



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIO DE POSGRADO  
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

Relación entre la variabilidad de  
presión de pulso y distensibilidad de  
vena cava inferior para la evaluación  
del volumen intravascular en pacientes  
con ventilación mecánica.

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN:

URGENCIAS PEDIÁTRICAS

P R E S E N T A:

Dr. José Antonio Ceballos Zarate

Tutor: Dr. Ricardo Gil Guevara



CIUDAD DE MEXICO

FEBRERO 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

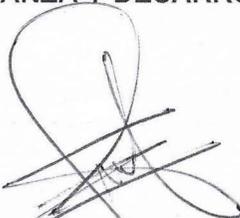
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## HOJA DE FIRMAS.

DR. SARBELIO MORENO ESPINOSA  
DIRECTOR DE ENSEÑANZA Y DESARROLLO ACADÉMICO.



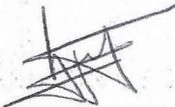
DIRECTOR DE TESIS

DR. VICTOR BALTAZAR OLIVAR LÓPEZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE URGENCIAS PEDIATRICAS DEL HOSPITAL  
INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ.



ASESOR DE TESIS

DR. RICARDO GIL GUEVARA  
MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE URGENCIAS PEDIATRICAS DEL  
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO. FEDERICO GÓMEZ



ASESOR METODOLÓGICO.

DRA GUADALUPE JEAN TRON.  
DOCTORA EN CIENCIAS MEDICAS.  
MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE INVESTIGACIÓN DEL HOSPITAL INFANTIL DE  
MÉXICO. FEDERICO GÓMEZ

## **DEDICATORIA.**

Mi tesis la dedico con amor y cariño a mi esposa, por su sacrificio y esfuerzo, por acompañarme en este proceso de mi profesión y por creer en mí.

A mis hijos, por ser mi fuente de motivación e inspiración

A mi Padre, Madre y hermanos, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante.

A mis maestros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento.

### **Agradezco:**

A mi director de tesis Dr. Víctor Olivar, por sus enseñanzas quien ha sido un gran ejemplo de liderazgo y por su apoyo en esta parte de mi formación.

A mi asesor de tesis Dr. Ricardo Gil Guevara por su apoyo en la realización de este trabajo y orientación.

A mis maestros que han contribuido en mi formación día a día, así como al paciente que en su dolor, me debo a él.

Al servicio de Urgencias del Hospital Infantil de México, el cual sin duda es un gran semillero de excelentes Urgenciólogos Pediatras.

# INDICE

Introducción. ....	5
Antecedentes.....	6
Marco teórico. ....	8
Planteamiento del problema.....	11
Pregunta de investigación.....	12
Justificación.....	12
Objetivos.....	13
Métodos.....	13
Plan de análisis estadístico.....	15
Descripción de variables....	16
Resultados.....	18
Discusión.....	23
Conclusión.....	24
Cronograma de actividades.....	25
Referencias bibliográficas.....	26
Limitación de estudio.....	30
Anexos.....	31

## Introducción:

El reconocimiento y tratamiento precoz de la hipoperfusión tisular en pacientes críticamente enfermos es esencial para prevenir complicaciones, por lo que es necesario el manejo con soluciones cristaloides para su estabilización, sin embargo un incremento del índice de sobrecarga hídrica aumenta el riesgo de disfunción orgánica, asociado a mayor mortalidad y tiempo de ventilación mecánica<sup>1</sup>

La correcta identificación del beneficio de la administración de líquidos en un paciente, permite la optimización hemodinámica y evita la expansión de volumen ineficaz o perjudicial, de la misma forma, se mejora la administración y se disminuye el retraso del apoyo inotrópico y vasopresor.<sup>2</sup>

La determinación clínica del volumen intravascular es compleja en pacientes críticamente enfermos, varios estudios han demostrado que solo aproximadamente el 50% de los pacientes hemodinámicamente inestables responden a un desafío de volumen, a menudo se utiliza la monitorización hemodinámica invasiva, información obtenida del examen físico y la evaluación de laboratorio para llegar a un estrategia de manejo de volumen. Durante los últimos 30 años se han utilizado de forma cotidiana, las presiones de llenado cardiaco, incluida la presión venosa central y la presión de oclusión de la arteria pulmonar y han demostrado que son incapaces de predecir la capacidad de respuesta de volumen.<sup>3</sup> además están asociadas a complicaciones como la punción arterial, la inserción en vías alternas, el neumotórax, hematoma subcutáneo, hemotórax, paro cardíaco e infección relacionada con el catéter.<sup>4</sup>

La revisión de varios estudios sobre los métodos actuales utilizados para evaluar volumen intravascular, basado en hallazgos clínicos y de laboratorio, han mostrado una amplia variación tanto en sensibilidad como en especificidad, por lo que es necesario contar con un método no invasivo, confiable en la evaluación de este tipo de pacientes.

En los pacientes que se encuentran con ventilación mecánica, la variabilidad de la presión de pulso se reconoce como un método predictor y preciso de la respuesta de volumen.

Otros métodos mínimamente invasivos que se han utilizado para determinar el volumen intravascular así como la respuesta a volumen son el ultrasonido, con la medición del diámetro máximo y mínimo de la vena cava inferior y su porcentaje de distensibilidad.<sup>5</sup> Sin embargo los estudios en la población pediátrica son escasos y los pocos que se han realizado, solo han hecho comparaciones con métodos de medición estáticos como la presión venosa central y no con pruebas dinámicas como la variabilidad de la presión de pulso <sup>6</sup>.

## **Antecedentes:**

Dentro del tratamiento de pacientes en estado crítico es primordial mejorar el volumen intravascular con soluciones cristaloides, fármacos vasoactivos, que son terapias que mejora la perfusión tisular sistémica y reducen el riesgo de falla multiorgánica y mortalidad. Es de vital importancia el monitoreo hemodinámico para evitar la sobrecarga hídrica. Idealmente se requiere de un método estándar para la evaluación del volumen intravascular que se correlacione con los hallazgos clínicos <sup>7</sup>.

Se ha demostrado que mantener un balance de líquidos neutro o negativo disminuye el riesgo de lesión pulmonar aguda y disminución de los días de ventilación mecánica.<sup>8</sup> por tal motivo la evaluación debe ser oportuna y precisa para optimizar los resultados, el uso de monitores hemodinámicos adyuvantes proporciona una información mucho más objetiva y precisa.<sup>9</sup>

Un método invasivo, como la colocación del catéter venoso central, que se requiere para medir la presión venosa central, presenta complicaciones inmediatas en su colocación, como arritmias, lesión de la cámara cardíaca, lesiones vasculares, neumotórax, hemotórax, infección, trombosis y embolia pulmonar.

