

## AUTORIZACIÓN DE TESIS.

Este trabajo fue realizado en el hospital general zona norte de Puebla “bicentenario de la independencia” bajo la dirección del Dr. Luis Omar Bernal Zambrano con el título **“DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO SUBGLÓTICO MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA PARA ESTIMAR EL TAMAÑO DE LA CÁNULA ENDOTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS”** del Dr. José Fabián Ventura Cordero, hago constar que he revisado el contenido científico y la estructura metodológica por lo que autorizamos su impresión.

ATENTAMENTE

---

Dr. Luis Omar Bernal Zambrano.  
Medico Anestesiólogo.  
Asesor experto.

---

Dr. Vicente Paul Torres Pérez  
Jefe de Enseñanza e Investigación Hospital General Zona Norte de Puebla

---

Dra. Araceli Martínez  
Coord. de Posgrado Hospital General Zona Norte de Puebla



**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**Hospital General Zona Norte de Puebla  
"Bicentenario de la Independencia"**

**"DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO SUBGLÓTICO MEDIANTE  
ULTRASONOGRAFÍA PARA ESTIMAR EL TAMAÑO DE LA CÁNULA  
ENDOTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO EN  
LA ESPECIALIDAD DE ANESTESIOLOGÍA.

PRESENTA  
JOSÉ FABIÁN VENTURA CORDERO.

ASESOR EXPERTO  
DR. LUÍS OMAR BERNAL ZAMBRANO.

ASESOR METODOLÓGICO  
DR. IGNACIO HERNÁNDEZ

PUEBLA, PUEBLA NOVIEMBRE DE 2017



## **AGRADECIMIENTOS.**

A DIOS, por darme la oportunidad de estar con vida y sobre todo salud para continuar en este arte de la Anestesiología.

Al Dr. Luis Omar Bernal Zambrano, por su paciencia, determinación y dedicación a la educación.

Al Hospital General Zona Norte de Puebla “Bicentenario de la Independencia” por formarme como profesional.

A mi familia, porque por ellos nunca olvido de dónde vengo y sé a dónde voy.

## **DEDICATORIA.**

A Claudia por su paciencia, amor y comprensión, por creer en mí, que lejos y cerca es el eje de mi vida.

# INDICE.

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEORICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 EL ULTRASONIDO .....	10
2.2. ANATOMÍA DEL TUBO ENDOTRAQUEAL ESTÁNDAR. ....	11
2.2 ANATOMÍA DEL DESARROLLO Y FISIOLÓGÍA DE LA VÍA AÉREA PEDIÁTRICA.....	12
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
<b>4 JUSTIFICACIÓN. ....</b>	<b>20</b>
<b>5 HIPOTESIS.....</b>	<b>21</b>
5.1 HIPOTESIS NULA. ....	21
5.2 HIPOTESIS ALTERNA. ....	21
<b>6 OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
<b>7 METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
7.1 SELECCIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA: .....	24
7.2 UNIVERSO DE ESTUDIO .....	25
7.3 SUJETOS DE ESTUDIO. ....	25
7.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	25
<b>8 VARIABLES. ....</b>	<b>26</b>
8.1 VARIABLES INDEPENDIENTES. ....	26
8.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	26
8.3 VARIABLE DEPENDIENTE.....	27

8.4	PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION DE LA MUESTRA.....	27
8.5	METODO PARA EL CONTROL Y LA CALIDAD DE LA INFORMACION .....	27
8.6	SESGO DE CONFUSION.....	27
8.7	SESGO DE SELECCIÓN. ....	28
8.8	PLAN DE ANALISIS DE RESULTADOS.....	28
8.9	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES. ....	28
8.10	RECURSOS HUMANOS. ....	28
8.11	RECURSOS MATERIALES.....	28
9	RESULTADOS.....	29
10	DISCUSIÓN.....	33
11	CONCLUSIONES.....	35
12	REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA.....	36
13	ANEXO 1.....	38
14.	ANEXO 2.....	38

## 1. INTRODUCCIÓN.

El cálculo de la cánula endotraqueal en la población pediátrica se ha realizado de manera empírica, y con cálculo mediante fórmulas, como la fórmula de Cole. [1]

Al seleccionar los tubos endotraqueales debemos considerar varias cuestiones. Si son lo suficientemente aptos para permitir tanto la ventilación espontánea o controlada pero no tan grande como para dañar la tráquea. Ser manufacturadas con materiales no inflamatorios así mismo:

- \_ No doblables fácilmente.
- \_ Fácilmente esterilizables.
- \_ Debe sellar la tráquea contra la aspiración.

Varios métodos ayudan para seleccionar el tamaño del TET.

