de gases (aire y oxígeno) de la red de gases medicinales de la sala cuyo flujo al paciente puede ser regulado por las válvulas de control de flujo. Para la obtención de una  $FiO_2$  que se desea suministrar al paciente se mezcla el aire y el oxígeno internamente.

El ventilador LUFT 3 AP posee un sistema de interconexión al circuito paciente rápido, seguro e inequívoco, que evita cualquier posibilidad de error. Trabaja con un circuito de dos ramas para el transporte del gas; transportando el gas desde el ventilador al paciente a través de la rama inspiratoria y retornando el gas espirado a la válvula espiratoria a través de la rama espiratoria, la cual se cierra para mantener la presión del circuito pulmón/paciente. El circuito paciente también provee sitios donde el gas suministrado se calienta y/o humidifica, se monitorea la presión de la vía aérea proximal, se acondiciona con medicamentos nebulizados y se colecta la condensación. La insuflación pulmonar durante la ventilación mecánica se produce cuando se aplica un flujo de aire en la vía aérea; esta presión incremental eleva la presión intrapulmonar y produce un gradiente de presión transpulmonar entre los alvéolos y el espacio pleural. EL gradiente de presión transpulmonar interacciona con la mecánica del sistema respiratorio (modo primario, distensibilidad del pulmón-pared torácica y resistencia de las vías aéreas) para conseguir un cambio de volumen en el parénquima pulmonar. La espiración se produce de forma pasiva, cuando la presión en la abertura de la vía aérea retorna al nivel de la presión atmosférica. Los determinantes primarios del flujo aérea espiratorio son la presión de retracción elástica del sistema respiratorio, adquirida durante la insuflación, y la resistencia al flujo aérea espiratorio del paciente (ver anexo 6).

Es preciso conocer las características tecnológicas de un ventilador a la hora de una adecuada utilización del mismo. Así, debemos de tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- a) Aporte de Oxígeno.
- b) Circuitos del ventilador.
- c) TRIGGER
- d) Flujo Inspiratorio
- e) Frecuencia Respiratoria de Rescate.
- f) Compensación de Fugas aéreas
- g) Batería y Sistema de alarmas

Los ventiladores presuémtricos de doble nivel de presión estaban dotados de un circuito ventilatorio de rama única. Debido a ello, la exhalación del paciente producía que el aire espirado fuera dirigido, en parte, a este circuito que presentaba un puerto exhalatorio en la porción más proximal con respecto a la interfaz. Este sistema de circuito único con puerto exhalatorio, predispone a la reinhalación de CO<sub>2</sub> espirado que podía empeorar el fallo respiratorio hipercápnico. Para intentar disminuir la reinhalación, se puede ventilar con un nivel de EPAP mayor de 5 cmH<sub>2</sub>O, pero que, a su vez, puede ocasionar intolerancia con los niveles más elevados. También se puede utilizar otros puertos exhalatorios conectables al circuito ventilatorio<sup>94</sup>. Existen varios modelos de dispositivos, que favorecen la eliminación de CO<sub>2</sub>, el más analizado es la válvula plateau. Este sistema dispone de un diafragma que limita la pérdida de aire en la inspiración y lo redirige hacia el exterior en la espiración. Algunos estudios han evaluado el uso de la válvula plateau comparada con un puerto exhalatorio habitual, mostrando una mejor eliminación de CO<sub>2</sub>.

#### **2.4.5.3 Trigger inspiratorio y ciclado espiratorio.**

La optimización de la interacción entre paciente y ventilador está íntimamente relacionada con la capacidad del ventilador de detectar el mínimo esfuerzo del paciente tan rápido como sea posible, y en finalizar el aporte ventilatorio inmediatamente al inicio de la espiración. De forma ideal, los trigger inspiratorios deben de tener una elevada sensibilidad para responder al esfuerzo del paciente y activar el soporte mecánico. Los ventiladores de doble nivel de presión suelen estar equipados con trigger de flujo, con una respuesta más rápida que los ventiladores basados en trigger de presión, precisando menos esfuerzo inspiratorio para iniciar la insuflación, lo que es importante sobre todo en la EPOC. Sin embargo, el significado clínico de esta diferencia en el trigger no está clara, y podría tener muy poca relevancia clínica. El ciclado del ventilador a espiración durante la ventilación en soporte de presión es flujo dependiente, y se produce cuando el flujo cae a un porcentaje determinado del flujo pico (generalmente al 25%), aunque lo ideal sería que el ciclado coincidiera con el fin del esfuerzo del paciente y así evitar las asincronías pacientes/ventilador.

El triggers inspiratorio y espiratorio marcan el inicio de la inspiración y el ciclado de ésta a la espiración. Según el control de ellos por parte del paciente, se distinguen varios modos en VNI:

- **Modo Espontáneo.** El paciente controla el inicio y el fin de la inspiración. Es el caso de la VMNI mediante presión de soporte o con doble nivel de presión.
- **Modo Asistido.** El paciente controla el inicio de la ventilación, pero la duración de la inspiración es regulada por el clínico, que selecciona el volumen o presión, la relación de tiempo entre inspiración y espiración y la sensibilidad del trigger.
- **Modo Asistido-Controlado.** Igual que en el modo asistido, el paciente inicia la inspiración, pero el fin de ella depende del clínico. Pero, además, el clínico programa una frecuencia de rescate, por la cual, si el paciente presenta una frecuencia respiratoria menor que la programada, será el ventilador el que marque el número de respiraciones a realizar, pasando el modo de asistido a controlado.
- **Modo Controlado.** Es un modo ventilatorio automático basado en el tiempo. El ventilador controla el inicio y fin de la inspiración y, por tanto, la frecuencia respiratoria. En este modo, todo el trabajo de la respiración lo realiza el ventilador.

**Flujo inspiratorio.** Los pacientes con EPOC descompensada se ventilan mejor con elevados flujos inspiratorios, al contrario que los que padecen enfermedad neuromuscular. Los ventiladores que pueden modificar el tiempo en que se alcanza la presión prefijada (rise time) pueden ser de gran utilidad en estos casos. Debido a que al incrementar o disminuir este tiempo puede provocar intolerancia o asincronía del paciente, lo ideal es que el ajuste se realice de forma individual, atendiendo a la situación clínica del sujeto, teniendo en cuenta que la mayoría de pacientes agudos o crónicos agudizados se ventilarán con un elevado “rise time” (tiempo entre 0,05 y 0,1 segundo).

**Frecuencia respiratoria de rescate.** La mayoría de pacientes que son subsidiarios de VMNI por insuficiencia respiratoria muestran una adecuada situación de consciencia y una frecuencia respiratoria elevada. En la inmensa mayoría de las ocasiones, la frecuencia respiratoria la marca el paciente. Por tanto, la frecuencia respiratoria que el clínico programa en el ventilador no es la que realiza el paciente. Pero su adecuada programación es esencial. La disponibilidad de tener un ajuste de frecuencia respiratoria mínima de rescate, ante el caso de que el paciente finalmente se agote y presenta bradipnea, evita una hipoventilación no deseada. Así mismo, es fundamental disponer de esta opción cuando se utiliza medicación sedante o cuando el paciente presenta encefalopatía hipercápnicahipóxica.

**Compensación de fugas aéreas.** Las fugas aéreas durante la VMNI se producen de forma universal en todos los pacientes. Existen fugas intencionadas (las que se producen a través de los orificios o válvulas exhalatorias) y las no intencionadas. Estas últimas se producen en la zona de contacto entre la interfaz y la piel del paciente, y aparecen con cualquier interfaz utilizada. En el caso de usar una mascarilla nasal, suelen producirse a través de la apertura bucal. Aunque unas fugas excesivas pueden ser perjudiciales, una fijación excesivamente fuerte de la interfaz a la cara para eliminar las fugas debe de evitarse. ya que se relaciona claramente con la aparición de ulceraciones cutáneas. Generalmente, las fugas son más marcadas en la inspiración, debido al mayor nivel de presión alcanzado en esta fase del ciclo respiratorio. Las fugas, cuando son cuantiosas, producen problemas ventilatorios, disconfort y complicaciones, favorecen las asincronías y finalmente el fracaso de la VMNI. Las fugas no intencionadas y excesivas se relacionan con la presentación de aerofagia, odinofagia, sequedad de boca, irritación ocular, síntomas nasales e intolerancia. La presencia de fugas pone en marcha el mecanismo de compensación de fugas del ventilador. En el caso de los ventiladores de circuito único, que no disponen de neumotacógrafos adecuados para calcular de forma precisa las fugas, éstas son calculadas de forma aproximada. Entre los diferentes modelos de ventilador, la capacidad de compensación de fugas es muy variable. Un estudio muestra que la sincronización paciente ventilador es mejor con el uso de ventiladores propios de no invasiva con fugas que en los propios de UCI sin fugas. Otro estudio mostró que las asincronías no sólo dependían del ventilador utilizado, sino también de la patología respiratoria. También ha sido evaluada la respuesta ante las fugas en diferentes modos ventilatorios. En el modo volumen control, el ajuste tras una fuga y la compensación es mucho menos eficaz que en los modos presuémicos.

**Batería y sistema de monitorización y alarmas.** Los pacientes bajo VNI en el ámbito hospitalario o extrahospitalario precisan ser movilizados durante la aplicación del soporte ventilatorio. La disponibilidad de ventiladores con baterías internas disminuye el riesgo inherente al suspender el apoyo ventilatorio. Incluso existen modelos de ventilador con baterías externas que garantiza un aporte eléctrico prolongado. A diferencias de las primeras generaciones de ventiladores no invasivos, los actuales modelos disponen de una amplia selección de alarmas para una correcta seguridad del paciente. Así mismo, disponen de sistema de monitorización de curvas de presión-flujo-volumen que permite un mejor control

de la sincronía del paciente-ventilador, así como un diagnóstico más exhaustivo del tipo y número de asincronías. Sin embargo, un estudio reciente muestra que el diagnóstico de asincronía es difícil simplemente con la visualización del registro de ondas, incluso para el personal experto en VMNI.

Los diferentes aspectos técnicos del funcionamiento de los ventiladores utilizados en VMNI, han sido evaluados en diferentes estudios. En una reciente revisión, se llega a la conclusión de que los estudios clínicos y de laboratorio realizados hasta la fecha favorecen el uso de los ventiladores con doble nivel de presión en presencia de fugas, aunque algunos ventiladores de cuidados críticos pueden tener un funcionamiento similar en estas circunstancias. Independientemente de esto, ante las características individuales de cada dispositivo, el clínico debe de estar previamente entrenado y familiarizado con cada una de las funciones del mismo.

Pese a que los ventiladores presurétricos son considerados como los mejores para aportar VNMI, con respecto a los ventiladores convencionales, no existen estudios clínicos en pacientes que hayan demostrado mayor eficacia a la hora de evitar la intubación endotraqueal y mejoría en el pronóstico con el uso de este tipo de ventiladores, ni en el paciente agudo ni en el crónico. Por otro lado, parece lógico asumir la afirmación que realizó la Sociedad Británica del Tórax cuando recomendó la utilización de un único tipo de ventilador para la modalidad no invasiva, ya que supondría un mejor conocimiento del mismo por parte del personal sanitario.

#### **2.4.6 Interfaz ventilador-paciente en VMNI**

La diferencia fundamental entre la ventilación mecánica convencional y la VMNI con presión positiva radica en que en esta última el gas es liberado a la vía aérea a través de una mascarilla u otra interfaz sin invadir la vía aérea. La función principal de esta interfaz es la de conectar el ventilador con la superficie facial del paciente para optimizar la entrada, más o menos uniforme, de gas presurizado en la vía aérea, a la vez que intenta minimizar las pérdidas aéreas, con objeto de alcanzar niveles óptimos de adaptación y confort del paciente.

La interfaz utilizada en el escenario de la insuficiencia respiratoria aguda consta de dos componentes, el dispositivo para fijar la interfaz al paciente y la interfaz propiamente dicha.

Los diferentes dispositivos utilizados como interfaz precisan de un sistema de fijación, que proporciona la estabilidad necesaria de la interfaz sobre la superficie facial del sujeto, desempeñando un papel importante en el éxito de la técnica, puesto que de su buen manejo depende la adaptación del paciente y el volumen de fugas aéreas producido. Existe en el mercado una amplia variedad de sistemas de fijación, la mayoría de ellos diseñados para cada tipo de interfaz específica. El anclaje de los mismos se realiza como mínimo sobre 2 puntos en la interfaz, siendo mayor la estabilidad de la fijación cuanto mayor es el número de anclajes. Si el sistema de fijación se ajusta con demasiada intensidad puede aumentar la intolerancia y el riesgo de lesiones cutáneas. Una interfaz bien ajustada debe de permitir el paso de dos dedos por debajo de ella. La importancia del sistema de fijación a la hora de prevenir lesiones cutáneas, ha llevado a la creación de un detector de la presión que ejerce la interfaz sobre la piel, que permite un feedback en tiempo real con el personal que coloca la interfaz. Con este sistema se detectan presiones elevadas por una fijación excesiva.

En la actualidad existen 6 tipos de interfaz diferentes con una amplia variedad de diseños, tamaño y material. Esta amplia oferta favorece la individualización de la interfaz a utilizar. Una adecuada selección, en función de la anatomía facial del paciente, el tipo de patología subyacente y las preferencias del paciente, es un aspecto de capital importancia para su correcta aplicación clínica. En muchas ocasiones, el fracaso del soporte ventilatorio no invasivo está producido por la intolerancia a la interfaz utilizada, habiéndose evidenciado que hasta un 10-15% de los pacientes a los que se aplica VMNI se produce un fracaso de la técnica debido a problemas con la interfaz pese a la optimización de la misma. Por todo ello, la elección de la interfaz, con el conocimiento de sus ventajas e inconvenientes, se considera un punto esencial en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria mediante VMNI.

Aunque existen múltiples tipos de interfaz utilizadas para aplicar VNI, en el ámbito del paciente crítico con IRA debido a insuficiencia cardiaca, las más utilizadas y de preferencia son fundamentalmente dos, las mascarillas y el “helmet” (ver anexo 5).

#### **2.4.7 Mascarillas de Interfaz de VMNI.**

Es considerada la interfaz más utilizada; en su mayoría están formadas por una estructura de plástico rígido y transparente de cloruro de polivinilo, policarbonato o plástico, que se encuentra bordeado por una almohadilla elaborada de cloruro de polivinilo, polipropileno,

silicona, elastómeros de silicona o hidrogel. Actúan como un “cojín almohadillado” que se ajusta a la piel para impedir la salida del gas y la pérdida de presurización del sistema. Algunos modelos de mascarillas disponen de puertos exhalatorios en la misma estructura, para evitar la reinhalación de CO<sub>2</sub>. Generalmente estas mascarillas con puerto exhalatorio incorporado se utilizan exclusivamente con ventiladores específicos de no invasiva. En la actualidad, disponemos de 3 tipos diferentes de mascarillas:

- **Mascarilla nasal.** Ampliamente utilizada para la administración de VMNI, tanto en su modalidad CPAP como con doble nivel de presión, especialmente en aquellos casos que requieren de asistencia respiratoria crónica. Cubre la nariz, pero no la boca. Se apoya en el puente de la nariz, los pómulos y el labio superior. Debido a esto, causa a menudo irritación de la piel, enrojecimiento, y ocasionalmente ulceraciones, llegando a producir ocasionalmente necrosis. Permiten la ingesta, el habla y la expectoración. No generan distensión gástrica y no presentan riesgo de asfixia en casos de malfuncionamiento del ventilador. Como inconvenientes, produce obstrucción e irritación nasal y rinorrea. No se aconseja utilizar en pacientes con apertura bucal durante el sueño, o con dificultad para respirar por la nariz.
- **Mascarilla oronasal o facial.** Su superficie de cobertura abarca tanto a la nariz como a la boca, y se apoyan en el puente de la nariz, pómulos y labio inferior. Se emplea principalmente en las situaciones de fracaso respiratorio agudo, para optimizar la entrega del O<sub>2</sub>, si se tiene en consideración que este tipo de pacientes respira, fundamentalmente, a través de la boca. En los últimos años se han realizado mejoras en el diseño de las mismas, con sellado más confortable, incorporación de sistemas de desanclaje rápidos y válvulas antiasfixia para prevenir el fenómeno de “rebreathing” en caso de fallo del ventilador. Los inconvenientes de este tipo de mascarilla vienen derivados de su tamaño y extensión, dificultando el habla, la comunicación, la ingesta y la expectoración. También puede producir broncoaspiraciones y reinhalación de CO<sub>2</sub> (presenta mayor espacio muerto que la mascarilla nasal), además de lesión cutánea por presión en los puntos de contacto con nariz y frente. Algunas mascarillas oronasales disponen de orificios para una mejor eliminación e impedir la reinhalación de CO<sub>2</sub>. También se han diseñado mascarillas

faciales para utilizar VMNI durante procedimientos invasivos, sobre todo digestivos o respiratorios.

- **Mascarilla facial total.** Para evitar los inconvenientes de la mascarilla oronasal, surge la mascarilla denominada “total face” o facial total. Esta mascarilla está realizada en plástico transparente e incorpora un suave sello que se ajusta alrededor de todo el perímetro de la cara del paciente, con lo que, al repartir la presión sobre una superficie mayor, minimiza el desarrollo de lesiones cutáneas. Tiene como desventajas un mayor espacio muerto. Presenta la ventaja de proporcionar una mayor presión de gas con menos fugas. Requiere, además, menos colaboración por parte del paciente.

Debido a que la respiración a través de la boca es la prevalente en el paciente con IRA, la mascarilla orofacial o la facial total son las preferidas en estos pacientes, seguida de la nasal. Una encuesta, llevada a cabo en Europa y Norteamérica, muestra que la mascarilla oronasal es la utilizada en primer lugar en el 70% de los pacientes, seguida de la total face, la nasal y el casco o helmet. En este sentido, es importante conocer que la aplicación de una presión positiva a través de una mascarilla oronasal puede ocasionar un colapso de la vía aérea. Se ha propuesto el hecho de que la presión positiva en la vía aérea oronasal iguale la presión en el compartimento orofaríngeo y nasofaríngeo, lo que elimina el gradiente de presión y favorece la caída gravitacional de la lengua y el paladar blando pudiendo producir una obstrucción de la vía aérea. Este hecho puede ser especialmente importante en los sujetos con síndrome de obesidad hipoventilación que presentan IRA hipercápnica. Debido a esto, aunque las mascarillas orofaciales son las preferidas en el paciente agudo, una vez conseguida la estabilización clínica, debe de cambiarse a máscara nasal si el paciente lo tolera. Con ello, también favorecemos una mejor tolerancia y menor riesgo de lesiones cutáneas.

- **Casco o “helmet”.** Consiste en un cilindro de polivinilo transparente libre de látex y provisto de diversos canales de trabajo a través de los cuales se pueden realizar técnicas diagnósticas (procedimientos endoscópicos entre otros) e incluso nutrir al paciente. En este cilindro se encierra la cabeza del paciente y se asegura mediante un anillo rígido inferior y un sistema de ajuste. Su uso presenta importantes ventajas con

respecto al resto de interfaz. En primer lugar, por su diseño, presenta unos razonables niveles de confortabilidad a la vez que permite la interacción del paciente con el entorno. En segundo lugar, su sistema de fijación presenta un menor riesgo de producir lesiones cutáneas. En último lugar, a diferencia del resto de interfaces (condicionadas por la fisonomía del enfermo) el casco puede ser aplicado obviando el contorno y las lesiones faciales, si las hubiera. Sin embargo, la VMNI mediante “helmet” presenta mayor nivel de ruido que con otros tipos de interfaces y no es tan efectiva como la mascarilla orofacial para mejorar la hipercapnia en la EPOC agudizado.

En la actualidad, existen diferentes modelos y tamaños de Helmet, así como diferentes sistemas de fijación. Los más utilizados en adultos son fáciles de colocar, precisando un sistema de fijación mediante 2 correas que se colocan bajo las axilas. Aunque se ha utilizado esta interfaz para aportar ventilación mediante soporte de presión, la mayoría de autores lo ha utilizado en modo CPAP tanto en las unidades de cuidados intensivos como en otras unidades (hospitalarias y extrahospitalarias). De esta forma, la patología que más puede verse beneficiada con el uso de este dispositivo sería el edema pulmonar cardiogénico, insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica desarrollada durante el postoperatorio abdominal, neumonía adquirida en la comunidad grave, en pacientes hematológicos con complicaciones respiratorias y en el SDRA. Igual que con otras formas de interfaz, la evolución de la tecnología también redundará en las características de los nuevos cascos, evidenciándose mayor nivel de confortabilidad y menos asincronías en los más recientes.