En relación a los pacientes que se encuentran con ventilación mecánica invasiva las pruebas dinámicas son de las mejores formas de evaluar la capacidad de respuesta a volumen, por lo que, cuantificar la variación respiratoria, de la presión arterial de

pulso o velocidades aórticas grabado por ecocardiografía doppler o diámetro de vena cava inferior es indispensable. La distensibilidad de la vena cava inferior, así como sus diámetros mínimos y máximos, es una herramienta que permite una estimación precisa de la presión auricular derecha y del volumen intravascular de manera no invasiva, siendo una medición que requiere una valoración adecuada en la población pediátrica.

Dentro de los primeros estudios que se realizaron por Muller et al. en el 2012 en adultos para investigar si la variación respiratoria del diámetro de la vena cava inferior (VCI) era adecuado predictor de respuesta a volumen, en pacientes con insuficiencia respiratoria y en respiración espontánea. En este estudio que incluye cuarenta pacientes con un valor de corte de 40 % de índice de distensibilidad lo cual se relaciona con un incremento del 15 % del gasto cardiaco a la administración de volumen con soluciones cristaloides<sup>10</sup>

Posteriormente se ha tratado de relacionar la colapsabilidad de la vena cava inferior, con la presión venosa central, para catalogar su sensibilidad y especificidad, en la evaluación del volumen intravascular. A pesar de que esta se trate de una medición de presión estática, un estudio evaluó esta relación en pacientes adultos con ventilación mecánica encontrando la correlación de un índice de distensibilidad de vena cava inferior mayor de 50%, tenía una fuerte asociación con un PVC inferior <8 mmHg. Llyas et al., Demostró que un índice de distensibilidad menor de 50% se correlaciona con una presión venosa central mayor de 10 mmHg, así como la presencia de un PEEP mayor de 10 cm de H<sub>2</sub>O, modifica la colapsabilidad de la vena cava inferior en pacientes adultos.<sup>11</sup>

En 2017 se realiza una revisión en población pediatría, sobre la correlación de presión venosa central y el índice de distensibilidad de la vena cava inferior, en la valoración del volumen intravascular, el cual reporta que un índice de distensibilidad de vena cava de 50% tiene sensibilidad de 45,5% y 91.7% de especificidad con un valor predictivo positivo de 71.4 % y un valor predictivo negativo de 78.6 % para predecir una presión venosa central <8 mmHg, en pacientes con ventilación mecánica,<sup>12</sup>

Posteriormente al no contar con evaluaciones de correlación entre pruebas estáticas y dinámicas predictivas de volumen intravascular, se realizo en 2016 en adultos la correlación entre distensibilidad de vena cava inferior y variabilidad de presión de

pulso, para predecir la capacidad de respuesta a volumen, reportando un valor de corte de 13.8 de VPP con sensibilidad 100% y especificidad 84.6% y valor de corte de 10.2% de índice de distensibilidad de vena cava inferior, con sensibilidad 75% y especificidad 76.9%, esto comparado con un incremento del 15% del gasto cardiaco.<sup>13</sup> Siendo hasta el momento uno de los estudios más actuales que evaluó esta relación de mediciones dinámicas, en adultos, presentando un alto nivel de sensibilidad y especificidad, por lo que es necesario continuar analizando, esta correlación en la población pediátrica, y así incrementar el uso del ultrasonido en niños como método no invasivo, de evaluación de volumen intravascular y predictor de respuesta a volumen en pacientes críticamente enfermos que requieran de ventilación mecánica invasiva.

## **Marco Teórico:**

El reconocimiento temprano y el tratamiento del estado de choque, ha demostrado disminuir la mortalidad en niños en diferentes escenarios al ingreso al área de urgencias., Sin embargo, el diagnóstico se basa en la integración clínica, anamnesis, signos vitales, examen físico y datos de laboratorio, por lo que su evaluación es compleja. El contar con indicadores tempranos de deterioro clínico y métodos de evaluación no invasiva del volumen intravascular es prioritario para evitar la disfunción orgánica múltiple, que se presenta en este tipo de pacientes<sup>14</sup>

Es importante señalar que el retraso en la detección de un estado de mala perfusión ocasiona disfunción mitocondrial.<sup>(15)</sup> originando falla multiorganica, desregulación inmunológica y un estado de inmunosupresión.<sup>(16)</sup>

A pesar de que se ha demostrado que los pacientes que reciben una terapia hídrica de reanimación con soluciones cristaloides endovenosas, durante la fase crítica presentan mejores resultados,<sup>17</sup> existen estudios que comprueban que la reanimación hídrica, asociada a un ascenso en el índice de sobrecarga hídrica, incrementa el riesgo de morbi-mortalidad.<sup>(18)</sup>

En un estudio, realizado en población pediátrica, Abulebda et al, demostraron que un balance hídrico acumulado positivo se asoció a peores resultados, siendo esta,

mayor mortalidad, incremento de los días de estancia hospitalaria y evolución tórpida.  
(19)

En la actualidad se evalúan otras técnicas menos invasivas, para la evaluación de la capacidad de respuesta a volumen, para predecir que pacientes se benefician de reanimación hídrica (20)

Es importante realizar una adecuada monitorización hemodinámica a fin de obtener un adecuado estado de perfusión tisular, enfocado en la estabilización inicial, con base en mejorar la precarga y el gasto cardiaco, con el aporte de soluciones cristaloides, y posteriormente identificar con certeza, los pacientes con índice de sobrecarga hídrica, o déficit de volumen intravascular, para la toma de decisiones en su manejo a través de métodos estáticos como presión venosa central y dinámicos como variabilidad de presión de pulso e índice de distensibilidad de vena cava inferior, ya que muchos pacientes que ya han recibido administración de soluciones endovenosas, puede ser que no respondan a volumen adicional si se encuentran con alteraciones en la contractilidad cardiaca presentando alteraciones en la curva de Frank-Starling, ya que es bien sabido que la administración excesiva de volumen incrementa el índice de sobrecarga hídrica y de mortalidad<sup>21</sup>

En este contexto la ecocardiografía es una herramienta de gran utilidad en la evaluación del volumen intravascular y respuesta a volumen, en pacientes con ventilación mecánica invasiva.<sup>22</sup>