- \_ Midiendo el diámetro final del dedo meñique del niño o diámetro de la fosa nasal.
- \_ Cálculos del tamaño de los tubos de acuerdo a la edad del niño (3.0 mm de DI para el recién nacido, 4 para 1 año de edad, 5 para 2 años de edad, la edad+16/4 para niños mayores-tubos sin manguito.

**La fórmula de Penlington** para el cálculo del tamaño del tubo es una de la comúnmente utilizada:

- < 6 años-edad en años/3 + 3.5
- > 6 años-edad en años/4 + 4.5

Los siguientes aspectos deben ser considerados al seleccionar los TET:

1. En adultos, las cuerdas vocales son la porción más estrecha y no es circular, pero en niños, el cricoides es la porción más estrecha y es circular. Por tanto un tubo muy ancho va a producir isquemia de la mucosa traqueal.
2. En adultos, 1 mm de edema puede causar solamente un aumento de 3 veces la resistencia y 44% de reducción del área transeccional, pero en infantes, causa una reducción del 75% del área transeccional y aumento de 16 veces de la resistencia. En el grupo etario pediátrico, el epitelio ciliado pseudo-estratificado está unido pobremente a las capas subyacentes, por lo que un trauma a la vía aérea frecuentemente resulta en edema.
3. Una pequeña diferencia en el radio marcará una gran diferencia en el flujo que mana por el TET por lo tanto hay aumento de la resistencia de la vía aérea y del trabajo respiratorio.

Flujo (Q)=  $(3.14 \times P \times r^4)/8 \eta l$  (Ecuación de Hagan-Poiseuille)

P - Diferencia de presión

R - radio

$\eta$  - viscosidad

l – longitud.

Las diferencias anatómicas entre niño y adulto son evidentes, particularmente con el recién nacido (RN). Su conocimiento reviste importancia para el anesthesiólogo.

1. La cabeza es grande y el cuello cortó.
2. La lengua es grande con relación a la cavidad oral y al tamaño de la mandíbula; además existe, gran cantidad de tejido linfoide.
3. Los conductos nasales son estrechos y se bloquean fácilmente por secreciones o edema. Los RN son respiradores nasales obligados.
4. La laringe se encuentra a la altura de C4, en tanto que en el adulto está en C5. Su eje longitudinal se dirige en sentido inferior y es más anterior. Tiene forma de embudo con la parte más estrecha a nivel del cartílago cricoides, justo por debajo de las cuerdas vocales.

En el adulto la porción más estrecha está precisamente en las cuerdas vocales. En el niño las cuerdas vocales están inclinadas hacia arriba y hacia atrás debido a la proximidad del hioides con el cartílago tiroides. La epiglotis es estrecha, plana, en forma de U y se proyecta en un ángulo de 45 grados, lo que implica la utilización de hoja recta de laringoscopio para visualizar la glotis.

El recubrimiento de la laringe consiste en un epitelio ciliado, pseudo-estratificado y laxo, pobremente fijado a un tejido areolar. El trauma y la sobrehidratación se traducen en edema disminuyendo el diámetro de la laringe y facilitando la obstrucción especialmente a nivel subglótico.

5. La tráquea es corta (4 a 5 cm). La bifurcación de la tráquea en los bronquios principales ocurre a 25 grados para el bronquio derecho y 70 grados para el izquierdo. La fijación correcta de la sonda, así como la auscultación de los campos pulmonares es básica en estos casos, ya que

fácilmente se puede insertar el tubo endotraqueal en el bronquio derecho e hipoventilar el pulmón contralateral.

6. Los cartílagos traqueales se colapsan con facilidad; las costillas son horizontales, muy cartilaginosas, aún poco calcificadas y la musculatura intercostal poco desarrollada.

7. A partir del intestino primitivo, en la 3ª semana de vida intrauterina se forma el primordio pulmonar, mismo que se extiende centralmente y continúa la alveolización hasta los ocho años de edad, aumentando aproximadamente de 25 millones a 300 millones de alveolos. Las vías aéreas conductoras, venas y arterias del árbol bronquial se originan en la 16ª semana.

Los pacientes pediátricos lactantes menores, mayores o pres escolares, un tubo traqueal que se pasa fácilmente a las cuerdas vocales puede ser ajustado en la región subglótica, debido al mayor estrechamiento a nivel del cartílago cricoides.

Por esta razón las sondas orotraqueales sin globo son preferidas para los niños menores de 6 años.