La eficacia de la VMNI mediante helmet en comparación con una mascarilla oronasal convencional ha sido testada en pacientes con SDRA. El metaanálisis realizado muestra una reducción significativa de la intubación, mortalidad y complicaciones con el uso del helmet, sin diferencias en los parámetros gasométricos ni en la estancia. El descenso de la mortalidad sobre todo se objetivó en el grupo de IRA hipoxémica, mientras que la reducción de la intubación se evidenció tanto en pacientes hipoxémicos como hipercápnicos, independientemente del modo ventilatorio. En este metaanálisis, también se objetiva que en los pacientes con insuficiencia respiratoria hipercápnica, tratados sobre todo con presión de soporte y helmet, la PaCO<sub>2</sub> disminuye de forma significativa. En el análisis de subgrupos de

interfaces utilizadas en VMNI en un reciente metaanálisis sobre eficacia de la VMNI en IRA hipoxémica no hipercápnica, se sugiere que el helmet reduce la intubación y la mortalidad hospitalaria, comparado con la máscara facial o nasal. Para responder si el helmet puede ser perjudicial por el amplio espacio muerto y favorecer la reinhalación de CO<sub>2</sub> en pacientes hipercápnicos se han realizado algunos ensayos clínicos. Un estudio evalúa el uso secuencial de máscara facial seguida de helmet en la EPOC exacerbado. Inicialmente los pacientes eran ventilados de forma no invasiva mediante máscara facial. A las dos horas, si se evidencia mejoría de parámetros clínicos y gasométricos, se aleatorizaban a seguir con máscara facial o helmet.

Diferentes estudios sugieren que el helmet es una interfaz muy prometedora, sobre todo cuando se requieren utilizar presiones positivas elevadas y en los que no toleran las mascarillas. Sin embargo, requiere un entrenamiento cuidadoso por parte del personal clínico antes de su utilización.

### **Otras interfaces**

Aunque en el paciente con IRA las mascarillas y el casco son las interfaces más utilizadas, se disponen de otras interfaces, las boquillas o mascarillas bucales y las almohadillas nasales, que, aunque se utilizan fundamentalmente en el paciente estable con IRC, pueden utilizarse a veces en las agudizaciones.

### **2.4.8 Ventajas de la Ventilación Mecánica No Invasiva.**

La aplicación de la ventilación no invasiva ofrece una serie de ventajas respecto a su contraparte (la ventilación invasiva), entre las cuales se pueden encontrar:

- Evita las complicaciones derivadas del proceso de intubación orotraqueal y de la ventilación mecánica tales como: broncoaspiración, dificultad en intubación, lesiones laringotraqueales, deterioro hemodinámico, arritmias, barotrauma, entre otras.
- Disminuye la incidencia de infección nosocomial, al no interferir con los mecanismos de defensa de la vía aérea, disminuyendo las aspiraciones de contenido faríngeo, de tal forma que reduce la presencia de infecciones en la vía aérea superior y la incidencia de neumonía nosocomial asociada a la ventilación mecánica.

- Mejora el bienestar y autonomía del paciente, puesto que éste puede hablar o comer, además evita la necesidad de sedación profunda, mejorando el discomfort asociado a la intubación.
- Evita las complicaciones derivadas de la sedoanalgesia utilizada durante la ventilación invasiva. Pese a que los pacientes con VNI pueden recibir medicación sedoanalgésica, las dosis y la duración de la misma son mucho menores que en el caso del paciente intubado.
- En algunas patologías, supone, por lo general, una alternativa más eficiente que la intubación puesto que reduce tanto la estancia hospitalaria como los costes derivados de la misma.
- Permite su uso en áreas donde de forma tradicional no se ha utilizado VMI, pudiendo disminuir la necesidad de ocupación de camas de UCI por estos pacientes.

#### **2.4.9 Complicaciones de la Ventilación Mecánica No Invasiva.**

La VMNI como cualquier otra técnica de soporte orgánico tiene unas claras ventajas, pero también inconvenientes. En la génesis de las complicaciones relacionadas con la VMNI existe una interrelación entre los diferentes componentes del soporte no invasivo, la interfaz (dispositivos que comunica al paciente con el ventilador), el ventilador (la máquina que genera el flujo aéreo dirigido al paciente), y el modo ventilatorio (la forma de suministrar este flujo aéreo y los parámetros respiratorios utilizados). Pero, además, el factor humano, tanto el paciente como los profesionales sanitarios que lo atiende, tienen una importancia capital no sólo en la presentación de complicaciones, sino en la detección del riesgo de desarrollarlas, la toma de medidas preventivas y el tratamiento precoz una vez presentadas.

La verdadera prevalencia e incidencia de las complicaciones de la VMNI no son bien conocidas. Gran parte de los artículos publicados sobre eficacia o efectividad de la terapia no invasiva hacen poca referencia a las complicaciones derivadas de ella. Sin embargo, la importancia de las complicaciones relacionadas con la VMNI viene determinada no sólo por la morbilidad que representan sino, además, porque pueden ser, en muchas ocasiones, el desencadenante de fracaso de la VMNI, lo que puede repercutir en el pronóstico final del paciente.

Las complicaciones relacionadas con la VMNI pueden clasificarse en tres grupos, las relacionadas con la interfaz, las relacionadas con el flujo y la presión utilizadas y las relacionadas con las características individuales del paciente. Lógicamente, una misma complicación puede estar relacionada con varias de las anteriores al mismo tiempo.

#### A. **Complicaciones relacionadas con la interfaz.**

Existen múltiples dispositivos para administrar VMNI que se han utilizado en el paciente con insuficiencia respiratoria. En el paciente agudo, fundamentalmente, se han utilizado 4 tipos, la mascarilla nasal, la oronasal, la mascarilla facial total y el helmet o casco. Cada una de ellas tiene ventajas e inconvenientes. Todos estos dispositivos precisan de un arnés, o sistema de anclaje de la interfaz a la cara o cuerpo del paciente. Las complicaciones derivadas de la interfaz están claramente relacionadas con la presión ejercida por la misma sobre la superficie cutánea y que depende de la presión de ajuste del arnés sobre la cabeza (en el caso de las mascarillas) o sobre las axilas (en caso del helmet). Entre las complicaciones más frecuentes debido a la interfaz y dispositivos relacionados, se encuentran:

- ✚ **Lesión cutánea.** La lesión cutánea se produce por la presión ejercida por la superficie de la mascarilla o el arnés sobre la piel. La presencia de esta complicación depende fundamentalmente de dos factores, de la presión ejercida por el sistema de fijación para minimizar las fugas aéreas y del tiempo de aplicación de la VMNI. Las zonas más frecuentemente afectadas son el puente de la nariz, la frente y los surcos nasogenianos cuando se utilizan las mascarillas faciales. Sin embargo, en el caso del helmet, podemos encontrar lesiones cutáneas en las axilas. La prevalencia de la lesión cutánea durante la VMNI es elevada, pudiendo desarrollarse con unas pocas horas de terapia ventilatoria, afectando al 5-30% de los pacientes, y cuando se valora las formas más leves puede afectar al 100% cuando el soporte ventilatorio dura más de 48 horas. Las lesiones cutáneas son más frecuentes y se desarrollan más temprano (con una media de alrededor de 24 horas de aplicación) con la mascarilla oronasal que con el uso de la mascarilla facial total. Es fundamental una adecuada selección de la interfaz para cada paciente, teniendo en cuenta la forma, tamaño y las características del sellado aéreo. Se recomienda no ejercer una presión excesiva de la mascarilla, aflojando el arnés de fijación y tolerando un nivel de fugas aéreas que

permita una adecuada sincronía paciente-ventilador. Otras medidas recomendadas son el favorecer descansos periódicos de unos minutos, siempre que el paciente tolere las desconexiones del ventilador, alternar diferentes tipos de mascarilla o el hinchado del sellado con agua en vez de aire.

✚ **Reinhalación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** Por las propias características de la VMNI, la interfaz y el tipo de circuito utilizado, la posibilidad de reinhalar el propio CO<sub>2</sub> del paciente es muy elevado. La interfaz en el caso de VMNI supone un incremento del espacio muerto adicional, estando relacionado con el volumen de la interfaz utilizada. Debido a ello, la reinhalación de CO<sub>2</sub> es menor con mascarilla que con el helmet, siendo este último, además, menos eficaz en la eliminación de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, la reinhalación de CO<sub>2</sub> también puede variar con el tipo de mascarilla oronasal utilizada. En algunos estudios, la reinhalación y la eliminación del CO<sub>2</sub> es más eficaz en aquellas mascarillas que integran en su diseño el puerto exhalatorio. También el circuito ventilatorio del que dispone el ventilador influye en la reinhalación de CO<sub>2</sub>. Los ventiladores que funcionan con circuito único, donde se puede mezclar el aire que fluye desde el ventilador con el aire espirado del paciente, pueden favorecer la reinhalación. Finalmente, el tipo de válvula exhalatoria empleada, de menor o mayor tamaño, pueden favorecer la eliminación del dióxido de carbono.

✚ **Claustrofobia, malestar, intolerancia.** La aplicación de VMNI supone un estrés para el paciente derivado de la misma enfermedad que motiva su uso (la disnea es un síntoma subjetivo que condiciona ansiedad, temor), así como de los dispositivos que utilizamos para su tratamiento. Los síntomas psicológicos que puede desarrollar un paciente durante el soporte ventilatorio no invasivo, pueden ser muy diversos. Los pacientes bajo VMNI pueden expresar claustrofobia (miedo a los espacios cerrados) motivado por la aplicación de una mascarilla a la boca y nariz, que a veces dificulta la respiración del paciente, aumentando la sensación de asfixia. A esta sensación se suma a veces un malestar, sensación desagradable, relacionada, no sólo con la interfaz aplicada, sino también con la presión o flujo aéreo programado en el ventilador. Otro factor añadido es la presencia de lesiones cutáneas, que dificultan la VNI por el dolor producido por la presión ejercida sobre una piel dañada. Estas sensaciones que se

producen en un paciente disneico y taquipneico condicionan un discomfort, que pueden repercutir en el grado de tolerancia a este tipo de soporte, cuyo grado más extremo es la intolerancia total al soporte ventilatorio y que desemboca en el fracaso de la misma. El empleo de medicación sedante en el paciente con VMNI implica una monitorización estricta del sistema neurológico, hemodinámico y respiratorio, y el empeoramiento del funcionamiento de cualquiera de ellos supone el fracaso del soporte no invasivo y debe de motivar la intubación inmediata del paciente.

✚ **Malfuncionamiento mecánico.** Una amplia variedad de complicaciones mecánicas puede ocurrir durante la VMNI, de forma similar a lo que sucede con la ventilación invasiva convencional. La desconexión accidental del circuito al ventilador o a la interfaz, fugas en el circuito del ventilador, pérdida de energía eléctrica y pérdida de presión de gas, pueden ocasionar una situación catastrófica para el paciente al que de forma súbita se le priva del soporte ventilatorio. En estos casos, sobre todo con insuficiencia respiratoria hipoxémica, incluso unos breves instantes sin aporte de oxígeno, soporte de presión o la pérdida de la presión espiratoria al final de la espiración, pueden ocasionar parada cardiorrespiratoria. La estricta vigilancia por parte del personal sanitario, una adecuación y estricto uso de los sistemas de alarmas del ventilador y del sistema de monitorización del paciente, así como un protocolo de revisión de los dispositivos utilizados de forma exhaustiva, deben de minimizar los problemas de malfuncionamiento mecánico de los ventiladores y del material utilizado.

✚ **Asincronía paciente ventilador.** La sincronía entre el paciente y el ventilador es fundamental para que se consigan los objetivos de la ventilación. Se define la asincronía paciente-ventilador como una condición en la que existe una falta o ausencia de acoplamiento entre los mecanismos neurales del individuo y las respiraciones mecánicas asistidas o cuando el flujo entregado por el ventilador es inadecuado para cubrir la demanda de flujo del paciente. En general, resulta del desfase entre el ciclo ventilatorio del paciente, definido por el tiempo inspiratorio y espiratorio neural, y el ciclo ventilatorio mecánico, definido por los tiempos inspiratorio y ventilatorio mecánicos. Para una correcta sincronización es necesario que el esfuerzo inspiratorio del paciente genere la inmediata asistencia ventilatoria,

que la provisión de flujo sea la adecuada a la demanda del enfermo y que el cese del esfuerzo inspiratorio corte la insuflación, de lo contrario se producirá una desadaptación que puede tener consecuencias deletéreas para la mecánica pulmonar y el intercambio gaseoso. El resultado de esta alteración provoca taquipnea, esfuerzos inspiratorios inútiles/ineficaces, hiperinsuflación dinámica y generación de auto-PEEP. Todas estas consecuencias conducirán a la fatiga de los músculos respiratorios, hipoventilación alveolar, desaturación y, finalmente, fracaso de la VMNI.

#### **B. Complicaciones relacionadas con la presión y flujo aéreo.**

Las complicaciones relacionadas con la presión y el flujo aéreo utilizado durante el soporte respiratorio no invasivo son menos frecuentes que las relacionadas con la interfaz, y en algunos casos, la complicación está relacionada tanto con la interfaz como con la presión y flujo. Las complicaciones más frecuentes son:

- ✓ **Fuga de aire.** La fuga de aire durante la VMNI a través de la interfaz utilizada es una de las características de este modo ventilatorio. Las fugas suelen ser mayores con el uso de mascarilla nasal que la oronasal, y con niveles elevados de las presiones de insuflación empleadas. Durante la terapia, es importante la monitorización de las fugas, porque no es infrecuente los movimientos de la interfaz sobre la superficie de la cara del paciente que incrementan las fugas. Las fugas en VMNI siempre están presentes, pero no deben de ser excesivas, pues están claramente relacionadas con la ineficacia del soporte ventilatorio, disminuyendo la ventilación alveolar, favoreciendo la taquipnea, aparición de fatiga muscular y el empeoramiento de la hipercapnia. Las fugas excesivas se han relacionado con una mayor asincronía, sequedad de boca y garganta, conjuntivitis y alteraciones del sueño. Para impedir esta complicación, puede actuarse a varios niveles, utilización de ventiladores con adecuada compensación de fugas, una óptima elección de la interfaz a utilizar (tipo y tamaño), un ajuste en la presión ejercida sobre los sistemas de fijación, ajuste de los parámetros ventilatorios utilizados (disminución de la presión programada, si lo permite la situación clínica del paciente), y la colocación de dispositivos para minimizar fugas en determinadas circunstancias (sistemas que permiten mantener la

boca cerrada si la ventilación se realiza mediante máscara nasal, dispositivos para minimizar la fuga alrededor de la sonda nasogástrica).

- ✓ **Congestión nasal, sequedad oronasal, molestias en senos paranasales e irritación ocular.** La sequedad oral y nasal es frecuente en los pacientes durante la VMNI, produciendo un malestar o dolor en la cavidad oronasal y en las zonas de los senos paranasales. Está causada generalmente por un flujo aéreo elevado de aire poco humidificado que atraviesa la cavidad oronasal y afecta a la mucosa de las mismas, los efectos deletéreos que se han postulado son múltiples. Según diversos estudios se argumentan que la congestión nasal y la sequedad de la mucosa oronasal se relaciona con un incremento de la resistencia al flujo aéreo, incremento del trabajo respiratorio, disconfort e intolerancia a la VMNI, y dificultad a la IOT en caso de fracaso de la técnica no invasiva. Para el tratamiento de la congestión nasal asociada a VMNI se han utilizado ocasionalmente anticongestivos tópicos o corticoides. De forma similar a la ventilación mecánica convencional, se han utilizado intercambiadores de calor y humedad activos y pasivos. Los pasivos tienen la ventaja de menor coste, sin embargo, en algunos estudios han evidenciado incrementar el espacio muerto, la resistencia al flujo aéreo e incrementar el trabajo respiratorio. La irritación ocular suele estar relacionada con la fuga aérea a través de las zonas superiores de la mascarilla, que se dirigen hacia los ojos. Se debe minimizar las fugas simplemente recolocando la mascarilla de forma adecuada para que la fuga de aire no se dirija hacia los ojos.
- ✓ **Distensión gástrica.** La insuflación gástrica secundaria al paso de parte del aire emitido por el ventilador a la vía digestiva es frecuente en los pacientes que reciben VMNI (30- 40%). Sin embargo, raramente va a condicionar un estado de distensión gástrica que haga intolerante el soporte ventilatorio. La insuflación de aire al estómago se ve facilitada con el uso de presiones inspiratorias elevadas, por encima de las presiones del esfínter esofágico superior e inferior, o por la asincronía paciente-ventilador. La insuflación gástrica se ve favorecida por grandes volúmenes tidal, elevada resistencia de la vía aérea, bajo compliance del sistema respiratorio y tiempos inspiratorios acortados. La consecuencia de una insuflación gástrica excesiva va a ser la distensión gástrica, y secundariamente la posibilidad de regurgitación y vómito,

pudiendo provocar broncoaspiración de contenido gástrico. Podría producirse, en casos extremos, un incremento de la presión intraabdominal con aparición de síndrome compartimental abdominal. Además, la distensión gástrica puede condicionar una elevación del diafragma, compresión de los pulmones, disminución de la compliance respiratoria, precisando mayores presiones inspiratorias para insuflar aire en los pulmones. La minimización de estos efectos indeseables comienza con la aplicación juiciosa de VMNI, en posición semisentado, intentando no utilizar presiones inspiratorias que sobrepasen los 20-25 cmH<sub>2</sub>O, y manteniendo en ayuno relativo al paciente durante al menos las primeras horas de inicio del soporte ventilatorio. Si, pese a ello, se produce una insuflación gástrica relevante, con síntomas de plenitud o distensión abdominal, podría recomendarse la colocación de una sonda nasogástrica para facilitar el vaciado gástrico, aun a riesgo de aumentar las fugas aéreas.

- ✓ **Barotrauma.** Se define como la presencia de aire en el tejido extraalveolar debido a una rotura de la pared alveolar por sobredistensión. Tras la rotura alveolar, el aire diseca la vaina bronco-vascular hacia el hilio y los tejidos blandos del mediastino; se rompe la pleura parietal y se desarrolla neumotórax y/o otras formas de barotrauma. Es probable que el riesgo de barotrauma en pacientes bajo VMNI sea menor que en aquellos que reciben ventilación invasiva. Durante la VMNI, la génesis del barotrauma puede estar influenciada no sólo por el nivel de las presiones alcanzadas en la vía respiratoria, sino también pueden influir los episodios de desincronización entre el paciente y el ventilador.

### C. **Complicaciones relacionadas con las características del paciente.**

Existen unas complicaciones claramente relacionadas con las características clínicas del paciente. De ellas, las más frecuentes son:

- ✚ **Neumonía por aspiración.** Aunque poco frecuente (menos del 5% de los casos) la aparición de vómitos y aspiración durante la VNI son de las complicaciones más importantes y graves, y que tradicionalmente se ha relacionado con los pacientes ventilados con bajo nivel de conciencia. La importancia de esta complicación radica

en que, generalmente, su presencia implica fracaso de la VMNI e indica la intubación del paciente. Las aspiraciones de contenido orofaríngeo predisponen al paciente con IRA y VMNI a desarrollar neumonía nosocomial. Un factor poco analizado ha sido la relación entre la aparición de complicaciones respiratorias durante la VMNI y la alimentación vía digestiva. Es frecuente que en pacientes bajo VMNI de larga duración no puedan alimentarse vía oral, y precisen alimentación artificial.

✚ **Efectos hemodinámicos.** En general, la VMNI es bien tolerada hemodinámicamente, presumiblemente debido a los menores niveles de presiones de insuflación utilizadas, en comparación con la ventilación invasiva. La utilización de VMNI durante un corto periodo de tiempo, no a largo plazo, tiene efectos sobre la frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica y la resistencia vascular sistémica, dependiendo del tipo de paciente y de la situación clínica. Sin embargo, el inicio de VMNI puede desencadenar hipotensión significativa y disminución del gasto cardiaco en pacientes con un estado hemodinámico previamente alterado, sobre todo con hipovolemia o con una enfermedad cardíaca subyacente sin terapia farmacológica adecuada.