Dentro de esta herramienta ecográfica, la medición del diámetro de la vena cava inferior, (VCI) es un método rápido, no invasivo que requiere de un entrenamiento corto, y que se puede realizar en múltiples ocasiones en la cama del paciente son varios estudios los que se han realizado para evaluar la presión venosa central (PVC) con la VCI en adultos, teniendo como resultado que un diámetro mínimo de VCI menor a 8 mm, se asocia a un PVC bajo de menos de 3 mmHg y un diámetro mínimo de VCI superior a 11,5 mm, es asociado a una PCV por encima de 7 mmHg, señalando que se trata de una comparación entre una prueba estática y una dinámica <sup>23</sup>

Varios estudios utilizaron el diámetro de vena cava inferior, algunos otros la relación del diámetro de la aorta, en lugar del índice de la vena cava inferior (IVCI)<sup>25,26</sup> Un nuevo parámetro, es la valoración del diámetro aórtico y vena cava inferior (Ao / VCI)

fue sugerido recientemente, para predecir el estado del volumen intravascular<sup>24</sup> El cual, en un estudio reporto una sensibilidad de 72% y especificidad de 89% como predictor de respuesta a volumen en población pediátrica.<sup>25</sup>

La utilidad de la variabilidad de presión de pulso como predictor de respuesta a volumen, presenta elevada sensibilidad y especificidad.<sup>27,28</sup>

Un estudio demostró que valores de variabilidad de presión de pulso entre 2 y 17 % no predijeron la capacidad de respuesta a volumen en 64 % de pacientes que requirieron apoyo con ventilación mecánica y presentaban, volumen tidal mayor a 8ml/kg y una presión máxima de 20 cmH<sub>2</sub>O, por lo que es importante tener en cuenta que el incremento de la presión positiva con ventilación mecánica modificara la evaluación de la variabilidad de presión de pulso <sup>29</sup>

Teniendo en cuenta que la evaluación del estado hemodinámico, la mayoría de las ocasiones se realiza a través de catéteres venoso centrales y el riesgo que implican en su colocación, es necesario contar con métodos no invasivos como la ecografía para evitar complicaciones, siendo este ampliamente utilizado en las unidades de cuidados intensivos, ya que permite conocer con exactitud el volumen intravascular y de manera indirecta la precarga del ventrículo derecho, con la evaluación del índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

Es fundamental conocer los cambios hemodinámicos que ocurren en el paciente con ventilación mecánica invasiva ya que impacta de manera significativa la función cardiovascular por su repercusión directa con la interpretación de parámetros de evaluación de la precarga, la presión positiva induce cambios cíclicos en el volumen sistólico del ventrículo izquierdo. Durante la inspiración, el incremento en la presión intratorácica y disminuye la precarga del ventrículo derecho al dificultar el retorno venoso, originando una disminución en su volumen de eyección. estos cambios de presión resultan en colapso del diámetro de VCI mayor del 50% en pacientes hemodinamicamente estables, empleando la siguiente formula par la obtención del índice de distensibilidad:

$$\frac{(\text{Diámetro máximo}-\text{Diámetro mínimo}) \times 100}{\text{Diámetro mínimo}}$$

$$\text{Diámetro mínimo}$$

Presentando un índice de distensibilidad de 12 al 18% como factor predictor de respuesta a volumen. <sup>30</sup>

La medición de estos diámetros se realiza, con un transductor sectorial con ventana subxifoidea en modo M y grabación por 10 segundos, se visualiza la unión de la aurícula derecha con la confluencia de las venas hepáticas, y obtiene el diámetro máximo en inspiración y el diámetro mínimo en espiración. Con adecuada sedación y sin la presencia de automatismos inspiratorios por parte del paciente. <sup>31</sup>

## **Planteamiento del problema:**

En el Hospital Infantil de México Federico Gómez, en el servicio de urgencias se presenta un alto índice de pacientes con inestabilidad hemodinámica que requieren de ventilación mecánica y manejo con soluciones cristaloides para su estabilización, la mayoría presentan un elevado índice de sobrecarga hídrica, lo cual incrementa la mortalidad, días de estancia hospitalaria y ventilación mecánica.

Hasta el momento son pocos los estudios en población pediátrica, sobre validación de pruebas dinámicas, de predicción en respuesta a volumen y evaluación del volumen intravascular, con la variabilidad de presión de pulso y en relación al índice de distensibilidad de la vena cava inferior.

Es indispensable contar con un método diagnóstico rápido, no invasivo, que se pueda realizar en la cama del paciente, con una adecuada especificidad y sensibilidad en la determinación del volumen intravascular y así poder disminuir la mortalidad y los múltiples efectos secundarios que conlleva un incremento del índice de sobrecarga hídrica, posterior a la estabilización inicial.

## **Pregunta de investigación.**

¿Cuál es la relación entre el índice de distensibilidad de la vena cava inferior y la variabilidad de presión pulso, en la evaluación del volumen intravascular, en pacientes con ventilación mecánica en el área de Urgencias Pediátricas?

## **Justificación.**

El Hospital Infantil de México, cuenta con un alto número de pacientes que ingresan con inestabilidad hemodinámica, que requieren manejo con soluciones cristaloides en su estabilización, lo cual incrementa el riesgo de sobrecarga hídrica y complicaciones secundarias así como de morbi-mortalidad.

Por lo anterior es de vital importancia la identificación de pacientes que se beneficiaran con la administración de volumen intravascular.

Contamos hasta el momento, con métodos invasivos de medición, tanto de pruebas estáticas como presión venosa central y dinámicas como variabilidad de presión de pulso. Sin embargo debemos tomar en cuenta que la colocación, de un catéter venoso central es un procedimiento invasivo que presenta un riesgo del 15% de complicaciones tempranas y tardías en su colocación, se asocia a hospitalización prolongada, aumento de la asistencia sanitaria y costos. Por este motivo es necesario el uso de herramientas no invasivas como la ultrasonografía.

Para poder aplicar el uso de ultrasonografía, es necesario conocer su sensibilidad y especificidad en la evaluación de la necesidad de administración de volumen intravascular.

## **Objetivos.**

### **Objetivo General:**

Analizar la asociación entre el índice de distensibilidad de vena cava inferior y variabilidad de presión de pulso, en la evaluación del volumen intravascular, de pacientes con ventilación mecánica en el área de urgencias del Hospital Infantil de México Federico Gómez.