Sin embargo, el desarrollo de un mejor diseño del tubo traqueal y varios estudios prospectivos han sido combinados para permitir un uso más frecuente de los tubos traqueales con globo, incluso en los niños. [2]

La laringe presentada por el paciente pediátrico tiene forma de embudo, su porción más estrecha se encuentra a nivel del cartílago cricoides. Al contrario del adulto cuya forma es cilíndrica. Aunque datos en autopsias recientes han demostrado que la parte más estrecha en aproximadamente el 70% de los adultos es también en la región subglótica a nivel del cartílago cricoides, pero la abertura es tan grande que los tubos traqueales comúnmente empelados son casi siempre fáciles de avanzar más allá de la apertura de la glotis. Aun así es de vital importancia tener la certeza de que no haya fuga alrededor del manguito (con o sin la inflación), pues la lesión en la mucosa traqueal es todavía posible. [3]

La intubación traqueal (IT) es una técnica esencial en el manejo de la vía aérea. Sin embargo, puede asociarse complicaciones potencialmente graves, como la intubación esofágica (IE) inadvertida o la intubación selectiva de un bronquio. Por ello, tras toda intubación es necesario comprobar que la posición del tubo endotraqueal (TET) y su profundidad son correctas [4-6].

La laringoscopia directa permite la comprobación directa de la IT, pero requiere experiencia por parte del operador y exige la interrupción de las maniobras de reanimación en caso de parada cardiorrespiratoria [7,8].

Existen métodos alternativos, como la auscultación, la capnografía, la elevación del tórax, el empañamiento del tubo y la elevación de la frecuencia cardíaca en el neonato [9]. Aunque ninguno de ellos ha demostrado ser completamente fiable en la actualidad, la capnografía es el método más empleado y recomendado [10]. Existe aún poca experiencia en el uso de la ultrasonografía en la intubación pediátrica. Estudios en adultos parecen indicar que la ecografía es tan fiable y rápida como los métodos convencionales.

El ultrasonido ha emergido como una herramienta útil para la valoración de la estrechez del diámetro transversal del cricoides [8]. Lakhani y colaboradores compararon el diámetro transversal del lumen cricoides por medio de ultrasonido y resonancia magnética en paciente sanos adultos, observando la utilidad de esta técnica radiológica para la valoración del diámetro subglótico de la vía aérea superior.

El ultrasonido portátil es fácil de transportar, no invasivo, relativamente económico, fácilmente reproducible y ampliamente disponible, y tiene un buen historial de seguridad.

Varios estudios han demostrado que el ultrasonido es una herramienta novedosa para confirmar la correcta colocación de TET así como el diámetro correcto del mismo. Así, una de las grandes aportaciones que nos ofrece la ultrasonografía es la confirmación cuando la detección de CO<sub>2</sub> por capnografía está comprometida, donde la capnografía no está disponible o como complemento de la capnografía. [10]

En los últimos años, un número creciente de publicaciones originales de investigación han evaluado la precisión del ultrasonido para confirmar la intubación ETT y han informado de alta sensibilidad y especificidad utilizando esta técnica.

## 2. MARCO TEORICO.

### 2.1 EL ULTRASONIDO

El sonido es una onda mecánica, que requiere de un medio en el que viajar. Más exactamente, se trata de una serie de ondas de presión que se propagan a través de un medio. Un ciclo de la onda acústica se compone de un cambio completo de presión positiva y negativa. La longitud de onda es la distancia recorrida durante un ciclo, la frecuencia de la onda se mide en ciclos por segundo o hercios (ciclos/s, Hz). [13]

Para los seres humanos el sonido audible oscila entre 16 Hz y 20000 Hz (20 kHz). El rango de audición de otras especies puede ser muy superior a 20 kHz y es inaudible para nosotros. Estas frecuencias de onda más altas se conocen como “ultrasonido”. Los sonidos, y por lo tanto los ultrasonidos, son fenómenos ondulatorios. Estos fenómenos ondulatorios se producen cuando se induce a una vibración a una molécula. La molécula, al vibrar, se desplaza de su disposición de reposo, bien en sentido longitudinal (vibración longitudinal) o bien en sentido transversal (vibración transversal).

La velocidad con la que una onda acústica viaja a través de un medio se determina por la densidad y la rigidez del medio. Cuanto mayor sea la rigidez, más rápida será la onda. Esto significa que las ondas sonoras viajan más rápido en los sólidos que líquidos o gases. Se acepta que la velocidad de propagación del sonido en los tejidos orgánicos se sitúa en 1.540 m/seg. Cuando se viaja a través de un medio de la intensidad de las ondas sonoras y la amplitud se reduce. Esto se denomina atenuación y es la razón por la cual los ecos de las estructuras más profundas son más débiles que los ecos de las zonas más superficiales.