# CAPITULO

## III

**EVALUACIÓN RESTROCPECTIVA DE LA EFICACIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACIÓN OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE LA VENTILACION MECANICA NO INVASIVA CON EL MODO VENTILATORIO PSV/CPAP ENTRE LOS PACIENTES DE AMBOS GENEROS ENTRE LAS EDADES DE 18 A 70 AÑOS CON DIAGNOSTICOS DE SARS-COV-2 QUE FUERON INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL NACIONAL EL SALVADOR DURANTE EL PERIODO DE AGOSTO A OCTUBRE DEL AÑO 2021**

**3.0 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>1. La escala HACOR.</p>	<p><b>Escala HACOR:</b> La escala HACOR (siglas del inglés heart rate, acidosis, consciousness, oxygenation, respiratory rate) tiene en cuenta la frecuencia cardíaca, la acidosis, la conciencia, la oxigenación y la frecuencia respiratoria para predecir el fracaso de la ventilación no invasiva en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica, de tal manera que un puntaje HACOR superior a 5 puntos significaría alto riesgo.</p>	<p>Observación de signos clínicos a través del uso de la Escala HACOR</p>	<p>1. Frecuencia Cardíaca</p> <p>2. Acidosis (pH)</p> <p>3. Conciencia (Glasgow)</p> <p>4. Oxigenación (SatO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)</p> <p>5. Frecuencia respiratoria</p>	<p>≥120 lpm = P. HACOR 1 ≤120 lpm = P. HACOR 0</p> <p>≥7.35 = P. HACOR 0 7.30-7.34 = P. HACOR 2 7.25-7.29 = P. HACOR 3 &lt;7.25 = P. HACOR 4</p> <p>15 = P. HACOR 0 13-14 = P. HACOR 2 11-12 = P. HACOR 3 ≤10 = P. HACOR 4</p> <p>233 mmHg = P. HACOR 0 212-232 mmHg = P. HACOR 2 191- 211 = P. HACOR 3 170-190 = P. HACOR 4 147-169 = P. HACOR 5 ≤148 = P. HACOR 6</p> <p>&lt;30 rpm = P. HACOR 0 31-35 rpm = P. HACOR 1 46-40 rpm = P. HACOR 2 41-45 rpm = P. HACOR 3 ≥46 rpm = P. HACOR 4</p>

<b>Variable Dependiente</b>				
1. Diagnóstico de sars-cov-2	Diagnóstico de SARS-CoV-2: Es un nuevo tipo de coronavirus que puede afectar a las personas y que se detectó por primera vez en diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, en China.	Confirmación mediante pruebas de laboratorio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de antígenos</li> <li>• Prueba hisopada nasofaríngeo</li> </ul>	PCR (+) PCR (-)	Positivo SARS COV-2 Negativo SARS COV-2
2.Ventilación Mecánica No Invasiva en el modo PSV/ CPAP	<p>Ventilación mecánica no invasiva: administración del soporte ventilatorio sin la colocación de una vía aérea artificial invasiva como un tubo endotraqueal o una traqueostomía, sino mediante una máscara facial, nasal o un sistema de casco.</p> <p>Modo PSP/CPAP: modalidad de respiración espontánea, en la que se mantiene un nivel de presión positiva continua en todo el ciclo respiratorio para aumentar la capacidad residual funcional</p>	<p>Uso y verificación del ventilador LUFT 3-AP y la pantalla principal del monitor que manifiesta la interfase usuario/ventilador.</p> <p>Programación de modo ventilatorio y parámetros a utilizar en la interfase usuario/ventilador.</p>	<p>Área de gráficos.</p> <p>Gráfica de Frecuencia respiratoria Espontánea.</p> <p>Nivel de Conciencia. (literal C de la escala HACOR)</p>	<p>Tipo de disparo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediado por Presión.</li> <li>- Mediado por Flujo.</li> </ul> <p>Ícono en forma de Pulmones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Color Naranja: paciente.</li> <li>- Color Azul: ventilador.</li> </ul> <p>Escala de Glasgow:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Paciente orientado, consciente.</li> <li>- Paciente no orientado.</li> <li>- Paciente sin respuesta a estímulos.</li> </ul>

# CAPITULO

## IV

## **4.0 DISEÑO METODOLOGICO**

El estudio realizado fue de tipo retrospectivo, descriptivo y transversal.

### **4.1 TIPO DE ESTUDIO**

#### Retrospectivo

El estudio fue realizado de carácter retrospectivo, debido a que, para el primer trimestre del 2022, la cantidad de pacientes en el Hospital El Salvador disminuyó drásticamente; y debido a las medidas tomadas por parte del Ministerio de Salud, campañas para evitar la desinformación y la vacunación en rebaño fueron métodos utilizados para disminuir drásticamente la transmisión del virus y por ende la sintomatología que presentaban los pacientes no requería necesariamente hospitalización.

#### Descriptivo

El estudio descriptivo fue basado de una manera metodológica por medio de la observación directa de los valores de parámetros de la escala HACOR en pacientes con ventilación mecánica no invasiva detallados en las hojas de control de VMNI de pacientes con diagnóstico de SARS-CoV-2. Se describieron los parámetros utilizados en la escala HACOR y los efectos en la valoración de una intubación temprana, para demostrar los beneficios/ventajas y posibles desventajas de esta escala durante el uso de ventilación mecánica no invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP.

#### Transversal

El estudio es de tipo transversal, porque se realizó en un corte de tiempo específico, efectuándose durante los meses de agosto a octubre del 2021 sin seguimiento de estudio o una evaluación posterior al periodo de observación.

## **4.2 POBLACION**

El Universo de nuestra investigación estuvo constituido por 800 pacientes que fueron atendidos en el periodo estudiado. La población fue constituida por 246 pacientes con diagnósticos de SARS-CoV-2 bajo Ventilación Mecánica No Invasiva con modo Ventilatorio PSV/CPAP que fueron ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) durante el periodo de agosto a octubre del 2021 en el Hospital El Salvador.

## **4.3 MUESTRA**

La muestra fue conformada por 30 pacientes de ambos géneros de entre 18 a 70 años de edad con diagnóstico de SARS-CoV-2 bajo ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP, que fueron ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos de dicho hospital durante el periodo de agosto a octubre del 2021 en el Hospital El Salvador.

### **4.3.1 MUESTREO**

El Muestreo es de tipo No Probabilístico por Conveniencia, ya que no todos los pacientes ingresados a la unidad de cuidados intensivos tuvieron la misma probabilidad de ser elegidos como parte de la muestra, estas muestras fueron recolectadas de acuerdo a los pacientes que necesitaban de un soporte ventilatorio no invasivo con modo ventilatorio PSV/CPAP, se realizó una selección al azar mediante un mecanismo donde no importaba el género de los pacientes sino solo que se encontraran dentro del rango de edad entre 18 a 70 años, permitiendo obtener la información sobre los indicadores y características necesarias que el grupo investigador planteo para la obtención de datos que ayudaron a realizar este estudio. Se recolectaron 30 muestras de pacientes de ambos géneros de entre 18 a 70 años de edad, que fueron ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) bajo Ventilación Mecánica no Invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP, que cumplieran los criterios de inclusión y exclusión.

## **4.4 CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION**

### **4.4.1 CRITERIOS DE INCLUSION**

1. Todo paciente adulto con rango de edad de entre 18 a 70 años de edad.
2. Pacientes bajo Ventilación Mecánica No Invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP.
3. Paciente con HACOR >5 puntos.

### **4.4.2 CRITERIOS DE EXCLUSION**

1. Pacientes con negatoria de uso de VMNI.
2. Pacientes con negatoria de procedimientos invasivos.
3. Pacientes sin muestra de gasometría arterial.
4. Pacientes con ventilación Mecánica Invasiva.
5. Pacientes con oxigenoterapia de bajo flujo y de alto flujo.

## **4.5 METODO, TECNICA E INSTRUMENTO PARA RECOLECCION DE DATOS**

### **4.5.1 METODO**

El método presento una estrategia concreta e integral de trabajo para el análisis de un problema con su definición teórica y con los objetivos de la investigación; por lo cual se opto por la utilización del método descriptivo, el cual tiene como objetivo la evaluación de las características de una situación en particular, describiendo el comportamiento/estado de una variable; para la obtención de los datos de muestra se tomaron en cuenta los lineamientos que exige el método científico; refiriéndose al procedimiento aplicado a la investigación para la búsqueda de soluciones para cada problemática.

### **4.5.2 TECNICA**

La técnica que se aplicó en el desarrollo de la investigación, fue la observación directa a las hojas de control de VMNI; ya que con esto se obtuvieron los datos de forma verídica, para la evaluación de los elementos que conforman la escala HACOR en los pacientes bajo ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP entre 18 a 70 años de edad.

### **4.5.3 INSTRUMENTO**

El instrumento que se utilizó para la recolección de datos fue un formulario, el cual fue creado en base a los indicadores resultantes de la operacionalización de variables. En el formulario de recolección de datos se incluyeron parámetros como: datos generales del paciente (edad, género), parámetros ventilatorios durante el uso de la Ventilación Mecánico No Invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP (Inicio de VMNI, FiO<sub>2</sub>, PS y PEEP) y parámetros de la Escala HACOR (Frecuencia Cardiaca, pH, Estado de Glasglow, SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, Frecuencia Respiratoria).

## 4.6 PROCEDIMIENTO

Para la realización del estudio se solicitó la autorización y colaboración del jefe del Departamento de Anestesiología y Terapia Respiratoria y la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional El Salvador.

Para la ejecución del estudio se trabajó siguiendo el protocolo hospitalario que se les aplica a los pacientes que ingresan a dicho nosocomio:

- Llegada del paciente a la Emergencia. Recepción del paciente por parte de enfermería y Médico Tratante.
- Utilización de TRIAGE, para conocimiento de la unidad respectiva.
- Llegada del personal de Terapia Respiratoria a la Emergencia, para estabilización y traslado intrahospitalario a la unidad correspondiente.
- Inmediatamente el paciente es anunciado a la unidad respectiva (el cual es recibido por parte del médico del servicio, enfermería y terapia respiratoria). El personal del traslado hace entrega del paciente al servicio, informando estado clínico, entrega de expediente médico, radiografías y demás estudios; el personal de terapia le hace entrega al encargado del pasillo de Terapia respiratoria, informando estado clínico del paciente y los parámetros ventilatorios utilizados. El encargado del pasillo realiza el cambio de Ventilador (en caso de ser necesario) con el personal de Terapia Respiratoria para colocación del paciente en el servicio asignado.
- Monitorización no invasiva inicial en el servicio asignado, y primera toma de Gasometría Arterial (dependiendo del resultado de la gasometría arterial, el personal de monitoreo determina el posible cambio del dispositivo de oxigenoterapia o modificación de los parámetros del dispositivo en uso).
- En caso de cambio de dispositivo, se tomará en cuenta el uso de cánulas de Alto Flujo, ventilación mecánica no invasiva en modo ventilatorio PSV/CPAP o Ventilación Mecánica Invasiva.
- Constante evaluación de los signos clínicos utilizando parámetros medibles mediante escalas (Cabrini, Índice de Rox o HACOR), por medio de la hoja de control de Alto Flujo o la hoja de control VMNI y gasometría arterial de control.

- Según los resultados obtenidos mediante las hojas de control y gasometría arterial de control, se corrobora el fracaso de la ventilación mecánica no invasiva en modo ventilatorio PSV/CPAP (en caso de la presencia del fallo ventilatorio, se procede a la utilización de Ventilación Mecánica Invasiva).

## **4.7 PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTOS DE DATOS Y ANALISIS DE DATOS**

### **4.7.1 PLAN DE RECOLECCION**

Una vez seleccionado el diseño de la investigación y el tipo de muestra adecuada, de acuerdo con el problema de estudio y las variables involucradas, se recolectaron los datos mediante el instrumento de medición de variables (formulario) y por análisis a las hojas de control de paciente en UCI; los datos obtenidos de cada paciente en el periodo establecido fueron procesados tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión antes mencionados.

### **4.7.2 PROCESAMIENTO DE DATOS**

Para el procesamiento de datos se realizó de forma manual por medio de tablas de recolección elaboradas por el grupo investigador, donde fueron ubicadas todos los datos obtenidos para la investigación, calculando a su vez la frecuencia relativa para posteriormente realizar una interpretación descriptiva.

### **4.7.3 ANALISIS DE DATOS**

El resultado de los análisis se llevó a cabo mediante la interpretación de las tablas y gráficos de los datos obtenidos por medio de la investigación, a través los cuales se adquirieron los resultados para la elaboración de las conclusiones y recomendaciones pertinentes al estudio realizado.

#### **4.8 CONSIDERACIONES ETICAS**

Para la realización del estudio se toma en cuenta la norma ética, la cual rige el accionar del personal de salud a nivel nacional; teniendo como objetivo, la búsqueda del bienestar físico del paciente y cuidar su integridad como ser humano; dicho estudio fue realizado de carácter anónimo, guardando así, la identidad de los pacientes participantes en dicho estudio.

Los datos de los pacientes y su información personal no serán revelados bajo ninguna circunstancia, cuidando así su identidad y dignidad humana; La investigación se realizó con el aval de la directora y el subdirector del Hospital El Salvador, los datos recolectados a través del formulario se realizaron únicamente para fines académicos y mediante observación directa a las hojas de control de VMI de los pacientes. Es importante señalar, que no se realizaron acciones que pudiesen haber causado un daño físico o psicológico a los pacientes que participaron en el estudio.

# CAPITULO

V

## 5.0 RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

### 5.1 RESULTADOS POR PARAMETROS

A continuación, se muestran los resultados de la investigación por parámetro y su interpretación.

Cada uno de los parámetros que conforman el instrumento de evaluación, fue etiquetado mediante una tabla y una gráfica correspondiente.

Dentro de las tablas se establecieron las variantes obtenidas de cada uno de ellos, por lo que se representaron por su Frecuencia Absoluta (FA) y su Frecuencia Relativa Porcentual (FR%).

Para las gráficas se utilizaron los siguientes criterios:

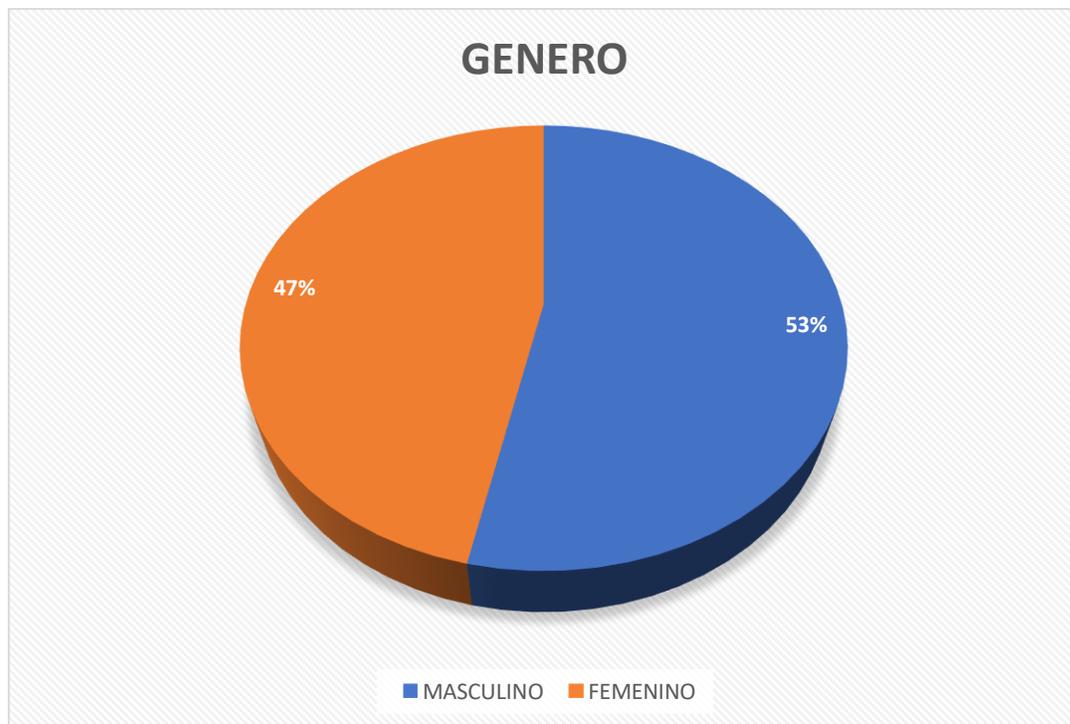
- **Gráfica de Barras:** este se emplea para representar la frecuencia de diferentes condiciones o variables discretas. En este tipo de gráfico solo se puede observar una variable en las abscisas (eje X), y las frecuencias en las ordenadas (eje Y).
- **Gráfico circular o por sectores (pastel):** este gráfico se ocupa para representar la proporción de casos dentro del total, utilizando para representarlo valores porcentuales (es decir, el porcentaje de cada valor).
- **Gráfico de líneas:** En este tipo de gráfico se emplean líneas para delimitar el valor de una variable dependiente respecto a otra independiente. Es usual que se emplee para observar la evolución de una variable a través del tiempo.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL GENERO DE LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #1

GENERO	FA	FR%
MASCULINO	16	53%
FEMENINO	14	47%
TOTAL	30	100%

Gráfica #1



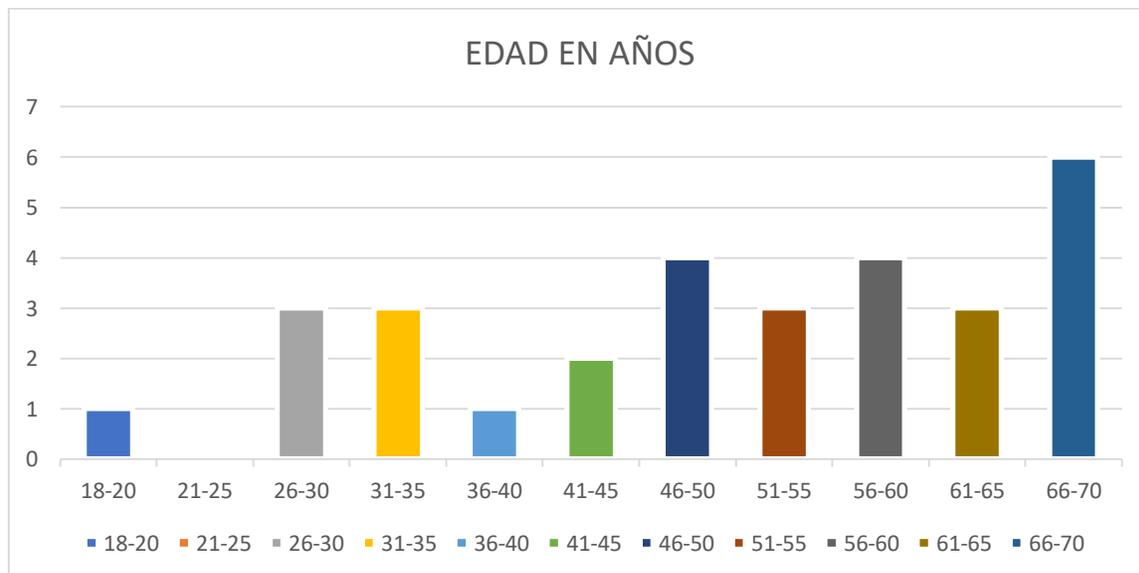
La gráfica y la tabla anterior muestran el género dentro de la muestra recolectada que cumplía con los parámetros establecidos, ingresados en UCI dieciséis del género masculino y catorce del género femenino, representando así un 53% y 47% respectivamente sobre la muestra estudiada.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE EDAD EN AÑOS DE LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #2

EDAD EN AÑOS	FA	FR%
18-20	1	3%
21-25	0	0%
26-30	3	10%
31-35	3	10%
36-40	1	3%
41-45	2	7%
46-50	4	13%
51-55	3	10%
56-60	4	13%
61-65	3	10%
66-70	6	20%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Gráfica #2