### **Secundarios:**

- 1.- Conocer la relación entre el índice de distensibilidad de vena cava inferior, con el volumen tidal, presión positiva al final de la espiración y el uso de aminas vasoactivas.
- 2.- Conocer los valores normales del diámetro de vena cava inferior de acuerdo a la edad y sexo.

## **Hipótesis.**

La sensibilidad y especificidad de la medición de la distensibilidad de la vena cava inferior será 75% y 76.9% respectivamente al compararlo con la variabilidad de presión de pulso como ocurre en adultos.

## **Métodos:**

### **Lugar donde se realizará el estudio**

Se realizará en el Hospital Infantil de México Federico Gómez

### **Diseño del estudio:**

Se trata de un estudio observacional descriptivo, prospectivo transversal.

### **Criterios de selección:**

Criterios de inclusión:

1. Pacientes pediátricos de 1 mes a 17 años 11 meses de edad con ventilación mecánica que ingresan al servicio de Urgencias Pediátricas del Hospital Infantil de México Federico Gómez entre el 01 de Enero del 2019 al 30 de Abril del 2019.
2. Pacientes que cuenten con línea arterial periférica o central y medición de variabilidad de presión de pulso.
3. Pacientes que se realizo medición ecográfica de diámetros máximos y mínimos de la vena cava inferior y porcentaje de distensibilidad. .

#### Criterios de exclusión

1. Pacientes que no se puede valorar la vena cava inferior por ultrasonografía.
2. Pacientes con ventilación espontánea.
3. Pacientes con aumento de la presión intra-abdominal.

## **Población en Estudio.**

Todos los pacientes de 1 mes a 17 años 11 meses de edad con ventilación mecánica, que se realizo medición de distensibilidad de vena cava inferior y variabilidad de presión de pulso en el servicio de urgencias del Hospital Infantil de México Federico Gómez en el periodo de 01 de enero del 2019, al 30 de abril del 2019.

#### **Tamaño de la muestra:**

Se consideraron solo los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión en el periodo del 01 de Enero del 2019 al 30 de abril del 2019.

### **Descripción del estudio:**

1. Se capturaron todos los pacientes que ingresaron al área de urgencias pediátricas con inestabilidad hemodinámica que requirieron de ventilación mecánica invasiva.
2. Todos los pacientes se encontraban sedados, sin esfuerzo respiratorio, en modalidad control/volumen, se estableció un volumen tidal de 8ml/Kg, la presión positiva al final de la espiración se mantuvo entre 4-5 cmH<sub>2</sub>O,
3. Se colocó línea arterial periférica o central para el cálculo de la variabilidad de presión de pulso, conectado a un transductor de presiones invasivas hacia un equipo de monitoreo invasivo marca Philips IntelliVue MP40, posterior a su calibración y una adecuada curva dicota de presión, se registro de manera automática el porcentaje de variabilidad de presión de pulso.
4. Para el índice de distensibilidad de vena cava inferior se utilizó ultrasonido Philips HD7, con transductor sectorial de 8 MHz con vista subxifoidea en posición vertical, en eje largo, se localizó la aurícula derecha y la vena cava inferior, la medición se realizó a 2 cm de la entrada a la aurícula derecha, en modo M durante 10 segundos, y no menos de 3 ciclos respiratorios, las mediciones que se realizaron fueron el diámetro máximo de vena cava inferior (VCIDmax) y diámetro mínimo de vena cava inferior (VCIDmin) en un ciclo respiratorio, y el índice de distensibilidad se calculó por la diferencia de VCIDmax menos el VCIDmin dividido por VCIDmin y representado en porcentaje,
5. Posteriormente se capturó la información en la hoja de recolección de datos.
6. Se realizó un análisis de los eventos clínicos y correlación de índice de distensibilidad de vena cava inferior con la variabilidad de presión de pulso,

### **Plan de análisis.**

Análisis descriptivo, medidas de tendencia central y dispersión para variables cuantitativas se usará media y desviación estándar.

Para probar la hipótesis se estimará sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativo.

## Descripción de variables:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION.
Edad	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento	Tiempo que una persona ha vivido consignado en el expediente clínico a su ingreso al servicio de Urgencias pediátricas del Hospital Infantil de México Federico Gómez	Cuantitativa continúa.	Lactante: 29 días a 23 Meses. Preescolar: 2 a 5 años. Escolar: 6 a 11 años. Adolescente: 12 a 15
Genero.	Características fenotípicas y genotípicas de los individuos.	Género masculino o femenino de cada paciente consignado en el expediente clínico.	Cualitativa, Nominal.	Masculino y Femenino.
Variabilidad de presión de pulso	La presión arterial de pulso es directamente proporcional al	Es un índice que permite predecirla respuesta a la administración	Cualitativa ordinal	Mayor de 13 o menor de 13 %.

	volumen sistólico e inversamente proporcional a la distensibilidad arterial	de volumen. Registrada por un sistema de línea arterial.		
Distensibilidad de la vena cava inferior	Es una estructura dinámica cuyo diámetro varia con cambios de presión intravascular e intratoracica, en consecuencia la VCI se distiende con la inspiración debido a la presión positiva intratoracica.	Es resultado de la medición a 2 cm de la aurícula derecha del diámetro mayor y menor de la vena cava inferior entre el diámetro mínimo, expresado en porcentaje en pacientes con ventilación positiva.	Independiente	Mayor de 18 %. O menor de 18%.
Uso de fármacos vasoactivos.	Fármacos con efectos vasculares, (vasoconstricción ,vasodilatación), a nivel cardiaco,, cronotropismo, inotropismo, lusitropismo, generando cambios en el gasto cardiaco.	Fármacos empleados en pacientes con disfunción cardiovascular de diferente etiología.	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No

## **Consideraciones éticas.**

El presente estudio se clasifica con base a la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en el Artículo 17 como categoría I Investigación sin riesgo.

Se trata de una investigación que emplea técnicas y métodos de investigación prospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables.

Este estudio se realizará respetando los reglamentos internos del Hospital Infantil de México. Se trata de un estudio prospectivo, observacional donde se recolectarán datos muy puntuales de expedientes clínicos y mediciones no invasivas.

La confidencialidad de los pacientes se respetará en todo momento.

## **Resultados:**

Se captaron un total de 32 pacientes, de los cuales ingresaron al estudio 27 que cumplieron con los criterios de inclusión y datos completos al realizar las mediciones ecográficas.