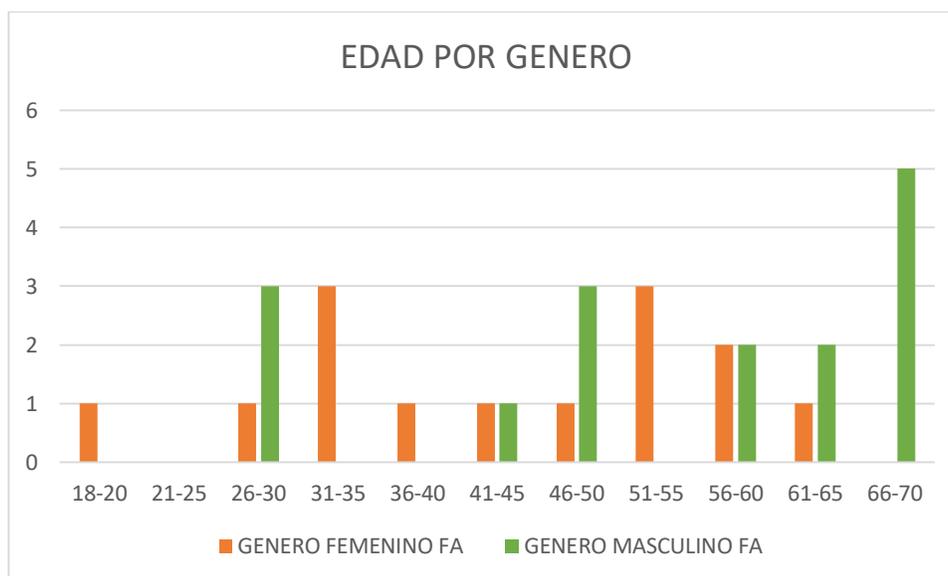
La gráfica y tabla anterior muestran la edad en años de los pacientes del estudio, expresando que el 20.0% de los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos se encuentran entre los 66 a 70 años, lo que nos hace colegir que a mayor edad existe una mayor probabilidad a ser propensos a necesitar Ventilación Mecánica No Invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP. Seguidos por 13.0% de los pacientes entre las edad de 46-50 años y 13.0% de los pacientes entre las edades de 56-60 años, 10.0% de los pacientes entre las edades de 26-30 años, 10.0% de los pacientes entre las edades de 31-35 años, 10.0% de los pacientes entre las edades de 51-55 años, 10.0% de los pacientes entre las edades de 61-65 años, 7.0% de los pacientes entre las edades de 41-45 años, 3.0% de los pacientes entre las edades de 18-20 años y 3.0% de los pacientes entre las edades de 36-40 años de edad.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE EDAD EN AÑOS POR GENERO DE LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #3

EDAD	GENERO				TOTAL	
	FEMENINO		MASCULINO		FA	FR%
	FA	FR%	FA	FR%		
18-20	1	3%	0	0%	1	3%
21-25	0	0%	0	0%	0	0%
26-30	1	3%	3	10%	4	13%
31-35	3	10%	0	0%	3	10%
36-40	1	3%	0	0%	1	3%
41-45	1	3%	1	3%	2	7%
46-50	1	3%	3	10%	4	13%
51-55	3	10%	0	0%	3	10%
56-60	2	7%	2	7%	4	13%
61-65	1	3%	2	7%	3	10%
66-70	0	0%	5	17%	5	17%
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>47%</b>	<b>16</b>	<b>53%</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Gráfica #3



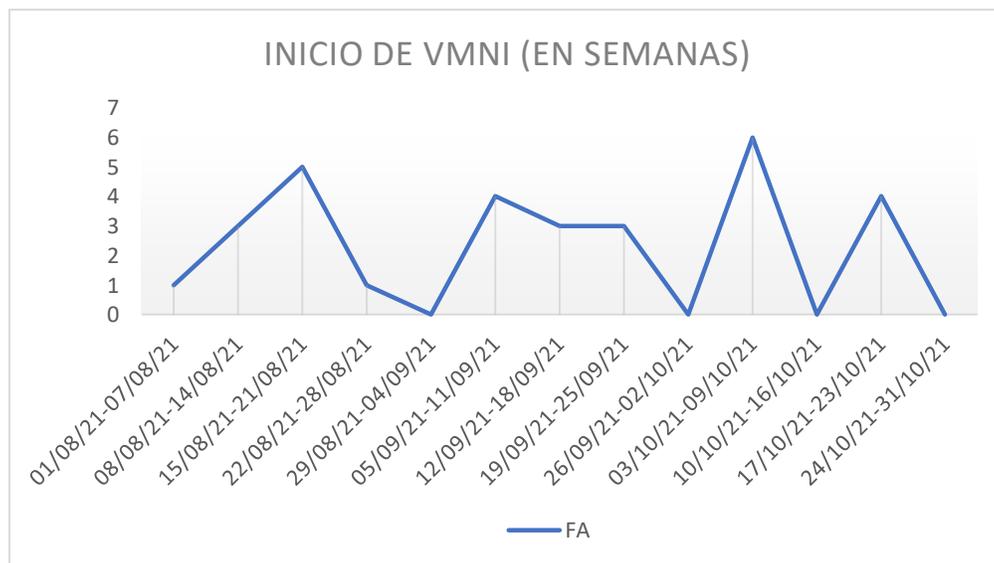
Se puede interpretar que dentro de la muestra obtenida, la mayoría eran pacientes masculinos de edad avanzada, es decir adultos mayores, haciendo consistente el análisis de los datos anteriores, de lo cual, se deduce que existe mayor índice de necesidad de Ventilación Mecánica No Invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP en los pacientes masculinos debido a ser más propensos que las pacientes femeninas.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL INICIO DE VMNI EN SEMANAS DE LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA NO INVASIVA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #4

FECHA DE INICIO VMNI	FA	FR%
01/08/21-07/08/21	1	3%
08/08/21-14/08/21	3	10%
15/08/21-21/08/21	5	17%
22/08/21-28/08/21	1	3%
29/08/21-04/09/21	0	0%
05/09/21-11/09/21	4	13%
12/09/21-18/09/21	3	10%
19/09/21-25/09/21	3	10%
26/09/21-02/10/21	0	0%
03/10/21-09/10/21	6	20%
10/10/21-16/10/21	0	0%
17/10/21-23/10/21	4	13%
24/10/21-31/10/21	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Gráfica #4



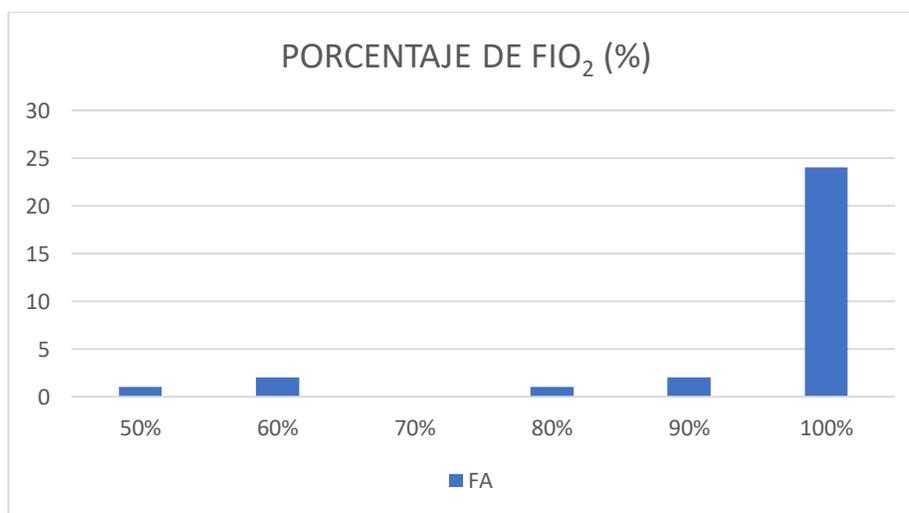
La fecha de inicio de Ventilación Mecánica No Invasiva con Modo Ventilatorio PSV/CPAP se convierte en un parámetro delicado en el estudio, ya que este parámetro nos demuestra cuando se le colocó el dispositivo no invasivo al paciente, siendo este un punto clave para el estudio. Mostrando que la semana entre 03/10/21 al 09/10/21 se convirtió en el intervalo en donde se le colocaron más dispositivos no invasivos con el 20% del total del estudio.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA FRACCION DE OXIGENO (FIO<sub>2</sub>) ADMINISTRADA A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #5

<b>FiO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>FA</b>	<b>FR%</b>
<b>50%</b>	1	3%
<b>60%</b>	2	7%
<b>70%</b>	0	0%
<b>80%</b>	1	3%
<b>90%</b>	2	7%
<b>100%</b>	24	80%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Gráfica #5



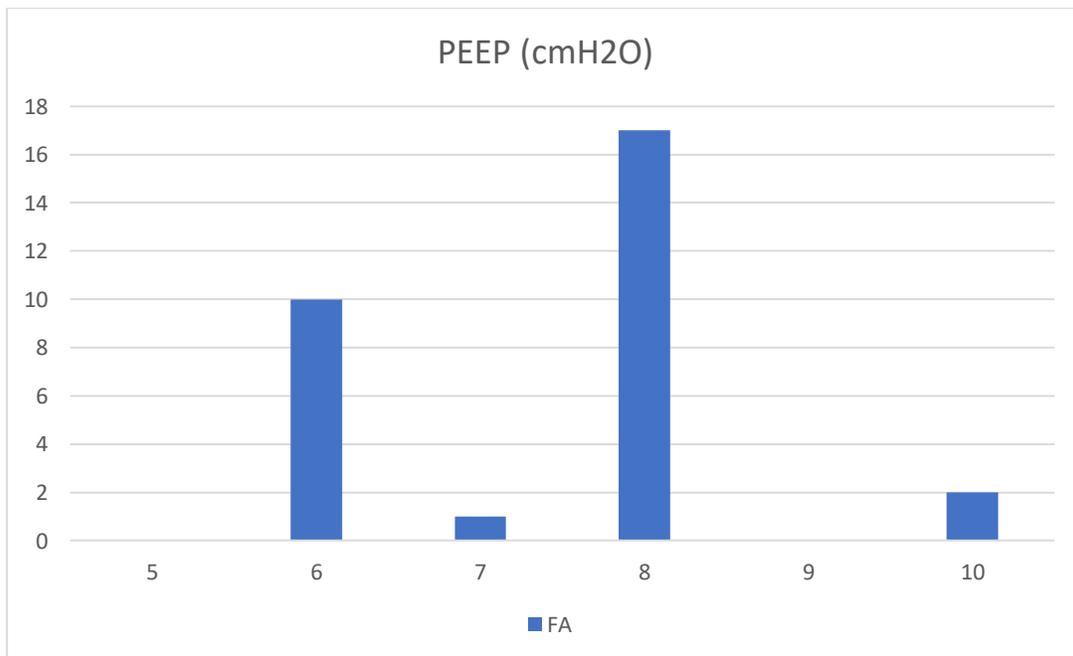
La Fracción Inspirada de Oxígeno (FiO<sub>2</sub>) es uno de los parámetros a registrar al ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos, donde en la muestra se observa que se tuvo un mínimo de 50.0% de FiO<sub>2</sub> y un máximo de 100.0%. La FiO<sub>2</sub> es directamente proporcional a la necesidad fisiológica del paciente; por lo que se puede observar que 24 pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos, se les colocó FiO<sub>2</sub> al máximo, es decir al 100.0%.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA PRESION POSITIVA AL FINAL DE LA EXPIRACION (PEEP) ADMINISTRADA A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #6

PEEP	FA	FR%
5 cmH2O	0	0%
6 cmH2O	10	33%
7 cmH2O	1	3%
8 cmH2O	17	57%
9 cmH2O	0	0%
10 cmH2O	2	7%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Gráfica #6



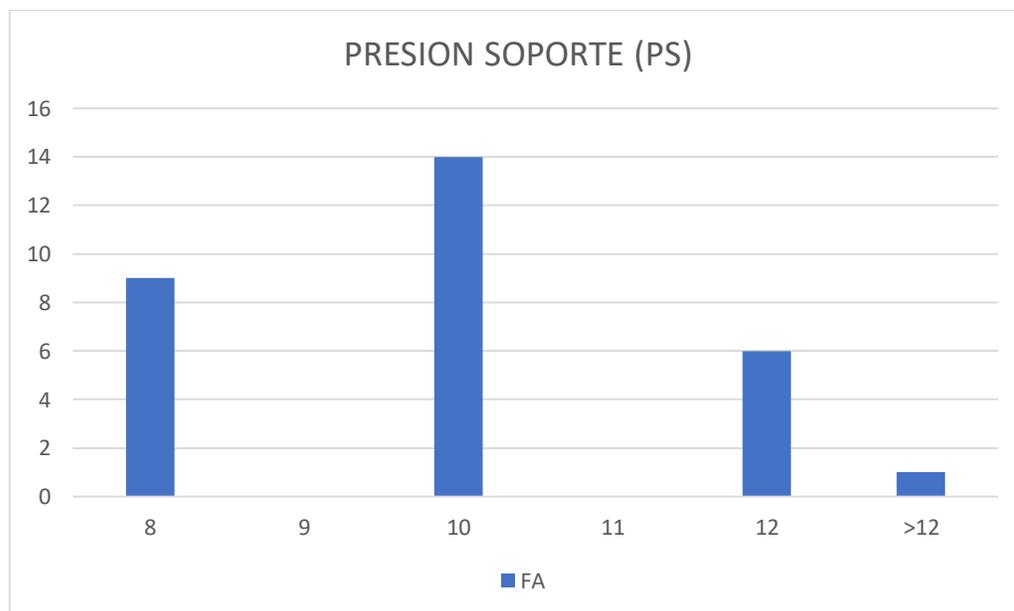
Otro parámetro a registrar al ingreso de un paciente a la Unidad de Cuidados Intensivos es la Presión Positiva al final de la Espiración (PEEP), este es un parámetro ventilatorio como tal, y para su manejo se requiere de un Ventilador Mecánico, a diferencia de la  $FiO_2$  que esta no es exclusiva de un ventilador, sino que depende del dispositivo ventilatorio a utilizar; en la muestra se observa que se tuvo un mínimo de 5 de PEEP y un máximo de 10. El rango normal de PEEP es de 5-8 cmH<sub>2</sub>O. En la muestra, se observa que al 57% de los pacientes utilizaron una PEEP de 8 cmH<sub>2</sub>O, sin embargo, existe un 7% de los pacientes con 10 cmH<sub>2</sub>O, por lo que, al igual que el parámetro PEEP, este dependerá de la necesidad de oxigenación del paciente.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA PRESION SOPORTE (PS) ADMINISTRADA A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #7

<b>PRESION SOPORTE</b>	<b>FA</b>	<b>FR%</b>
<b>8</b>	9	30%
<b>9</b>	0	0%
<b>10</b>	14	47%
<b>11</b>	0	0%
<b>12</b>	6	20%
<b>&gt;12</b>	1	3%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Gráfica #7



Este parámetro ventilatorio es uno de los más importantes en el estudio; la presión soporte es uno de los modos ventilatorios más utilizados, utilizándose al unísono o en conjunto con otra modalidad ventilatoria. Consiste en una ventilación asistida, sin embargo, el paciente es quien dispara el ventilador respiración a respiración, la presión que se debe de administrar en cada respiración será determinada por el volumen corriente que este indicado, y se mantendrá durante todo el ciclo inspiratorio espontáneo del paciente. Dentro de la muestra se registró que el 47% de los pacientes utilizaron una Presión soporte de 10 cmH<sub>2</sub>O, observándose también que existe un 3.0% de los pacientes de la muestra que se les coloco una Presión Soporte superior a 12 cmH<sub>2</sub>O.

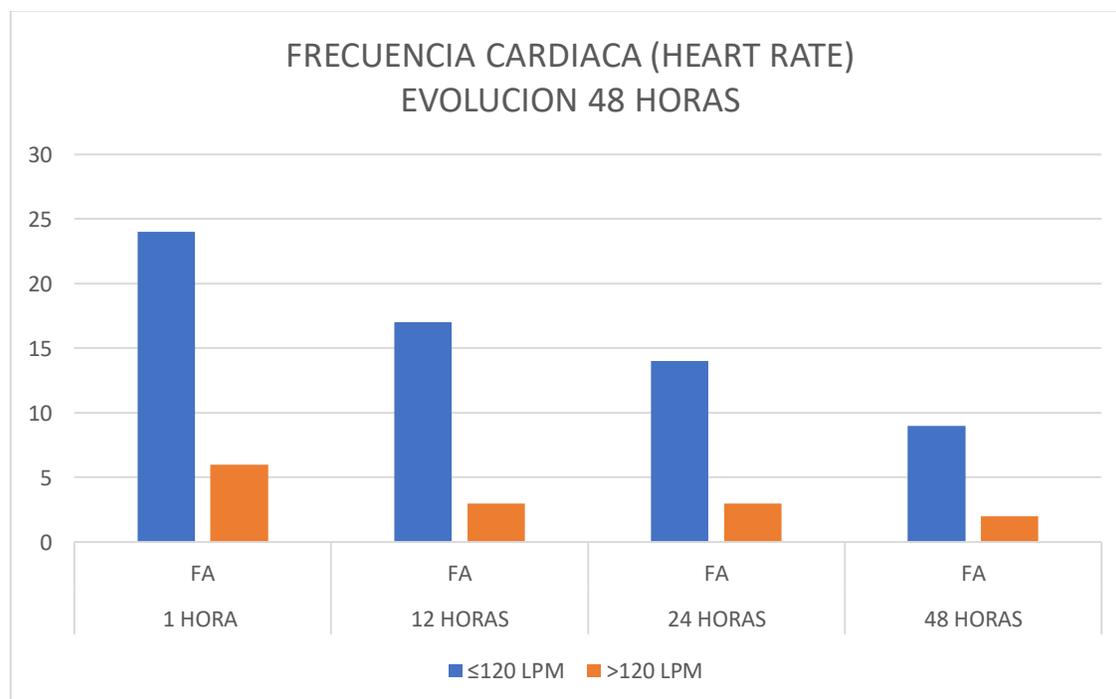
## ESCALA HACOR Y EVOLUCION 48 HORAS.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL PRIMER ELEMENTO DE LA ESCALA HACOR, FRECUENCIA CARDIACA (H: HEART RATE) A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

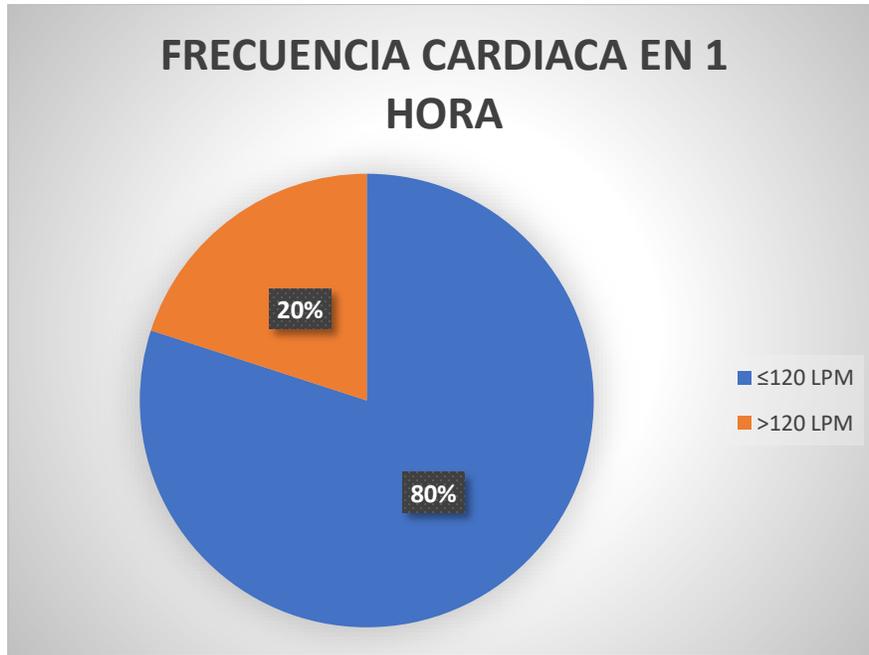
Tabla #8

FRECUENCIA CARDIACA	1 HORA		12 HORAS		24 HORAS		48 HORAS	
	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%
≤120 LPM	24	80%	17	85%	14	82%	9	82%
>120 LPM	6	20%	3	15%	3	18%	2	18%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>