De acuerdo al género, se registraron un 52% mujeres y 48% de hombres, no se encontraron diferencias en este aspecto (Figura 1), El grupo de edad que se registro en mayor frecuencia, fue el de lactantes con un 41%, seguido de preescolares y escolares ambos en 26% y adolescentes en 7%, (Grafica 1).

En relación a las variables que con mayor frecuencia, se han descrito que modifican la medición de los índices dinámicos del volumen intravascular. Dependientes de la ventilación mecánica, como parte de los objetivos secundarios, el valor de PEEP no demostró ninguna diferencia en la variabilidad de presión de pulso, ya que con valores de 4 y 5 cm de H<sub>2</sub>O el valor mayor de 13 de VPP fue de 40% y el IDVCI tampoco se modifico manteniendo un 30 a 35 % de valores mayores de 18%, con PEEP de 4 a 5 cm de H<sub>2</sub>O

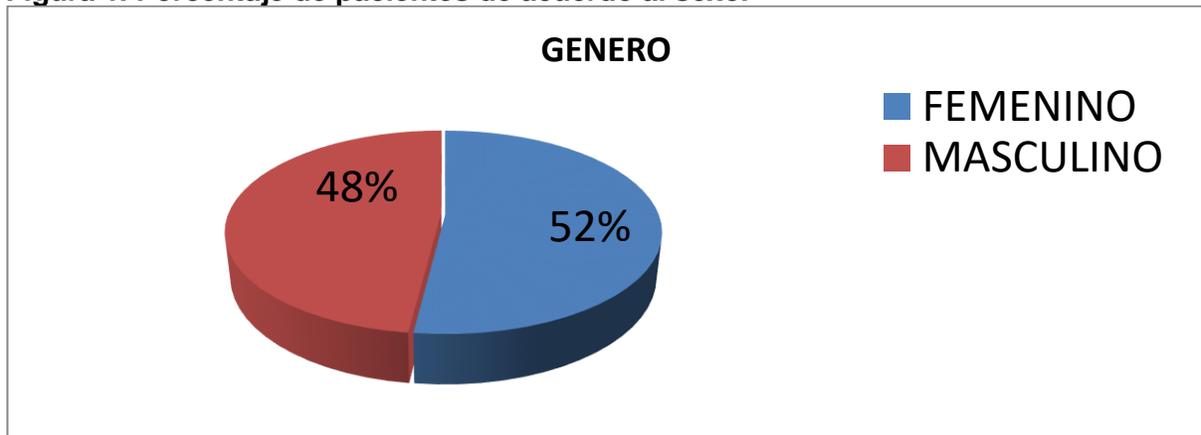
El volumen Tidal demostró, que si influye en esta evaluación ya que a partir de volúmenes mayores de 8ml/kg solamente se encontró un 29% de pacientes con valores mayores de 13 de VPP y el índice de distensibilidad mayor de 18% se presento solo en 27% de pacientes que tenían VT mayor de 8 ml/kg.

El uso de medicamentos inotrópicos o vasopresores, no presento ninguna variación en relación a los resultados del valor de VPP, encontrando resultados similares con VPP mayor de 13 en 40% de los pacientes con o sin apoyo aminergico, a diferencia del Índice de distensibilidad en donde si mostro que los pacientes que presentan apoyo aminergico presentaron solo el 20% un IDVCI mayor de 18% y los que no requirieron de este apoyo presentaron un 40% valores de IDVCI mayor de 18%.

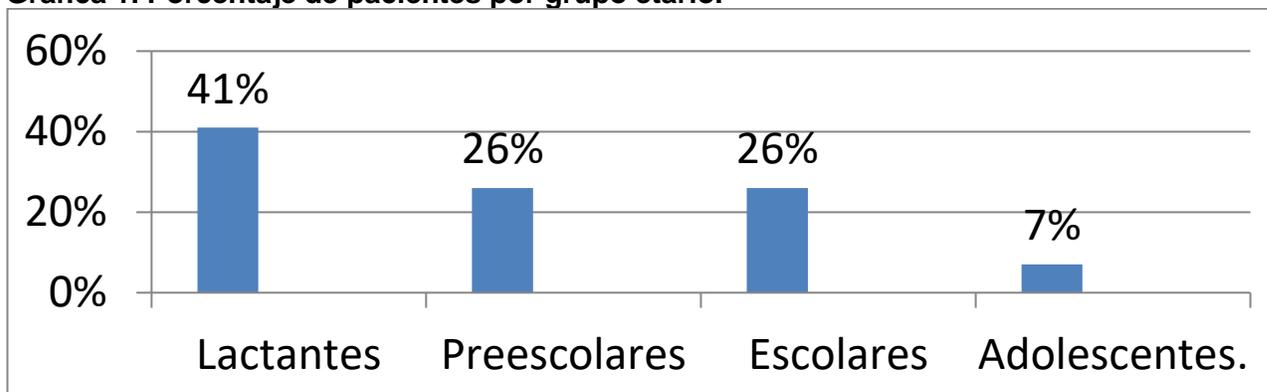
Las mediciones que se llevaron a cabo de los diámetros máximos y mínimos del diámetro de la vena cava inferior, se observo que presenta una variación importante por grupo de edad, mismos que incrementan a mayor edad, por lo cual es importante individualizar las mediciones.

Los resultados que obtuvimos en relación al índice de distensibilidad de vena cava inferior y la variabilidad de presión de pulso, mostraron una sensibilidad de 72.7% y especificidad de 93.8% con un valor de  $P= 0.0032$ , además de un valor predictivo positivo de 88.9% y un valor predictivo negativo de 83.3% con lo cual se corrobora el objetivo primario de nuestro estudio.