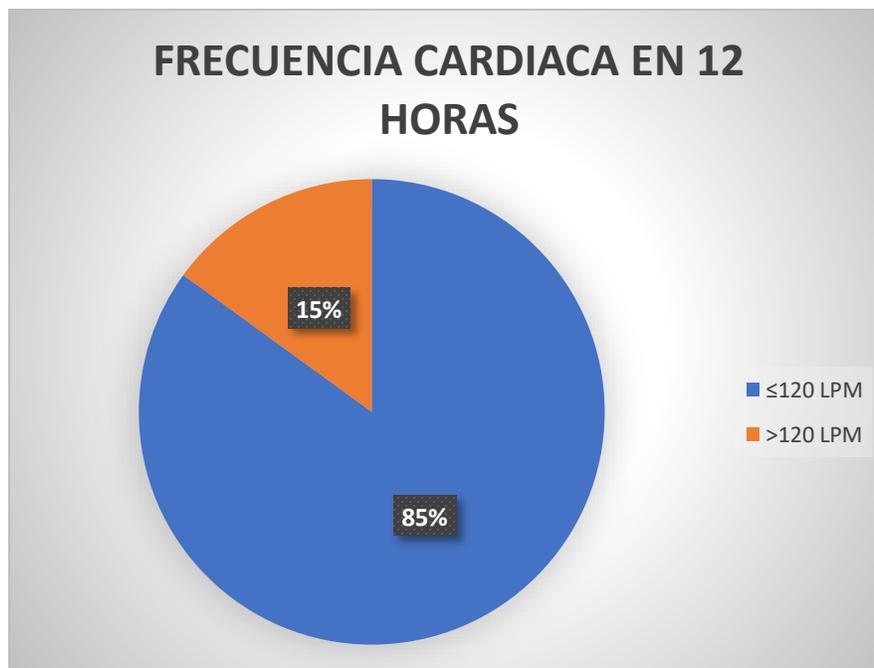
Gráfica #8



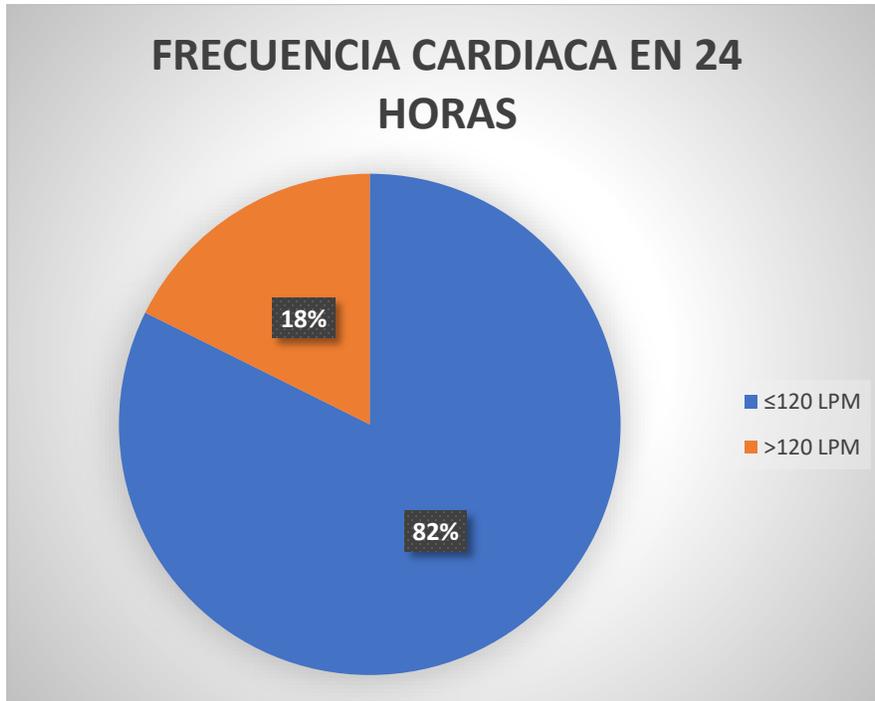
Gráfica #8 a



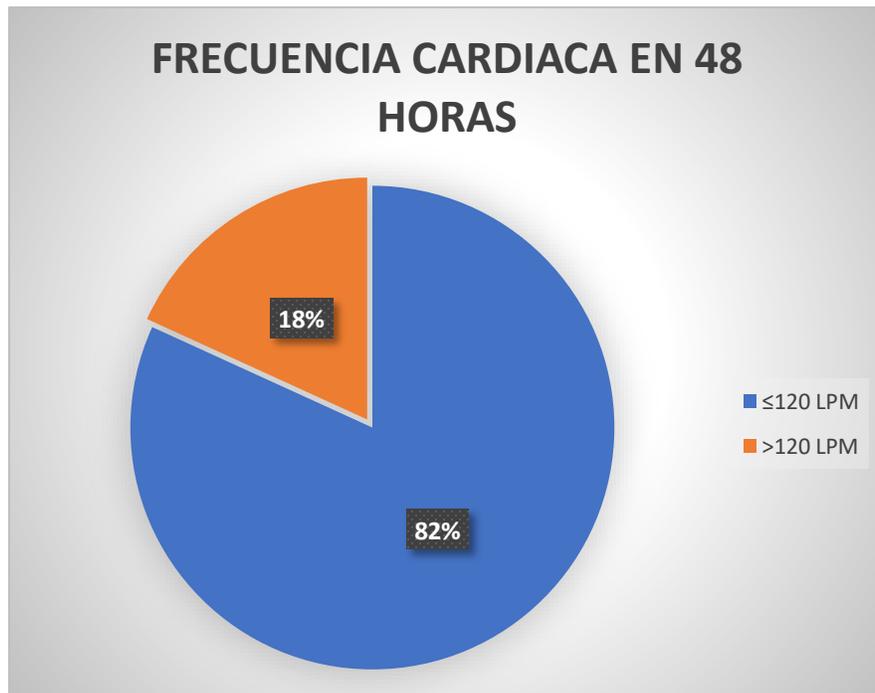
Gráfica #8 b



Gráfica #8 c



Gráfica #8 d



El primer parámetro de la escala HACOR, corresponde a la Frecuencia Cardíaca (H: Heart Rate, en la escala HACOR). Conocida como el número de contracciones/pulsaciones del corazón por unidad de tiempo. El rango normal de la frecuencia cardíaca para un adulto es de 60-100 lpm. Sin embargo, la escala HACOR toma como valor escalonado las 120 lpm. En promedio el 82.5% de los pacientes ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos con modo ventilatorio PSV/CPAP, se mantuvieron por debajo de las 120 lpm, durante el control por segmentos de hora, lo cual indica una ponderación de 0 en el primer parámetro de la escala HACOR.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL SEGUNDO ELEMENTO DE LA ESCALA HACOR, POTENCIAL DE HIDROGENO-PH (A: ACIDOSIS) A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #9

PH	1 HORA		12 HORAS		24 HORAS		48 HORAS	
	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%
>7.35	21	70%	18	90%	16	94%	10	91%
7.30-7.34	4	13%	1	5%	1	6%	1	9%
7.25-7.29	1	3%	0	0%	0	0%	0	0%
<7.25	4	13%	1	5%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>

Gráfico #9

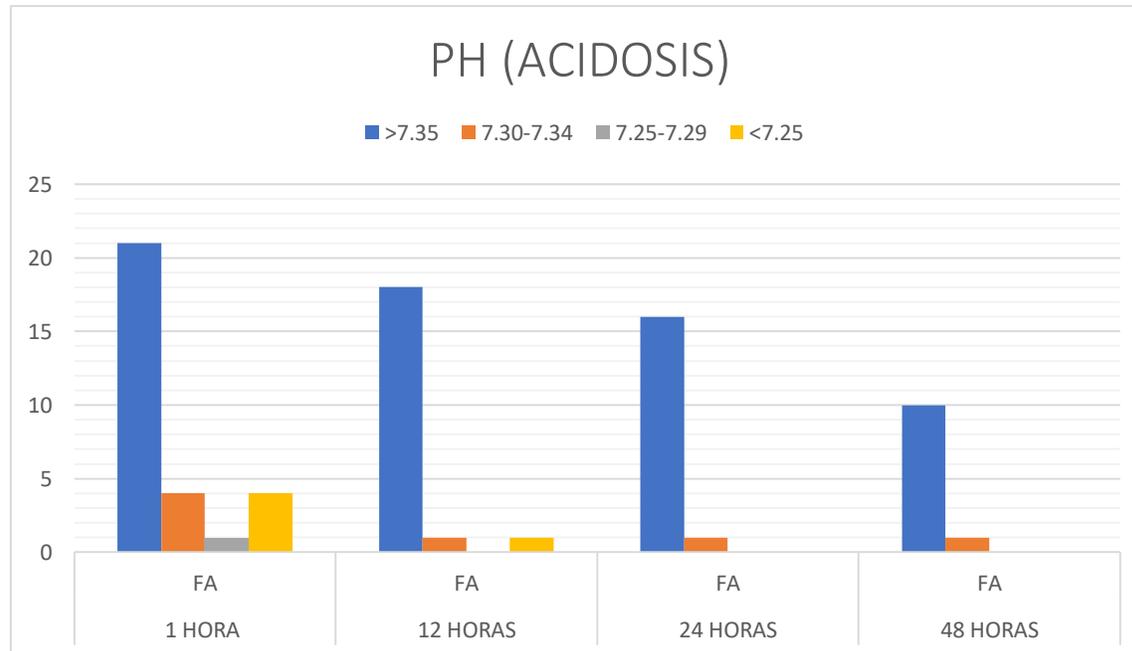


Gráfico 9 a

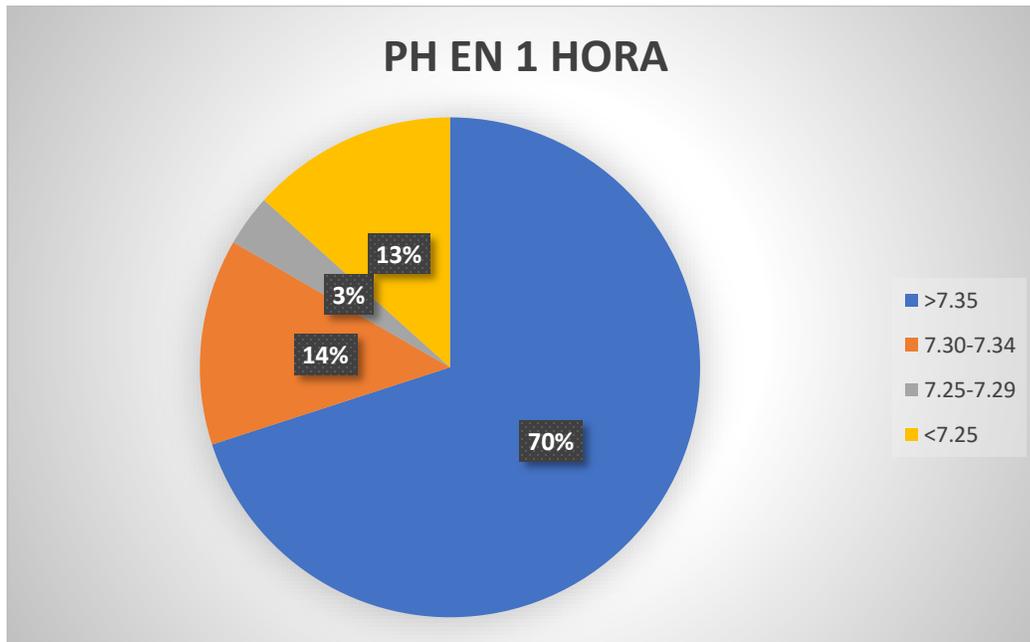


Gráfico 9 b

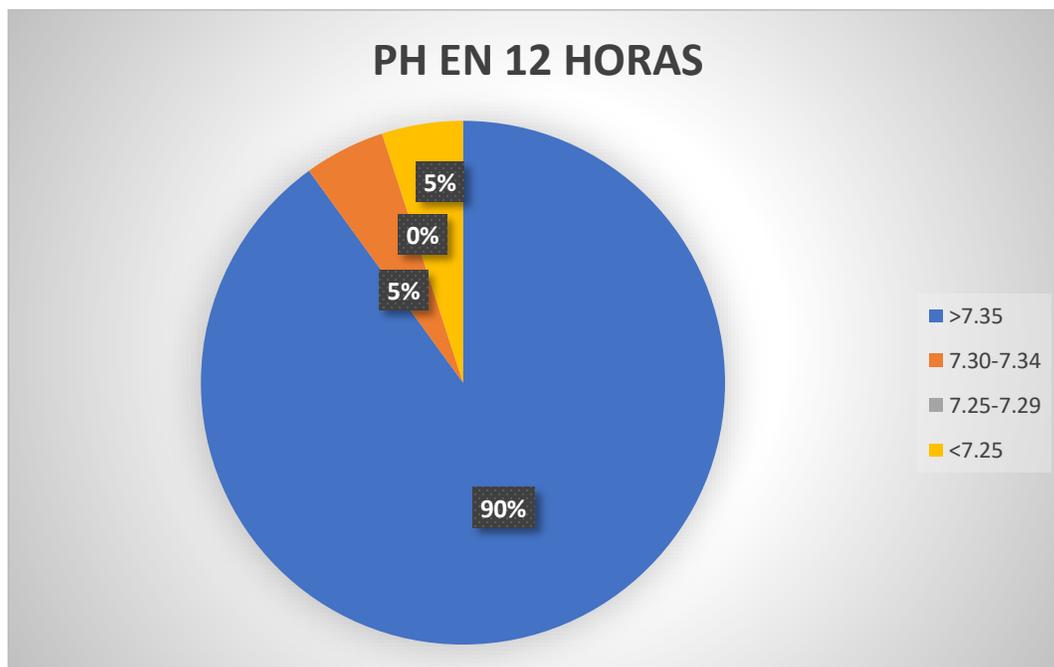
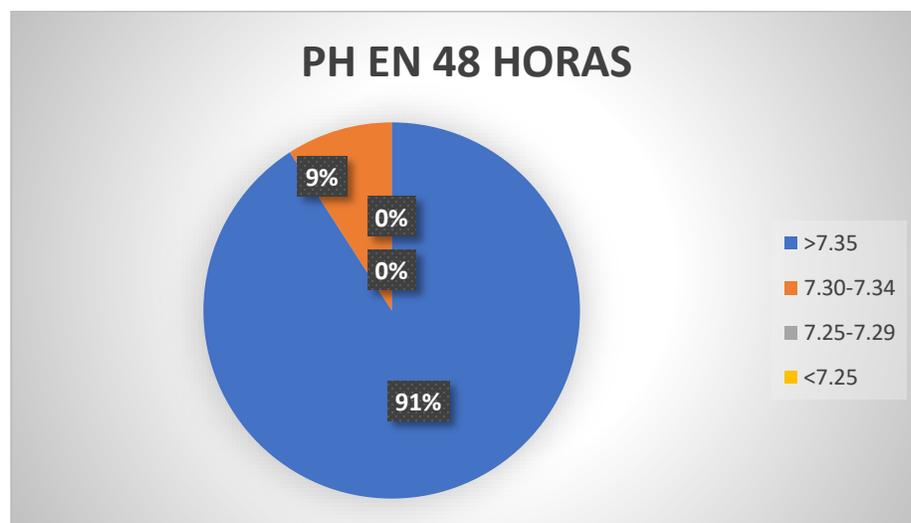


Gráfico 9 c



Gráfico 9 d



El segundo parámetro de la escala HACOR, corresponde al Potencial de Hidrógeno (pH) (A: Acidosis, en la escala HACOR). Es la medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. El rango fisiológico del potencial de Hidrógeno es de 7.35-7.45. En promedio el 86.2% de los pacientes ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos con modo ventilatorio PSV/CPAP, alcanzaron pH fisiológico, durante el control por segmentos de hora, lo cual indica una ponderación de 0 en el primer parámetro de la escala HACOR.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL TERCER ELEMENTO DE LA ESCALA HACOR, GLASGOW-ESTADO DE CONCIENCIA (C: CONSCIOUSNESS) A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #10

GLASGLOW	1 HORA		12 HORAS		24 HORAS		48 HORAS	
	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%
<b>15</b>	17	57%	12	60%	13	76%	8	73%
<b>13-14</b>	10	33%	7	35%	0	0%	0	0%
<b>11-12</b>	3	10%	1	5%	3	18%	2	18%
<b>&lt;10</b>	0	0%	0	0%	1	6%	1	9%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>

Gráfico #10

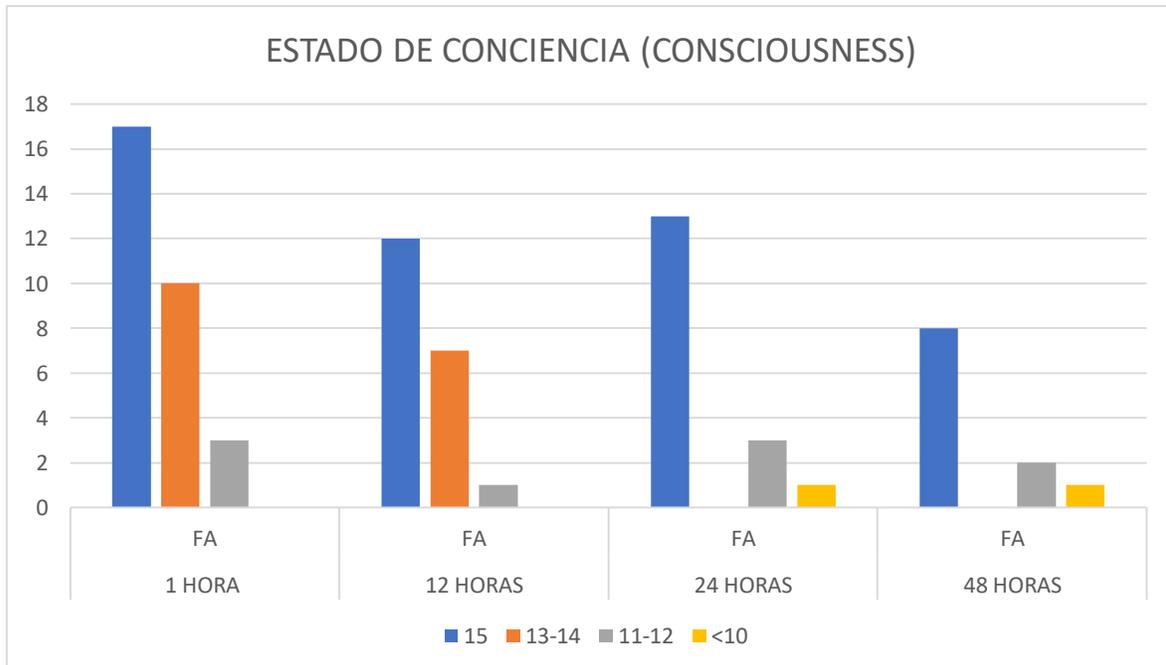


Gráfico #10 a



Gráfico #10 b

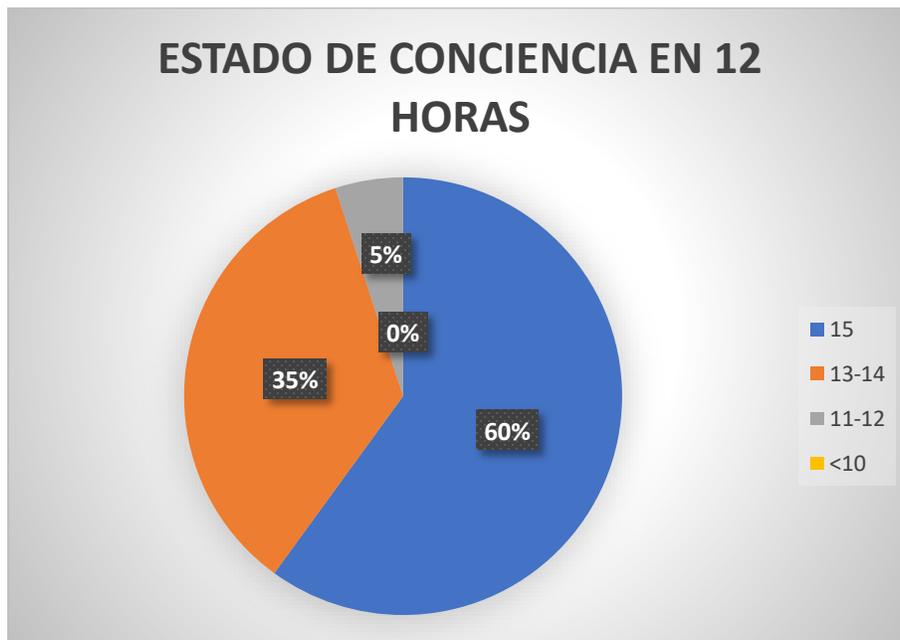


Gráfico #10 c

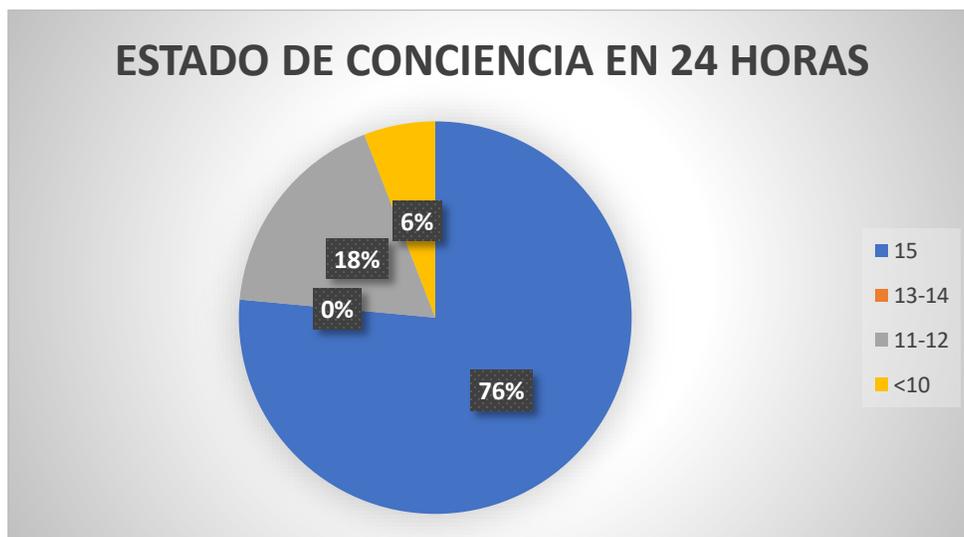
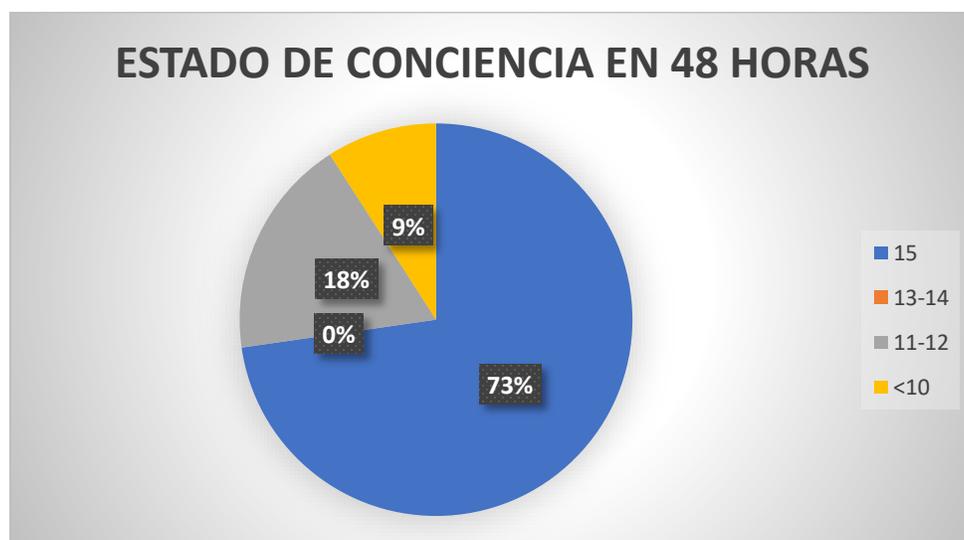


Gráfico #10 d



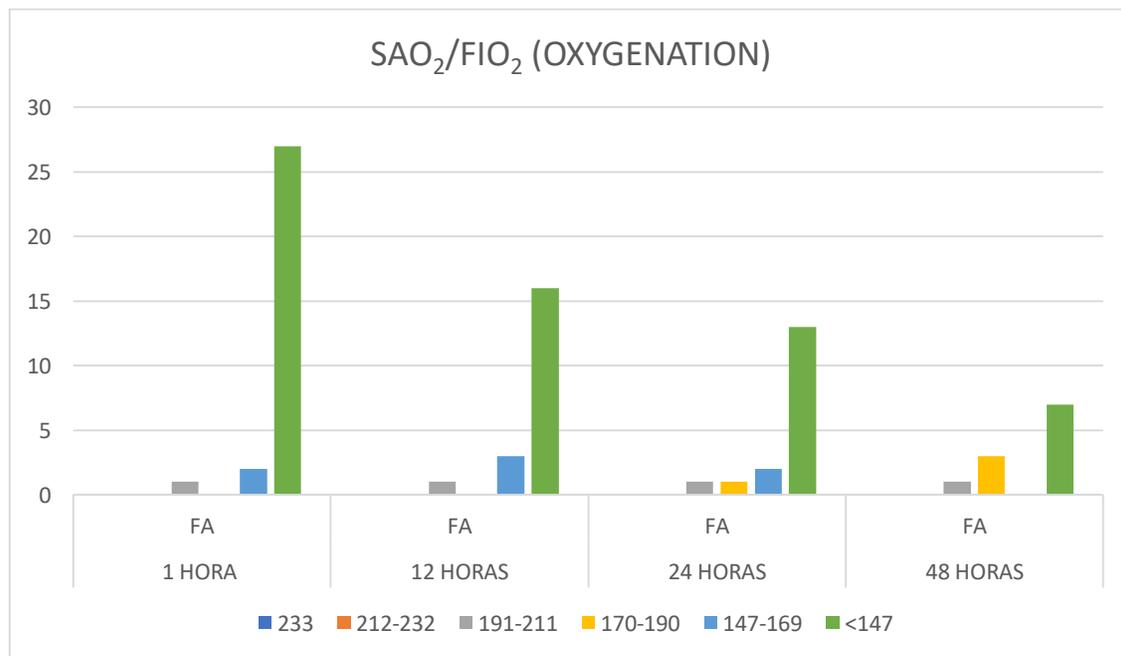
El tercer parámetro de la escala HACOR, corresponde al Estado de Conciencia (Glasgow) (C: Consciousness, en la escala HACOR). Es la medida para determinar el nivel de conciencia que tiene un paciente; generalmente se utiliza la escala Glasgow. La escala Glasgow determina que un paciente se encuentra completamente consciente con 15 puntos, y con un valor de <8 puntos, se convierte en un criterio para intubación. En promedio el 66.6% de los pacientes ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos con modo ventilatorio PSV/CPAP, presentan un alto nivel de conciencia durante el control por segmentos de hora, lo cual indica una ponderación de 0 en el primer parámetro de la escala HACOR.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL CUARTO ELEMENTO DE LA ESCALA HACOR, SAO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> (O: OXYGENATION) A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

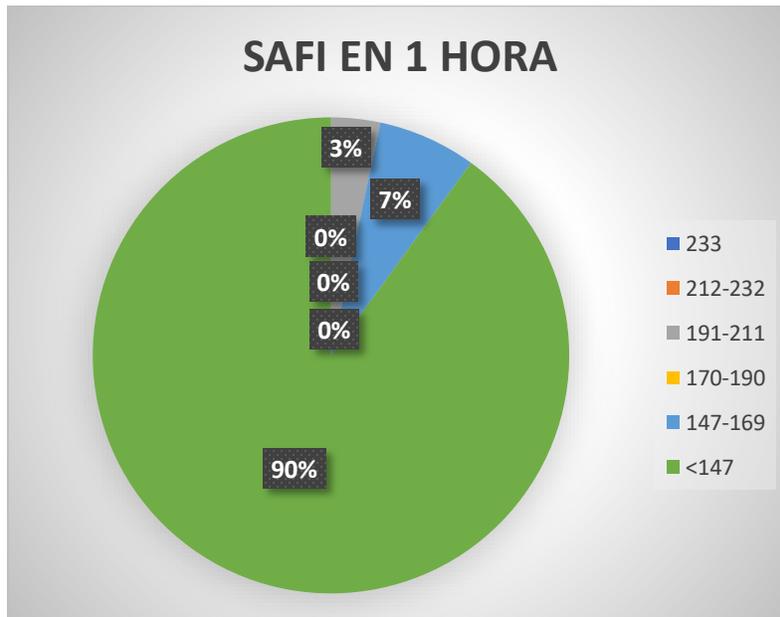
Tabla #11

SaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	1 HORA		12 HORAS		24 HORAS		48 HORAS	
	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%
<b>233</b>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>212-232</b>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>191-211</b>	1	3%	1	5%	1	6%	1	9%
<b>170-190</b>	0	0%	0	0%	1	6%	3	27%
<b>147-169</b>	2	7%	3	15%	2	12%	0	0%
<b>&lt;147</b>	27	90%	16	80%	13	76%	7	64%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>

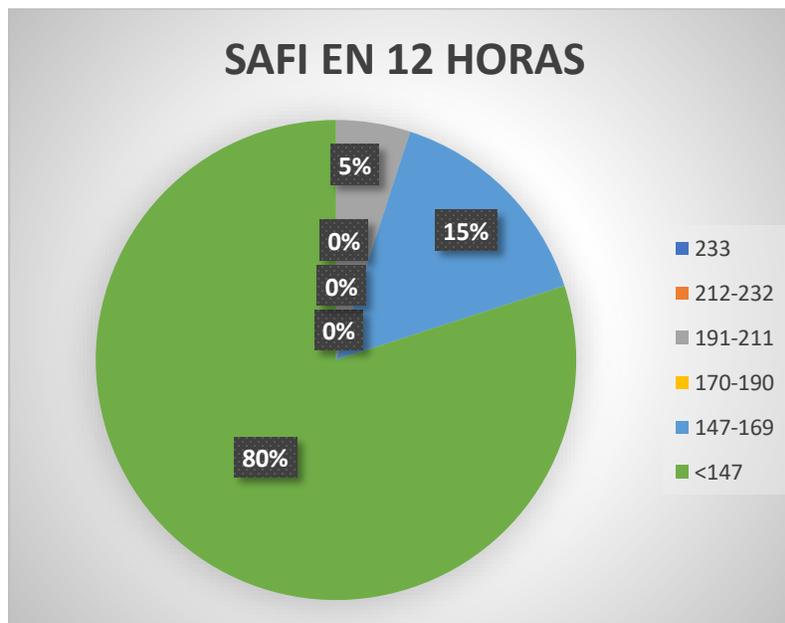
Gráfica #11



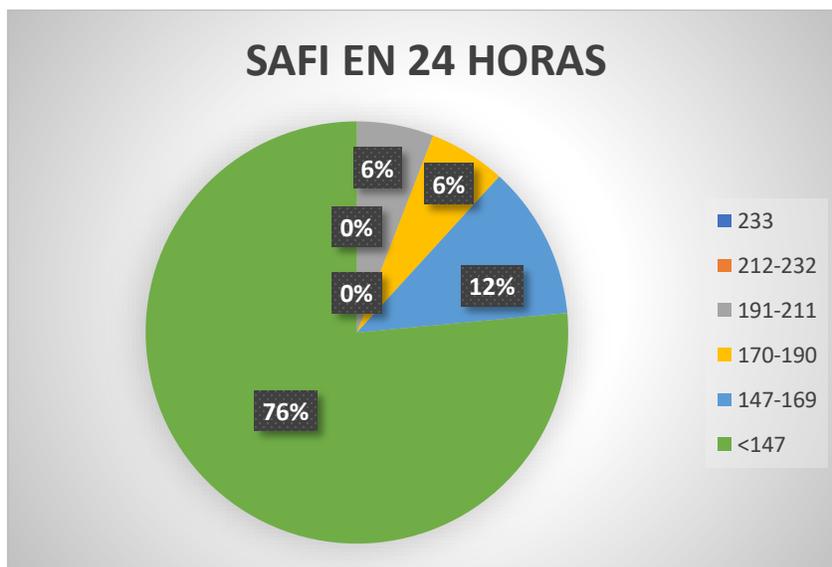
Gráfica #11 a



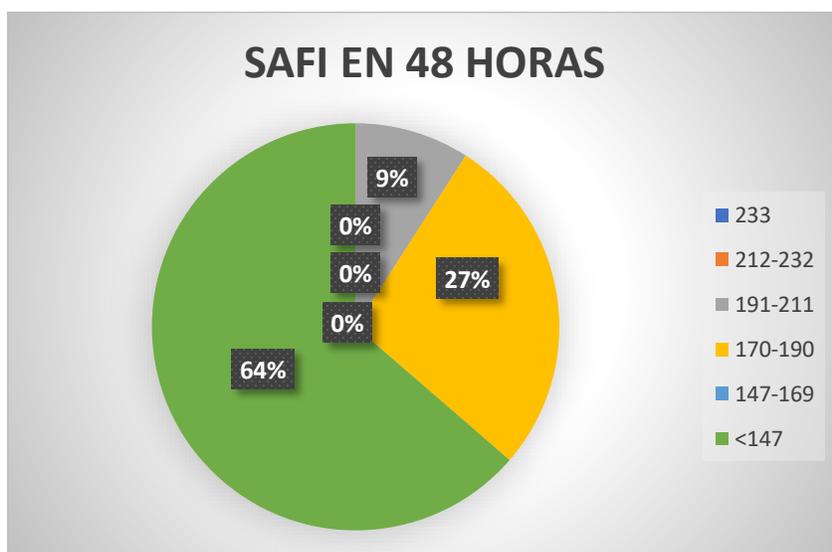
Gráfica #11 b



Gráfica #11 c



Gráfica #11 d



El cuarto parámetro de la escala HACOR, corresponde al Correlación entre  $SapO_2/FiO_2$  (SAFI) (O: Oxygenation, en la escala HACOR). Es la relación entre la saturación transcutánea de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno administrada. En promedio el 77.5% de los pacientes ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos con modo ventilatorio PSV/CPAP, presentan una SAFI de <147 durante el control por segmentos de hora, lo cual indica una ponderación de 6 en el primer parámetro de la escala HACOR.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL QUINTO ELEMENTO DE LA ESCALA HACOR, FRECUENCIA RESPIRATORIA (R: RESPIRATORY RATE) A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #12

FR	1 HORA		12 HORAS		24 HORAS		48 HORAS	
	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%
<30	24	80%	18	90%	15	88%	9	82%
31-35	4	13%	2	10%	1	6%	1	9%
36-40	2	7%	0	0%	1	6%	1	9%
41-45	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
>46	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>