**Figura 1. Porcentaje de pacientes de acuerdo al sexo.**



**Grafica 1. Porcentaje de pacientes por grupo etario.**



**Tabla.1, Relación del PEEP con la VPP y el IDVCI.**

PEEP cmH2O	VPP $\geq 13$	VPP $< 13$	IDVCI $\geq 18$	IDVCI $< 18$
5 cm H2O	N= 7 (41%)	N=10 (59%)	N= 6 (35%)	N= 11 (65%)
4 cmH2O	N=4(40%)	N=6 (60%)	N= 3 (30%)	N=7 (70%)

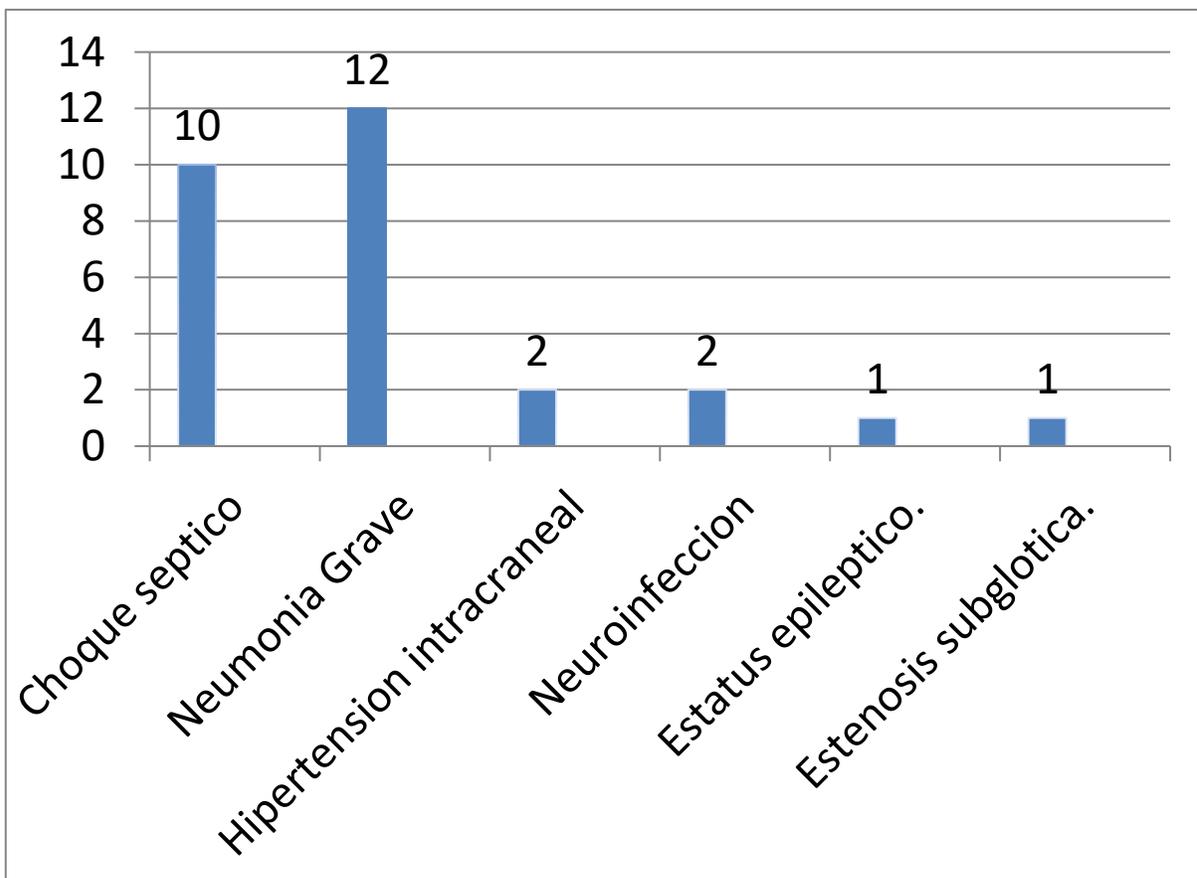
**Tabla 2 Valor del volumen tidal con la VPP y IDVCI**

V. Tidal ml/kg	VPP $\geq 13$	VPP $< 13$	IDVCI $\geq 18$	IDVCI $< 18$
8ml/kg	N= 6 (60%)	N=4 (40%)	N= 3 (37.5%)	N= 5 (62.5%)
9 ml/kg	N=5 (29.4%)	N=12 (70.5%)	N= 5 (27.7%)	N=13 (72.2%)

**Tabla 3.- Uso de aminas vasoactivas en relación a VPP e IDVCI**

AMINAS VASOACTIVAS	VPP ≥13	VPP <13	IDVCI ≥18	IDVCI <18
Si	N= 4 (40%)	N=6 (60%)	N= 2 (20%)	N= 8 (80%)
No.	N=7 (41%)	N=10 (59%)	N= 7 (41%)	N=10 (59%)

**Grafica 2 Numero de pacientes por diagnósticos principal al ingreso**



**Tabla 4. Valores máximos y mínimos DVCI e IDVCI.**

	LACTANTES		PRESCOLAR		ESCOLAR		ADOLESCENTES	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
<b>Distensibilidad (%)</b>	9.98	8.14	13.81	15.76	11.06	8.81	41.00	9.90
<b>VCI max(mm)</b>	0.65	0.17	0.84	0.15	1.13	0.30	1.09	0.47
<b>VCI min (mm)</b>	0.59	0.15	0.75	0.16	1.03	0.31	0.77	0.43

**Tabla 5. De 2 x 2.**

<b>CORRELACIÓN DE DISTENSIBILIDAD Y VPP</b>			
<b>VPP</b>			
<b>DISTENSIBILIDAD</b>	<b>&gt;13</b>	<b>&lt; 13</b>	<b>Total</b>
<b>&gt; 18</b>	8	1	9
<b>&lt;18</b>	3	15	18
<b>Total</b>	11	16	27
<i>p</i>	0.00032		
Chi cuadrada calculada	16.11		

Sensibilidad	72.7%
Especificidad.	93.8%

Valor predictivo positivo	88.9%
Valor predictivo negativo.	83.3%

## Discusión:

En relación al objetivo principal de investigación nuestra evaluación entre la VPP y el IDVCI con sensibilidad y especificidad de 72.7% y 93.8% fue muy similar a la reportada en adultos por Thoerawit et al. Lo cual corrobora la gran utilidad de esta prueba no invasiva, en la valoración del volumen intravascular.

Es importante señalar que el principal diagnóstico de ingreso que se relaciona con asistencia de ventilación mecánica invasiva es la neumonía grave, uno de los objetivos secundarios de nuestro estudio, fue evaluar las diferentes variables ventilatorias que modifican sus resultados. El parámetro del ventilado, que más se asocio a cambios en el índice de distensibilidad fue el volumen tidal igual o mayor de 9 ml/kg, por lo que la modalidad control/ volumen resulta ser menos perjudicial como se reportó en un estudio realizado por Barbier et al <sup>22</sup> y De Oliveira et al <sup>33</sup> los cuales reportaron que para disminuir los sesgos en estas mediciones es importante fijar un volumen tidal igual o menor de 8 ml/kg además de demostrar que valores de PEEP entre 4 y 5 cm de H<sub>2</sub>O, no modifican estas valoraciones.

El uso de apoyo aminérgico si mostro una disminución en el índice de distensibilidad y caso contrario en la VPP en donde no se observó cambios en su variabilidad.

Debemos mencionar que los valores en relación a la medición del diámetro máximo y mínimo de la vena cava inferior, cambian en relación al grupo de edad y es indispensable contar con diámetros de vena cava inferior de acuerdo a la edad,, como el realizado por Mannarino et al <sup>34</sup> en un análisis de más de 500 pacientes en diferentes edades pediátricas, observando que a mayor edad incrementan estos diámetros, mismos que coincidieron con los valores obtenidos en nuestra evaluación.

Por último mencionar la importancia de un adecuado estado de sedo-analgesia, para evitar la presencia de automatismos respiratorio, siendo conocidos que la ventilación espontánea se corrobora con una falsa distensibilidad de la vena cava inferior por la presencia de presión negativa, como se reporta en el análisis de Preau S. et al,<sup>33</sup>

el resultado que obtuvimos de en comparación de la variabilidad de presión de pulso, como se reportó, por Thoerawit et al <sup>13</sup> con un índice de corte de más de 18%, lo cual

es similar a un incremento del 15% del gasto cardiaco, lo cual concuerda con nuestro estudio ya que la sensibilidad y especificidad se reportó de 72.7% y 93.8%.

## **Conclusión:**

Este estudio, demuestra que es compleja la valoración del volumen intravascular en pacientes pediátricos, que recibieron una reanimación hídrica importante a su ingreso al área de urgencias en su fase inicial de estabilización. Ya que la mayoría de pruebas que se encuentran avaladas en la población pediátrica son de tipo estáticas,

Se evidenciaron varios factores que pueden modificar esta herramienta de evaluación., En relación a la ventilación mecánica, el factor que se asocia a cambios en el diámetro de la vena cava inferior, es el volumen tidal, ya que contar con un volumen mayor de 8ml/kg, presenta disminución del índice de distensibilidad, la presión positiva al final de la espiración, no mostro cambios significativos, si se mantiene en valores de 4 a 5cmH<sub>2</sub>O.

Los pacientes que presentan apoyo con medicamentos vasopresores mostraron disminución en el índice de distensibilidad.

Es importante señalar que las mediciones que se realicen deben ser individualizadas en relación a la edad del paciente, ya que los diámetros de la vena cava inferior máximo y mínimo, incrementan a mayor edad, siendo necesario conocer los valores normales de cada paciente, para hacer una evaluación exacta del volumen intravascular y el índice de distensibilidad.

Una vez teniendo en cuenta todas las variables que pueden modificar nuestro análisis y realizando ajustes de estas, en la medida que el paciente lo permita, podemos tomar en cuenta la ecografía como una herramienta no invasiva y confiable a través del índice de distensibilidad de la vena cava inferior para la evaluación del volumen intravascular en pacientes con ventilación mecánica invasiva.

## Cronograma de actividades.

Cronograma de actividades.	Fechas.
Elaboración del protocolo	Noviembre 2018
Captura de pacientes y recolección de datos	Enero – Abril 2019
Análisis de datos	Mayo 2019
Discusión de resultados	Mayo 2019
Conclusiones.	Mayo 2019

## Bibliografía:

1.-Boyd JH, Forbes J, Nakada TA, Walley KR, Russell JA: Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. *Crit Care Med.* 2011, 39:259-65.

2.-Mohsenin V. Assessment of preload and fluid responsiveness in intensive care unit. How good are we? *J Crit Care* 2015.

3.-Marik, P. E., Monnet, X., & Teboul, J.-L. (2011). Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Annals of Intensive Care*, 1(1), 1.

4.-Eisen LA, Narasimhan M, Berger JS, Mayo PH, Rosen MJ, Schneider RF: Mechanical complications of central venous catheters. *J Intensive Care Med.* 2006, 21:40-6.

5.- Krause I, Birk E, Davidovits M, et al. Inferior vena cava diameter: a useful method for estimation of fluid status in children on haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2001;16:115Y123.

6.- Nagdev AD, Merchant RC, Tirado-Gonzalez A, et al. Emergency department bedside ultrasonographic measurement of the caval index. for noninvasive determination of low central venous pressure. *Ann Emerg Med.* 2010;55:290Y295.

7.- Brierley J, Carcillo JA, Choong K, Cornell T, Decaen A, Deymann A, et al. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American college of critical care medicine. *Crit Care Med* 2009;37:666-88.

8.- .Payen D, de Pont AC, Sakr Y, et al. A positive fluid balance is associated with a worse outcome in patients with acute renal failure. *Crit Care.* 2008, 12: R74.

- 9.- Bronicki, R. A. (2016). Hemodynamic Monitoring. *Pediatric Critical Care Medicine*, 17, S207–S214.
- 10.- Muller, L., Bobbia, X., Toumi, M., Louart, G., Molinari, N., ... Ragonnet, B. (2012). Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. *Critical Care*, 16(5), R188.
- 11.- Ilyas, A., Ishtiaq, W., Assad, S., Ghazanfar, H., Mansoor, S., Haris, M., ... Akhtar, A. (2017). Correlation of IVC Diameter and Collapsibility Index With Central Venous Pressure in the Assessment of Intravascular Volume in Critically Ill Patients. *Cureus*.
- 12.- Babaie S, Behzad A, Mohammadpour M, Reisi M. A Comparison between the Bedside Sonographic Measurements of the Inferior Vena Cava Indices and the Central Venous Pressure While Assessing the Decreased Intravascular Volume in Children. *Adv Biomed Res* 2018;7:97
- 13.- Theerawit, P., Morasert, T., & Sutherasan, Y. (2016). Inferior vena cava diameter variation compared with pulse pressure variation as predictors of fluid responsiveness in patients with sepsis. *Journal of Critical Care*, 36, 246–251.
- 14.- Potes, C., Conroy, B., Xu-Wilson, M., Newth, C., Inwald, D., & Frassica, J. (2017). A clinical prediction model to identify patients at high risk of hemodynamic instability in the pediatric intensive care unit. *Critical Care*, 21(1).
- 15.- Carcillo JA, Doughty L, Kofos D, et al: Cytochrome P450 mediated drug metabolism is reduced in children with sepsis-induced multiple organ failure. *Intensive Care Med* 2003; 29:980–984
- 16.- Carcillo, J. A., Podd, B., Aneja, R., Weiss, S. L., Hall, M. W., Cornell, T. T., ... Nguyen, T. C. (2017). Pathophysiology of Pediatric Multiple Organ Dysfunction Syndrome. *Pediatric Critical Care Medicine*, 18, S32–S45.
- 17.-Ruth A, McCracken CE, Fortenberry JD, et al. Pediatric severe sepsis: current trends and outcomes from the Pediatric Health Information Systems database.