Gráfico #12

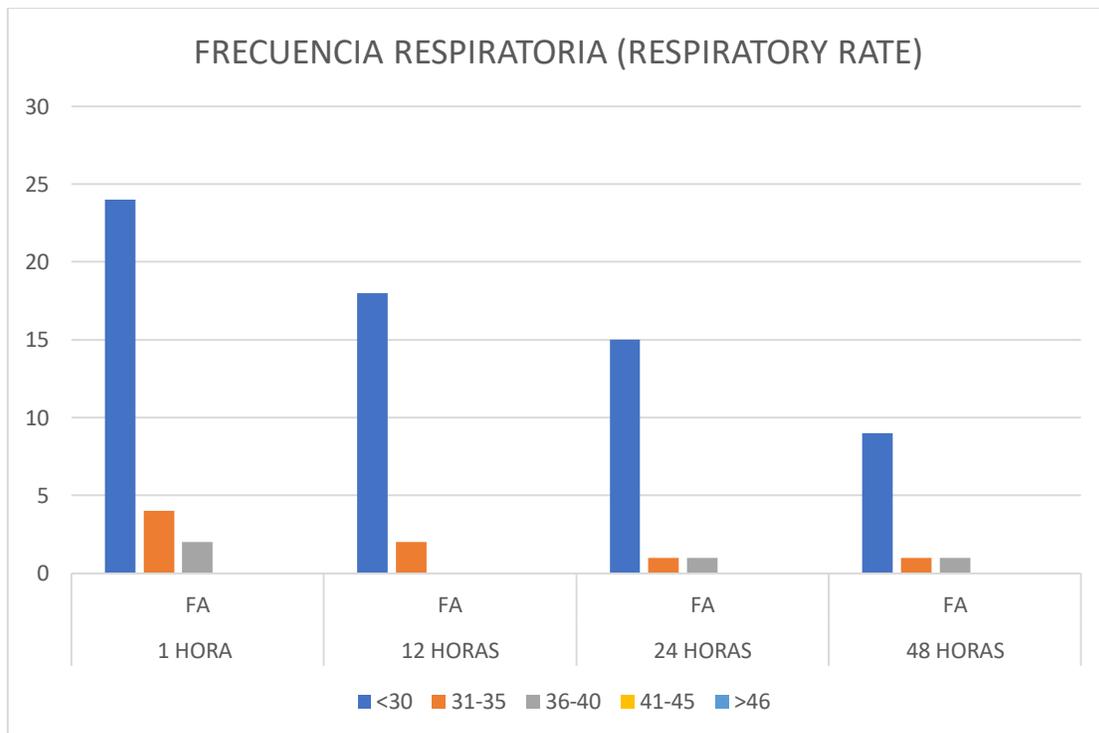


Gráfico #12 a

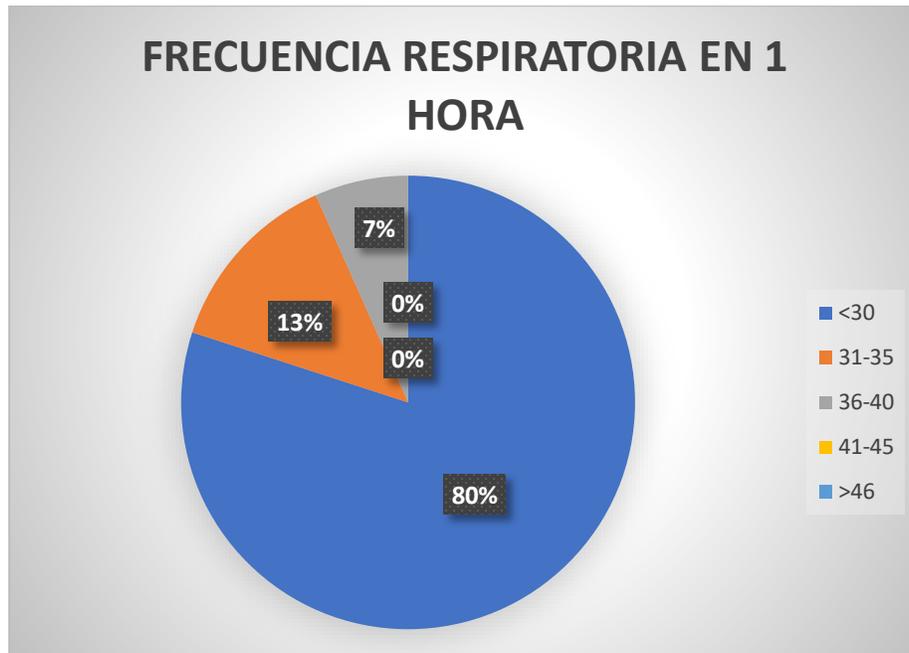


Gráfico #12 b

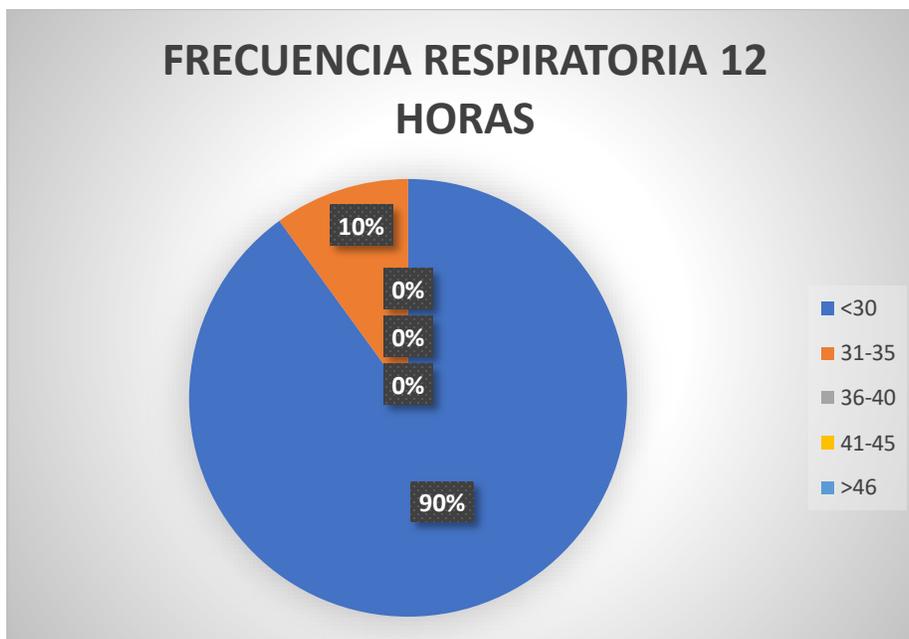


Gráfico #12 c

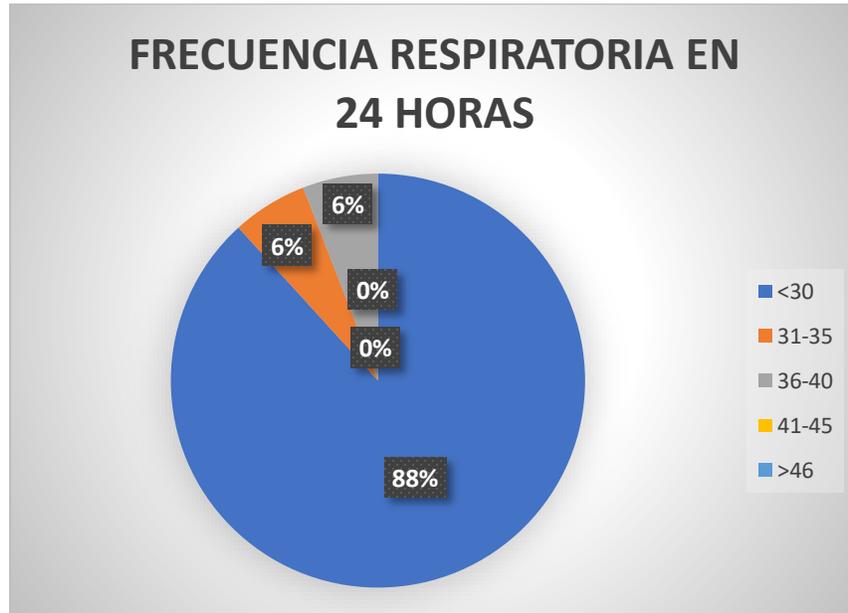
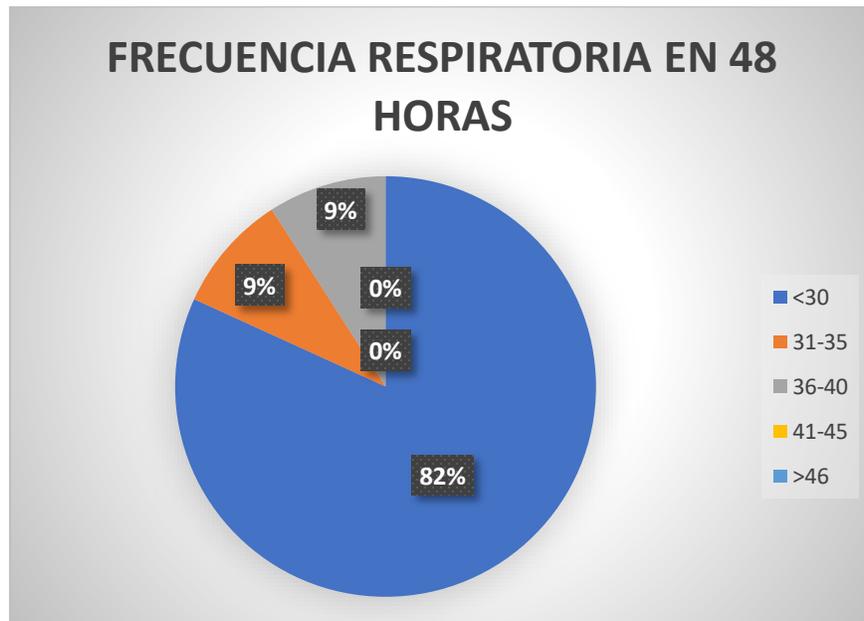


Gráfico #12 d



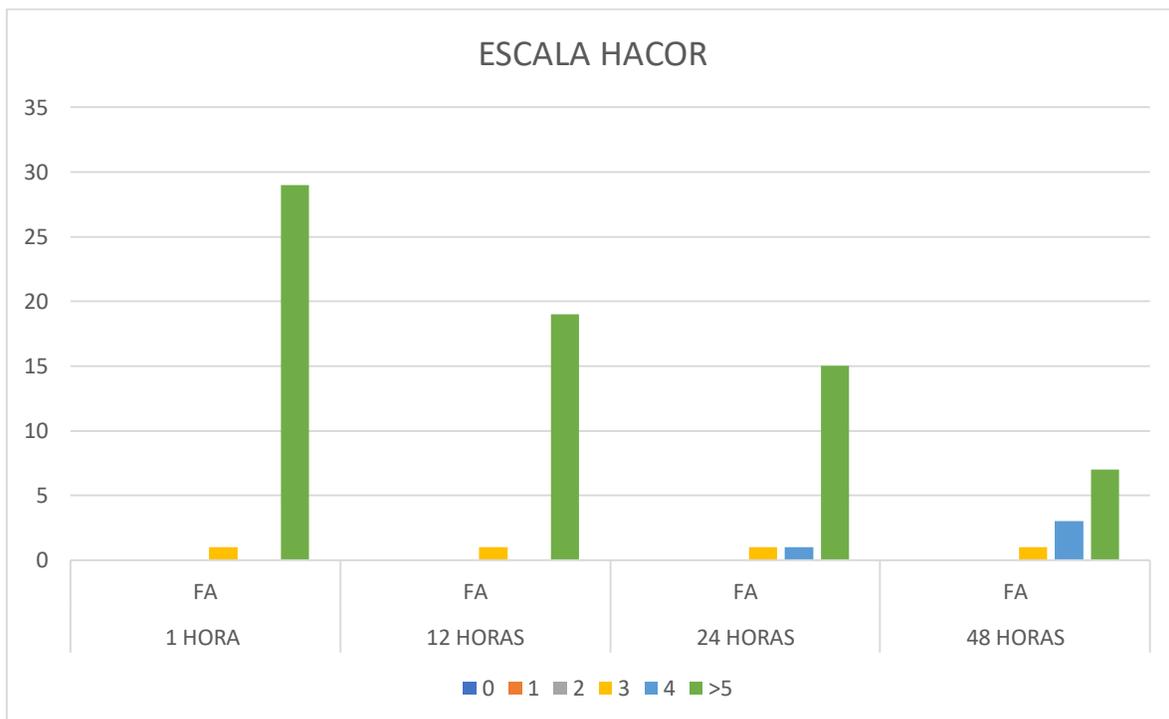
El quinto y último parámetro de la escala HACOR, corresponde a la Frecuencia Respiratoria (FR) (R: Respiratory rate, en la escala HACOR). Es el número de respiraciones de un ser vivo en una unidad de tiempo. Su rango normal es de 12-20 rpm. Sin embargo, la escala HACOR toma como valor mínimo <30 rpm y como valor máximo >46 rpm. En promedio el 85.0% de los pacientes ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos con modo ventilatorio PSV/CPAP, presentan una Frecuencia Respiratoria de <30 rpm durante el control por segmentos de hora, lo cual indica una ponderación de 0 en el primer parámetro de la escala HACOR.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS PUNTAJES DE CRITERIOS DE LA ESCALA HACOR, A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #13

CRITERIOS HACOR	1 HORA		12 HORAS		24 HORAS		48 HORAS	
	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%	FA	FR%
0	0	0%	0	0%	0	0%	0	0
1	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
2	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
3	1	3%	1	5%	1	6%	1	9%
4	0	0%	0	0%	1	6%	3	27%
>5	29	97%	19	95%	15	88%	7	64%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>

Gráfico #13



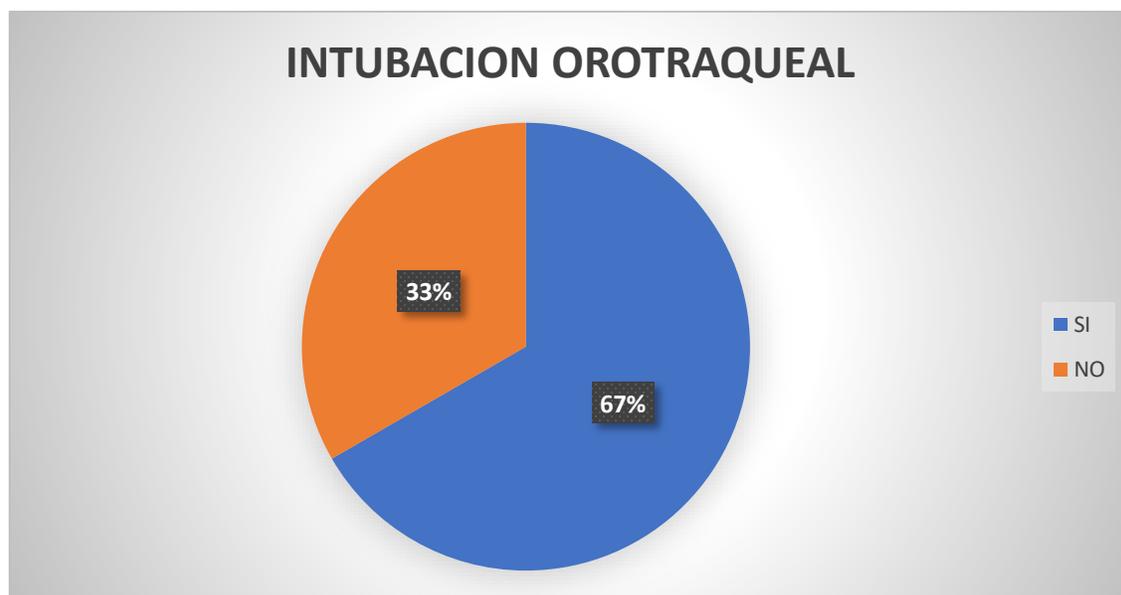
La escala HACOR, es un score predictivo del fracaso de la Ventilación Mecánica No Invasiva. Considera que la existencia de un puntaje de  $>5$  pts. En las mediciones finales en sus controles de tiempo; significa que la VMNI no realiza una compensación respiratoria necesaria y por ende se considera el uso de una ventilación mecánica invasiva, convirtiendo al paciente en un candidato a la intubación oro-traqueal. La Escala está escalafonada en 4 controles por segmento de tiempo: 1 hora, 12 horas, 24 horas y 48 horas. Según la muestra de estudio se observa que desde el primer control (1 hora) del inicio de la colocación de la VMNI con modo ventilatorio PSV/CPAP demostraba que el 97% de los pacientes presentan un puntaje de  $>5$  pts. Por lo que se convierten en candidatos a la intubación; recomendando la observación constante, llegando al último control (24 horas) en donde el 64% de la muestra estudiada supera el parámetro de  $>5$  pts. En la escala.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL PORCENTAJE DE INTUBACION OROTRAQUEAL, A LOS PACIENTES CON DIAGNOSTICO DE SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UCI DURANTE EL ESTUDIO SOBRE LA EFICIENCIA DE LA ESCALA HACOR COMO PREDICTOR DE INTUBACION OROTRAQUEAL TRAS EL USO DE VENTILACION MECANICA CON MODO VENTILATORIO PSV/CPAP:**

Tabla #14

INTUBACION	FA	FR%
SI	20	67%
NO	10	33%
TOTAL	30	100%

Gráfico #14



La intubación Orotraqueal es parámetro visual que demuestra el paso de la Ventilación Mecánica No Invasiva a la Ventilación Mecánica Invasiva. En la muestra de estudio se observa que el 67% de los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos bajo ventilación mecánica no invasiva con modo ventilatorio PSV/CPAP fueron intubados. Demostrando que 20 pacientes requirieron el uso de Ventilación Mecánica Invasiva.

# CAPITULO

## VI

## 6.0 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos de la investigación sobre “evaluación retrospectiva de la eficiencia de la escala HACOR como predictor de intubación orotraqueal tras el uso de la ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP, entre los pacientes de ambos géneros entre las edades de 18 a 70 años con diagnóstico de SAR-CoV-2 que fueron ingresados en la unidad de cuidados intensivos, del Hospital Nacional El Salvador durante el periodo de agosto a octubre del año 2021; investigación realizada durante los meses de mayo-junio del año 2022.” El grupo investigador se plantean las siguientes conclusiones:

- El Glasgow puede verse modificado por el uso de medicamentos agregados para el tratamiento de la ansiedad, generada por la interface máscara oronasal al paciente y así se pueda adaptar el ventilador a este.
- El Glasgow es el parámetro que más se ve afectado en la interpretación de la escala. A menos que tenga un valor  $<8$ , en tal sea el caso debe ser entubado el paciente.
- El puntaje HACOR puede verse afectados por patologías agregadas.
- Cuando al paciente se le disminuyen los parámetros del ventilador después de mostrar una mejoría, regresan a alto flujo o se mantiene en VMNI esto significa que la VMNI está funcionando.
- Se puede aplicar el uso de Terapia de Alto Flujo en pacientes que presentan una mejoría posterior al uso de VMNI.
- En el caso de los pacientes código blanco, no se van a reanimar ni a entubar; Aún que la escala HACOR indique un alto riesgo de necesidad de VMI.
- Si pasadas las 48 horas de iniciada la VMNI no se presentan variaciones y/o cambios significativos en el estado del paciente, se mantendrá con VMNI.
- El uso asertivo de la escala HACOR como herramienta de evaluación de la eficacia de la VMNI en los pacientes SARS-CoV-2 utilizada en el Hospital Nacional El Salvador, permite mejorar el tiempo de transición de VMNI a VMI.

## 6.1 RECOMENDACIONES

Como grupo investigador recomendamos:

1. Evaluar junto al criterio médico el parámetro  $\text{SatO}_2/\text{FiO}_2$ , ya que esta está guiada a la  $\text{fiO}_2$  que se necesita para obtener una saturación óptima. El paciente puede estar tranquilo, pero es porque necesita de una  $\text{FiO}_2$  alta. Haciendo que su patrón respiratorio se mantenga estable al estar compensado.
2. Que se evalué toda la escala en conjunto para una mejor interpretación del personal sanitario.
3. Que la escala HACOR no sea el único criterio de evaluación a utilizar. Si no que sea una herramienta que se puede agregar a los criterios ya existentes de intubación.
4. Evaluar más de una hora si los parámetros así lo requieren.
5. En caso de evaluar al paciente con menos de 48 horas del inicio de VMNI, interpretar no solo los resultados de la escala HACOR, sino también tomar en cuenta el criterio del terapeuta respiratorio y el criterio del médico tratante.
6. Tener en cuenta el acople del paciente/ventilador para la interpretación de la escala HACOR.
7. Recomendamos a las futuras generaciones investigar o desarrollar temas afines a la VMNI.
8. Que el uso de la escala HACOR sea implementada en otros hospitales como herramienta de monitorización de la VMNI.
9. Se recomienda el uso de la escala HACOR, como un instrumento para monitorización y seguimiento.
10. Se recomienda que la escala HACOR debe ser usada no solo en paciente con diagnóstico de SARS-CoV-2 sino en todos aquellos pacientes que utilicen VMNI.

## FUENTES DE INFORMACION

- 1) A. Esquinas. (2006) Tratado de Ventilación Mecánica No Invasiva. Práctica clínica y metodológica. Tomo I. Biblioteca aula médica. Madrid, España
- 2) Artigas O. Intubación endotraqueal. ELSEVIER (2002), páginas 335-342. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-la-intubacion-endotraqueal-13031115>
- 3) Bautista, Jenny Ameghino; Morales Corbacho, Jorge; Apolaya-Segura, Moisés. (2018). Correlación entre  $SO_2/FiO_2$  y  $PaO_2/FiO_2$  en pacientes con insuficiencia respiratoria en ventilación mecánica. Centro de Investigación de Epidemiología Clínica y Medicina Basada en Evidencia, Universidad San Martín de Porres. Lima Perú. Recuperado en 27/1/2022, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2018/cib183b.pdf>
- 4) Bello G, Magdalena AI, Giammateo V, Antonilli M (2018). Noninvasive options. Crit Care Clin, Chapter 34:395-412.
- 5) Benjamín J, Guerrero Z, Ángel J, Torres B, Antonio S, et al. Ventilación mecánica no invasiva. Medicina crítica y terapia intensiva. [en línea]. Mar.-abr. 2005; [fecha de acceso octubre 2021] Vol. XIX, (2): 75-80. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2005/ti052f.pdf>
- 6) Cabrini L, Esquinas A, Pasin L, Nardeli P, Frati E, Pintaudi M, Matos P, Landoni G, Zangrillo A (2015). An international survey on noninvasive ventilation use for acute respiratory failure in general non-monitored wards Respir Care. 60:586-592.
- 7) Chatburn RL (2009). Which Ventilators and modes can be used to deliver noninvasive ventilation?. Respir Care. 54:85-97.

- 8) Contreras CA y cols. Utilidad de escala HACOR para predecir falla de la ventilación mecánica no invasiva y mortalidad en las Unidades de Terapia Intensiva del Centro Médico ABC. Centro Médico ABC. An Med (Mex) 2018; Volumen 63 número 4: 261-265. Recibido para publicación: 12/10/2018. Aceptado: 16/10/2018. [www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)
- 9) Crispancho Gómez, William (2012). Capítulo 5: Control de la respiración. En Fisiología respiratoria. Lo esencial en la práctica clínica 3° edición (páginas: 131 y 133). México: Editorial: El Manual Moderno, S.A. de C.V.
- 10) D. del Castillo Otero, F. Valenzuela Mateos, M. Arenas Gordillo. Ventilación no invasiva en pacientes agudos. Unidades de cuidados espiratorios intermedios. En: José Gregorio Soto Campos. Manual de diagnóstico y terapéutica en neumología. 1ª Ed. Madrid: Neumosur; 2005. 175-185.
- 11) Diaz Lobato S, Mayoralas Alises S (2013). La ventilación mecánica no invasiva moderna cumple 25 años. Arch Bronconeumol. 49:475-479.
- 12) Ferrer M. (2014) The art and science of non-invasive ventilation. Shortness of breath 3:12-24.
- 13) Ferrero G (2008). Modos ventilatorios en ventilación no invasiva. Revista chilena de Enfermedades Respiratorias, Volumen 24, páginas 240-250.
- 14) FERRERO R, GERARDO. (2008). XII. Modos ventilatorios en ventilación no invasiva. Revista chilena de enfermedades respiratorias, 24(3), 240-250. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482008000300012>
- 15) Generación Elsevier. (5 /06/2017). Escala de Coma de Glasgow: tipos de respuesta motora y su puntuación. 27/1/2022, de Elsevier Sitio web: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/escala-de-coma-de-glasgow>

- 16) Gobierno de El Salvador (2021). Hospital El Salvador. TAGS, Presidencia de la República de El Salvador, publicado 09/09/2021, por sitio web: <https://www.presidencia.gob.sv/a-casi-dos-meses-de-vigencia-del-decreto-legislativo-90-los-casos-de-covid-19-se-mantiene-bajo-control/>
- 17) Gómez JL, Esquinas AM. Ventilación o invasiva en las Unidades de Cuidados Intensivos. Parte I: fundamentos e interfase. *Enferm Intensiva*. 2007; 18 (4): 187-95.
- 18) Gonzales R, Barcón L. Modos de ventilación mecánica no invasiva en una Unidad de Cuidados Intensivos. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*. [en línea] 2020; [fecha de acceso diciembre 2021]19(1): 491. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedinteme/cie-2020/cie201a.pdf>
- 19) Hershel Raff y Michaels Levitzky. (2013). *Fisiología médica. Un enfoque por aparatos y sistemas*. Editorial McGRAW- HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. México DF, Capítulo 22: Perspectiva general del sistema cardiovascular. Páginas: 204-205.
- 20) Hess DR (2013). Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Respir Care*. Volume 58:950-972.
- 21) Hill NS, Spoletini G, Schumaker G, Garpetad E (2019). Noninvasive support for acute hypercapnic respiratory failure. *Respir Care*. 64:647-657.
- 22) Jun Duan, Xiaoli Han, Linfu Bai, Lintong Zhou y Shicong Huang. Evaluación de la frecuencia cardíaca, acidosis, conciencia, oxigenación y frecuencia respiratoria para predecir la insuficiencia de la ventilación no invasiva en pacientes hipoxémicos. *Med de cuidados intensivos*.
- 23) Mehta S, Hill NS (2001). Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Medical*. 163:2014; 3:12-24
- 24) Moerer O, Vasquez F, Duscio E, Cipulli F, Romitti F, Gattinoni L, Quintel M (2018). Extracorporeal gas Exchange. *Crit Care Clin*. ;34:413:422.

- 25) Nava S, Navalesi P, Gregoretti G (2009). Interfaces and humidification for non-invasive mechanical ventilation. *Respir Care*. Chapter 54:71-82.
- 26) Neil R. MacIntyre, MD. (2002). Capítulo 29: Ventilación no invasora. En *Ventilación Mecánica* (Páginas: 511-523). México, D.F.: Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- 27) Ramos P, Jareño J. Ventilación mecánica no invasiva. *Monografías NEUMOMADRID*. [en línea]. 2007. [fecha de acceso noviembre 2021]; vol. XI: 63-88. Disponible en: [https://www.neumomadrid.org/wp-content/uploads/monog\\_neumomadrid\\_xi.pdf](https://www.neumomadrid.org/wp-content/uploads/monog_neumomadrid_xi.pdf)
- 28) Real Academia Española. *Diccionario de la Lengua Española*. [en línea] 23a ed. (2014); [fecha de acceso]. Disponible en: <https://dle.rae.es/paciente>
- 29) Scala R, Naldi M (2008). Ventilators for noninvasive ventilation to treat acute respiratory failure. *Respir Care*. 53:1054-1080.
- 30) Shapiro/ Peruzzi/ Templin. (1996). *Manejo clínico de los gases sanguíneos*. 5ta Edición. Capítulo 1: Fundamentos de la fisiología ácido-base y respiratoria. México, Editoriales Médica Panamericana, S.A. Páginas 1-3.
- 31) Sinderby C, Beck J (2013), Neurally adjusted ventilatory assist in non-invasive ventilation. *Minerva Anesthesiol*. Chapter 79:915-925.
- 32) Viruez-Soto, José Antonio, Jiménez-Torres, Fernando, & Vera-Carrasco, Oscar. (2020). CARACTERIZACIÓN DEL ÍNDICE SAO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> A GRAN ALTITUD. *Revista Médica La Paz*, 26(1), 38-41. Recuperado en 27 de enero de 2022, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-89582020000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582020000100006&lng=es&tlng=es).
- 33) Volsko Teresa A (2019). Devices used for CPAP delivery. *Respir Care*. Volume 64:723-734.

## GLOSARIO

- **DIOXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>):** También llamado Anhídrido Carbónico, es un componente a base de carbono y oxígeno, el cual consiste en un gas incoloro en condiciones de temperatura y presión estándar, presente en la atmósfera en una proporción de 380 partes por millón (ppms).
- **Escala HACOR:** (Siglas en Ingles, Heart rate, Acidosis, Consciousness, Oxygenation, Respiratory rate), tiene en Cuenta estos parámetros, para predecir el fracaso de la ventilación mecánica no invasiva en paciente con insuficiencia respiratoria hipoxémica, de tal manera que un puntaje HACOR superior a 5 puntos significaría alto riesgo.
- **HIPOXEMIA:** Es una disminución anormal de la presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>) en la sangre arterial por debajo de 60 mmHg.
- **HIPOXIA:** Es un estado de deficiencia de oxígeno en la sangre, células y tejidos del organismo, con compromiso de la función de los mismos.
- **INSUFICIENCIA RESPIRATORIA:** Es un síndrome clínico que se caracteriza por la incapacidad del organismo para mantener los niveles arteriales de oxígeno (O<sub>2</sub>) y de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) adecuados para las demandas del metabolismo celular.
- **MASCARA DE INTERFAZ:** Es un dispositivo de plástico rígido y transparente de cloruro de polivinilo, policarbonato de polivinilo, polipropileno, silicona, elastómeros de silicona o hidrogel; los cuales actúan como “cojín almohadillado” ajustada a la piel para impedir la salida (fuga) del oxígeno administrado y la pérdida de la presurización del sistema.
- **Neumonía:** Es una infección en uno o ambos pulmones. Esta causa que los alvéolos pulmonares estén propensos a llenarse de líquidos o de pus.

- **OXIGENO (O<sub>2</sub>):** Elemento químico de número atómico 8 y representado por el símbolo O. Es el encargado de las funciones vitales y metabólicas del cuerpo humano, ingresando a través de la nasofaringe hacia los alveolos pulmonares en donde se realiza el intercambio gaseoso con el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- **OXIGENOTERAPIA:** Es un tratamiento en el cual se administra oxígeno suplementario en concentraciones elevadas con la finalidad de prevenir o tratar la deficiencia de oxígeno (hipoxia) presente en la sangre, células y tejidos del organismo.
- **PRESION POSITIVA AL FINAL DE LA ESPIRACION (PPFE):** (en inglés, Positive end-expiratory pressure-PEEP) tiene lugar cuando la presión existente en los pulmones (presión alveolar) al final de la espiración, está por encima de la presión atmosférica (la presión exterior al cuerpo).
- **SARS-CoV-2:** Es un nuevo tipo de coronavirus que puede afectar a las personas en general, detectado inicialmente en diciembre del 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, al sureste de China.
- **SINCRONIA:** Se emplea para referenciar la coexistencia o combinación de dos o mas sucesos en un mismo periodo temporal. Esta implica que los hechos se desarrollen simultáneamente o de manera concordante.
- **TERAPIA RESPIRATORIA (TR):** es una profesión perteneciente a las ciencias de la salud, en la que profesionales capacitados trabajan con pacientes que sufren de problemas y/o afecciones cardiopulmonares o insuficiencias respiratorias agudas o crónicas. En la mayoría de países, la carrera es una extensión (especialidad) de Fisioterapia o de Enfermería, y no existe como tal, así como en El Salvador.

- **VENTILACION MECANICA NO INVASIVA:** Es la administración del soporte ventilatorio sin la colocación de una vía aérea artificial invasiva como un tubo endotraqueal o una cánula de traqueostomía, sino mediante una máscara facial, nasal o un sistema de casco.
- **VENTILACION MECANICA:** Es una estrategia terapéutica que consiste en asistir mecánicamente la ventilación pulmonar espontánea cuando ésta es inexistente o ineficaz para la vida. Para llevar a cabo la ventilación mecánica se puede recurrir a un ventilador mecánico o respirador artificial o a una persona bombeando el oxígeno manualmente mediante la compresión de una bolsa o fuelle de aire.
- **VENTILADOR LEISTUNG LUFT 3AP:** ventilador utilizado en la unidad de Cuidados Intensivo del Hospital El Salvador, este cumple con la finalidad básica de los ventiladores mecánicos, con la diferencia en que su interfaz hace que la interacción paciente-ventilador sea más cómoda para el paciente y con mayor grado de maniobrabilidad por parte del personal de terapia respiratoria.

# ANEXOS

## Anexo 1. Instrumento de recolección de datos.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**ESCUELA DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGIA E INHALOTERAPIA**  
**GUIA DE RECOLECCION DE DATOS**



**OBJETIVO:** RECOLECTAR A TRAVES DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN LOS DATOS QUE SE UTILIZARON PARA DEMOSTRAR EL USO DE LA VENTILACION MECANICA NO INVASIVA CON EL MODO VENTILATORIO PSV/CPCP, ENTRE LOS PACIENTES DE AMBOS GENEROS ENTRE LAS EDADES DE 18 A 70 AÑOS QUE FUERON DIAGNOSTIVADOS CON SARS-COV-2 INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS EN EL HOSPITAL NACIONAL EL SALVADOR EN LOS MESES DE AGOSTO A OCTUBRE DEL 2021.

**PRESENTADO POR:**

BR. NOLASCO AQUINO, SAUL ORLANDO	CARNET NA11002
BR. POLANCO CALDERON, CARLOS ALEJANDRO	CARNET PC11053
BR. RIVAS MARTINEZ, ALEXANDRA LISBETH	CARNET RM16133

**ASESOR:**

DRA. CELIA MARLENE OFFMAN DE RODRIGUEZ

**CIUDAD UNIVERSITARIA ABRIL 2022**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGIA  
E INHALOTERAPIA



Evaluación retrospectiva de la eficiencia de la escala HACOR como predictor de intubación orotraqueal tras el uso de la ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP, entre los pacientes de ambos géneros entre las edades de 18 a 70 años con diagnóstico de sars-cov-2 que fueron ingresados en la unidad de cuidados intensivos, del hospital nacional el salvador durante el periodo de agosto a octubre del año 2021.

GUIA DE INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

a) **OBJETIVO:**

Recolectar la información y datos necesarios para demostrar la eficacia de la escala HACOR como predictor de la intubación orotraqueal tras el uso de la ventilación mecánica no invasiva con el modo ventilatorio PSV/CPAP, entre los pacientes de ambos géneros que fueron diagnosticados con SARS-CoV-2, entre las edades de 18 a 70 años, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos, en el Hospital Nacional El Salvador.

b) **INDICACIONES:**

- i) El instrumento tiene como finalidad confirmar la eficiencia de la escala HACOR como predictor de intubación orotraqueal tras el uso de VMNI con el modo ventilatorio PSV/CPAP.
- ii) Los datos serán recolectados objetivamente a través de las hojas de registro de control de VMNI, obtenidas en cada turno de los pacientes que fueron ingresados en la UCI.
- iii) Solicitamos permiso para realizar el estudio; notificando que las respuestas serán de carácter confidencial y de ayuda para el mejoramiento en la calidad de los servicios.

**III- DATOS A OBTENER:**

1. **Género:** Masculino \_\_\_ Femenino \_\_\_      2. **Edad:** \_\_\_\_\_

**PARAMETROS VENTILATORIOS DURANTE EL USO DE LA VMNI EN MODO PSV/CPAP**

3. Inicio de la VMNI: Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2021      Hora: \_\_\_\_\_  
4. Fio2: \_\_\_\_\_      6. Presión Soporte: \_\_\_\_\_  
5. PEEP: \_\_\_\_\_

7. Escala HACOR:

	Valores	Puntaje	1 hora	12 horas	24 horas	48 horas
FC	≤120	0				
	>120	1				
pH	> 7.35	0				
	7.30-7.34	2				
	7.25-7.29	3				
	< 7.25	4				
Glasgow	15	0				
	13-14	2				
	11-12.	3				
	< 10	4				
SaO2/FiO2	233	0				
	212-232	2				
	191-211	3				
	170-190	4				
	147-169	5				
	< 147	6				
FR	< 30	0				
	31-35	1				
	36-40	2				
	41-45	3				
	> 46	4				
		TOTAL				

8. Intubación Orotraqueal: SI  NO

9. Observaciones:

---



---



---

## Anexo 2. Escala HACOR

VARIABLE	VALORES	PUNTAJE
HEART RATE	≤120 LPM	0
	>120 LPM	1
PH	>7.35	0
	7.30-7.35	2
	7.25-7.29	3
	<7.25	4
GLASGLOW COMA SCORE	15	0
	13-14	2
	11-12	5
	≤10	10
SaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	233	0
	212-232	2
	191-211	3
	170-190	4
	149-169	5
	≤148	6
RESPIRATORY RATE	≤30	0
	31-35	1
	36-40	2
	41-45	3
	>45	4
<p><b>LA DETERMINACION DE LA GASOMETRIA ARTERIAL PARA VALORACION DE PH SE REALIZARÁ EN EL CONTEXTO DE PACIENTE CON PUNTUACION LIMITE, PARA DECIDIR INGRESO EN UCI O INICIO DE TRATAMIENTO CON PLANTA DE HOSPITALIZACION CON TERAPIA DE ALTO FLUJO.</b></p>		

### Anexo 3. Escala de GLASGOW

#### LA ESCALA DE COMA DE GLASGOW (GCS): tipos de respuesta motora y su puntuación

ELSEVIER

La escala de coma de Glasgow (en Inglés Glasgow Coma Scale (GCS)), de aplicación neurológica, permite medir el nivel de conciencia de una persona. Utiliza tres parámetros: la **respuesta verbal**, la **respuesta ocular** y la **respuesta motora**. El puntaje más bajo es 3 puntos, mientras que el valor más alto es 15 puntos. La aplicación sistemática a intervalos regulares de esta escala permite obtener un perfil clínico de la evolución del paciente.

<b>OCULAR</b>	4	3	2	1		
	ESPONTÁNEA	ORDEN VERBAL	DOLOR	NO RESPONDEN		
						
<b>VERBAL</b>	5	4	3	2	1	
	ORIENTADO Y CONVERSANDO	DESORIENTADO Y HABLANDO	PALABRAS INAPROPIADAS	SONIDOS INCOMPRESIBLES	NINGUNA RESPUESTA	
						
<b>MOTORA</b>	6	5	4	3	2	1
	ORDEN VERBAL OBEDECE	LOCALIZA EL DOLOR	RETIRADA Y FLEXIÓN	FLEXIÓN ANORMAL	EXTENSIÓN	NINGUNA RESPUESTA
						
				(rigidez de decorticación)	(rigidez de decerebración)	

## Anexo 4. Clasificación de Variantes de SARS-CoV-2

### Variantes COVID-19

#### Variantes preocupantes (VOC)

	LINAJE	SITUACIÓN
	B.1.1.7	Detectada por primera vez en septiembre de 2020 en Reino Unido. Designada por la OMS el 18 de diciembre de 2020.
	B.1.351	Detectada por primera vez en mayo de 2020 en Sudáfrica. Designada por la OMS el 18 de diciembre de 2020.
	P.1	Detectada por primera vez en noviembre de 2020 en Brasil. Designada por la OMS el 11 de enero de 2021.
	B.1.617.2	Detectada por primera vez en octubre de 2020 en India. Designada por la OMS como variante de interés el 4 de abril de 2021 y como variante de preocupación el 11 de mayo de 2021.
	B.1.1.529	Detectada por primera vez en noviembre de 2021 en varios países: África meridional, Botsuana, Hong Kong e Israel. Designada por la OMS como variante bajo vigilancia el 24 de noviembre de 2021 y como variante de preocupación el 26 de noviembre de 2021.

#### Variantes de interés (VOI)

	LINAJE	SITUACIÓN
	C.37	Detectada por primera vez en diciembre de 2020 en Perú. Designada por la OMS el 14 de junio de 2021.
	B.1.621	Detectada por primera vez en enero de 2021 en Colombia. Designada por la OMS el 30 de agosto de 2021.

Fuente: Elaboración propia con datos de la OMS.

Gaceta Médica

Anexo 5. Dispositivos disponibles para VMNI.

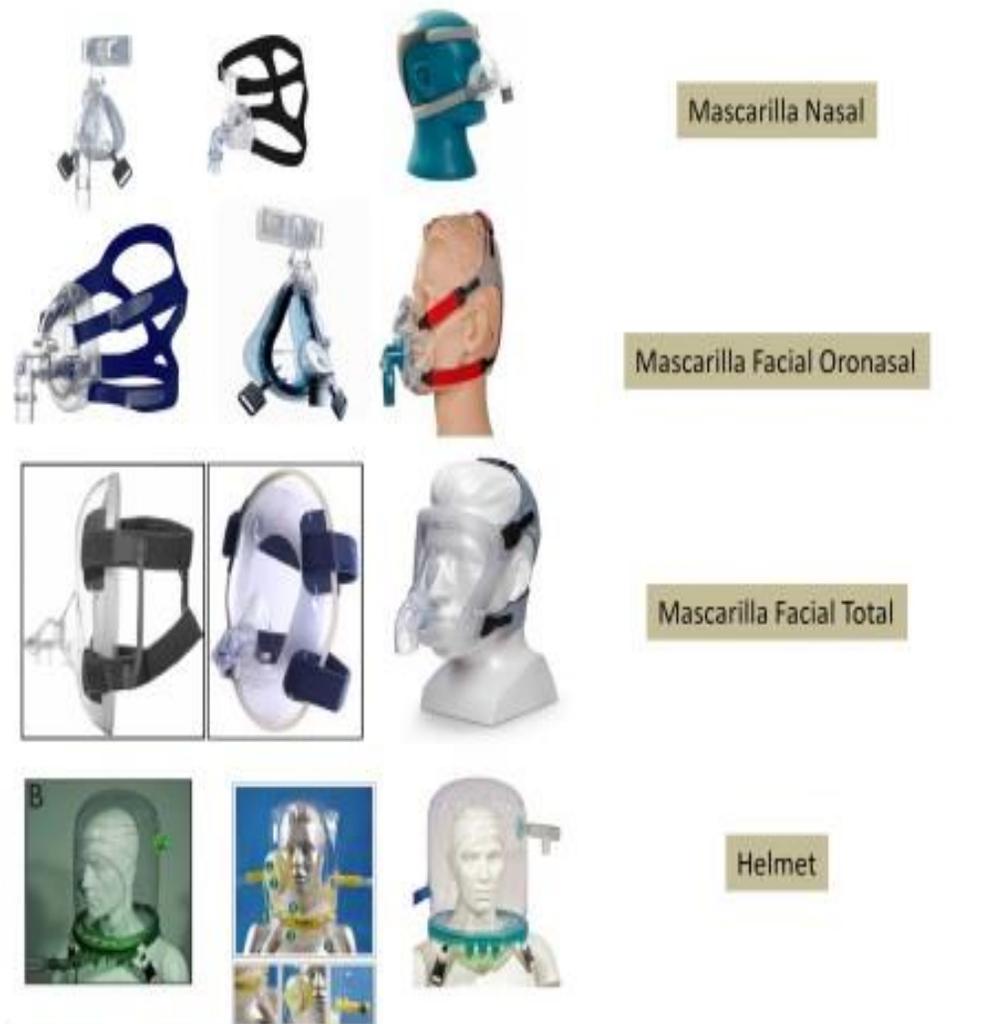


Figura 1. Dispositivos disponibles para VNI en el paciente agudo.

## Anexo 6. Características funcionales del ventilador LUFT 3AP.

ESPECIFICACIONES ESTRUCTURALES	
ALTURA TOTAL	140 cm
ALTURA MÓDULO	49 cm
ANCHO MÓDULO	41 cm
PROFUNDIDAD MÓDULO	27 cm
MASA TOTAL (*)	27 kg
MASA MÓDULO (*)	15 kg
MASA PEDESTAL (*)	12 kg
(*) NOTA: se considera junto a los accesorios determinados por el fabricante.	

ESPECIFICACIONES AMBIENTALES		
TEMPERATURA AMBIENTE	DE OPERACIÓN	+10 a 35 °C
	ALMACENAMIENTO/TRANSPORTE	-10 a 40 °C
HUMEDAD RELATIVA	DE OPERACIÓN	10% a 95% (No condensable)
	ALMACENAMIENTO/TRANSPORTE	10% a 95% (No condensable)
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	DE OPERACIÓN	66 a 100 kPa
	ALMACENAMIENTO/TRANSPORTE	66 a 100 kPa

PARÁMETROS CONFIGURABLES			
	ADULTO	PEDIÁTRICO	RESOLUCIÓN
Fracción de oxígeno entregada ( <b>FI<sub>O<sub>2</sub></sub></b> )	0,21 a 1,00	0,21 a 1,00	0,1
Tiempo inspiratorio ( <b>T Ins</b> )	0,2 a 10 s	0,2 a 10 s	0,1 s
Tiempo inspiratorio máximo ( <b>TI Máx</b> ) <sup>1</sup>	0,3 a 3 s	0,3 a 3 s	0,1 s
Tiempo inferior ( <b>T Inf</b> ) <sup>2</sup>	0,5 a 30 s	0,5 a 30 s	0,1 s
Tiempo superior ( <b>T Sup</b> ) <sup>3</sup>	0,5 a 30 s	0,5 a 30 s	0,1 s
Frecuencia respiratoria ( <b>Frec</b> )	1 a 150 c/min	1 a 150 c/min	1 c/min
Relación I:E	5:1 a 1:99	5:1 a 1:99	0,1
Volumen tidal ( <b>V Tidal</b> )	0,05 a 2,5 L	0,05 a 1,0 L	0,01 L
Volumen tidal mínimo ( <b>VT Min</b> ) <sup>4</sup>	0,05 a 2,5 L	0,05 a 1,0 L	0,01 L

<sup>1</sup> Disponible en: VNI y PSV/CPAP

<sup>2,3</sup> Disponible en: Bifásico

<sup>4</sup> Disponible en: PSV + VT asegurado