Pediatr Crit Care Med. 2014; 15:828–838.

18.- Bhaskar P, Dhar AV, Thompson M, et al. Early fluid accumulation in children with shock and ICU mortality: a matched case-control study. *Intensive Care Med.* 2015; 41:1445–1453.

19.- Abulebda K, Cvijanovich NZ, Thomas NJ, et al. Post-ICU admission fluid balance and pediatric septic shock outcomes: a risk-stratified analysis. *Crit Care Med.* 2014 Feb; 42(2):397-403.

20.-Ochagavia A. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. Recomendaciones del Grupo de Trabajo de cuidados Intensivos Cardiólogos y RCP de la sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias. *Med Intensiva.* 2014;38(3):154-169.

21.- Laurent G. Monitoring volumen and fluid responsiveness, from static to dynamic indicators. *Best practice y Research clinical Anesthesiology* 2013, 177-185.

22.- Barbier. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med* 2004,30,1740-1746.

23.- Torterüe, X., Dehoux, L., Macher, M.-A., Niel, O., Kwon, T., Deschênes, G., & Hogan, J. (2017). Fluid status evaluation by inferior vena cava diameter and bioimpedance spectroscopy in pediatric chronic hemodialysis. *BMC Nephrology*, 18(1).

24.- Choi, Y. A., Kwon, H., Lee, J. H., Jung, J. Y., & Choi, Y. J. (2018). Comparison of sonographic inferior vena cava and aorta indexes during fluid administered in children. *The American Journal of Emergency Medicine*, 36(9), 1529–1533.

25.- Duncan, H., Hutchison, J., & Parshuram, C. S. (2006). The pediatric early warning system score: A severity of illness score to predict urgent medical need in hospitalized children. *Journal of Critical Care*, 21(3), 271–278.

- 26.- Ieligdowicz L. Association between Source of infection and Hospital Mortality in Patients Who Have Septic Shock, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2014, 189 (109) 1-15.
- 27.- Freitas F. predictive value of pulse pressure variation for fluid responsiveness in mechanically ventilated intensive care unit patients the greyzone approach *France critical care* 2014, 1-9
- 28.- Yang and Du: Does pulse pressure variation predict fluid responsiveness in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis. *Critical Care* 2014 18:650
- 29.- Biais M, Ehrmann S, Mari A, et al. Clinical relevance of pulse pressure variations for predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated intensive care unit patients: the grey zone approach. *Crit Care* 2014; 18: 587
- 30.- McIntyre, Lauralyn A, Fluid resuscitation in the management of early septic shock , a randomized controlled feasibility trial, *Canadian Journal of Anesthesia*.2008,819-826.
- 31.- Matthew J. Griffe. The Role of Echocardiography in hemodynamic assessment of septic shock *Oregon, Critical Care Clinics*. 2010,1-10.
- 32.- Theerawit, Pongdhep, Inferior vena cava diameter variation compared to pulse pressure variation as predictors of fluid responsive nessin sepsis patients Bangkok. *Journal of critical care* 2016, 1-10
- 33.- De Oliveira, O. H., Freitas, F. G. R. de, Ladeira, R. T., Fischer, C. H., Bafi, A. T., Azevedo, L. C. P., & Machado, F. R. (2016). Comparison between respiratory changes in the inferior vena cava diameter and pulse pressure variation to predict fluid responsiveness in postoperative patients. *Journal of Critical Care*, 34, 46–49.
- 34.- Mannarino, S., Bulzoni, P., Codazzi, A. C., Rispoli, G. A., Tinelli, C., De Silvestri, A., ... Chiapedi, S. (2019). Inferior vena cava, abdominal aorta, and IVC-to-aorta ratio in healthy Caucasian children: Ultrasound Z-scores according to BSA and age. *Journal of Cardiology*

35.- Preau, S., Bortolotti, P., Colling, D., Dewavrin, F., Colas, V., Voisin, B., ... Saulnier, F. (2017). Diagnostic Accuracy of the Inferior Vena Cava Collapsibility to Predict Fluid Responsiveness in Spontaneously Breathing Patients With Sepsis and Acute Circulatory Failure. *Critical Care Medicine*, 45(3), e290–e297

## **Limitación del estudio:**

Una de las limitaciones de este estudio, fue el tamaño de la muestra, con solo 27 pacientes, ya que un mayor número de pacientes nos permite obtener mejor evidencia de cuáles son los diámetros normales para cada grupo de edad, así como considerar que en la mayoría de los pacientes en que realizamos esta evaluación, se encontraban con diagnóstico de neumonía grave, lo cual no descarta que estuvieran cursado con PEEP intrínseco, o alguna otra variable dependiente de la ventilación que incrementara la presión intratorácica, repercutiendo sobre nuestra evaluación,

A demás de no haber realizado alguna otra evaluación ecográfica, que confirmara aun mas nuestra valoración, siendo uno de los más indicados el índice aorto/cava lo cual incrementara, mas nuestra especificidad y sensibilidad.

Así como no haber realizado ninguna prueba de respuesta a volumen intravenoso, para evidenciar la eficiencia de este índice como factor predictor de respuesta a volumen.

## Anexos:

### HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ Talla: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

Diagnostico de Ingreso: \_\_\_\_\_

FC: \_\_\_\_\_ FR: \_\_\_\_\_ TA: \_\_\_\_\_ TAM: \_\_\_\_\_

T: \_\_\_\_\_

Escala de sedación: \_\_\_\_\_

Medicamentos vasoactivos: Si No

Dosis: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **Ventilación mecánica:**

Modalidad: \_\_\_\_\_ Volumen Tidal: \_\_\_\_\_

PEEP: \_\_\_\_\_

T:I: \_\_\_\_\_

Sitio de línea arterial: \_\_\_\_\_ **Variabilidad de presión de pulso:** \_\_\_\_\_

#### **Valoración ecográfica de vena cava inferior:**

Transductor: \_\_\_\_\_ Diámetro

máximo: \_\_\_\_\_

Diámetro mínimo: \_\_\_\_\_ Índice de distensibilidad: \_\_\_\_\_.

Diámetro: \_\_\_\_\_

Nombre de quien realizo el estudio: \_\_\_\_\_