La principal fuente de atenuación en el tejido blando es la absorción, que es la conversión de la energía acústica en calor. La onda de sonido se encuentra con un límite entre dos medios diferentes. Algunas de las ondas rebotan hacia la fuente como un eco (reflexión). El ángulo de incidencia es igual al ángulo de la reflexión.

La onda de sonido restante viaja a través del segundo medio (o tejido), pero es “doblado” de su trayectoria. El ángulo de incidencia será diferente al ángulo de transmisión.

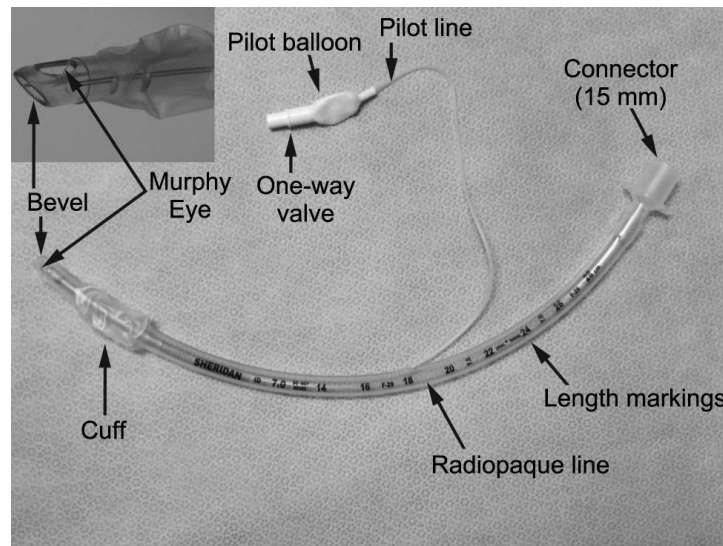
La cantidad de desviación es proporcional a la diferencia de los tejidos “rigidez”. La difusión se produce cuando las ondas de ultrasonido se encuentran con un medio con una superficie no homogénea. Una pequeña porción de la onda de sonido se dispersa en direcciones al azar, mientras que la mayor parte de la onda original continua viajando en su trayectoria original.

El advenimiento del ultrasonido ha permitido valorar la vía aérea superior a través de estructuras anatómicas adyacentes que guardan relación con la cavidad oral, nasal, faríngea, laríngea y traqueal, a pesar de que éstas se encuentran llenas de aire. (5)

## 2.2. ANATOMÍA DEL TUBO ENDOTRAQUEAL ESTÁNDAR.

Los TET generalmente están hechos de PVC, aunque otros materiales incluyen caucho, silicona y metal. La mayoría de los TET usados en la sala de operaciones o áreas de cuidados críticos tienen características y características estándar de diseño. Las marcas a lo largo de la longitud del tubo indican el número de centímetros de la punta del tubo, ayudando a los médicos a calibrar la profundidad de inserción inicial y monitorear el movimiento del tubo. Algunos tubos también tienen una marca para ayudar a guiar la profundidad apropiada de la inserción de modo que el tubo se coloca bajo visión directa, con las cuerdas vocales descansando en una sola marca o entre marcas de doble línea en la superficie del tubo.[11]

Una marca radiopaca continua incrustada en la longitud del tubo permite identificar la punta distal del tubo en una radiografía de tórax para confirmar la profundidad apropiada del tubo. La punta del tubo está diseñada con una inclinación o biselado mirando hacia el lado izquierdo en la punta del tubo. Debido a que el tubo se introduce generalmente en el lado derecho del laringoscopio izquierdo estándar, el bisel izquierdo permite una mejor visualización del área delante del tubo y un paso más fácil a través de las cuerdas vocales. Frente al bisel, generalmente hay un agujero lateral adicional llamado el ojo de Murphy. Su propósito es permitir el paso de gas y la ventilación en caso de que la punta del tubo se obstruya, como puede ocurrir cuando está contra la pared traqueal o con taponamiento de moco. La mayoría de los tubos tienen un manguito, un globo inflable cerca del extremo del tubo que rodea su circunferencia y forma un sello contra la pared de la tráquea. El manguito ayuda a evitar que las secreciones y el líquido se derrame hacia abajo en la tráquea y los pulmones y el gas se escape durante el ventilación por presión positiva.



## 2.2 ANATOMÍA DEL DESARROLLO Y FISIOLÓGÍA DE LA VÍA AÉREA PEDIÁTRICA.

La vía aérea superior es una parte vital del tracto respiratorio y consiste en la nariz, los senos paranasales, la faringe, la laringe y la tráquea extratorácica. La complejidad estructural de la vía aérea superior refleja sus diversas funciones, que incluyen la fonación, el olfato, la humidificación y el calentamiento del aire inspirado, la digestión, la preservación de la permeabilidad de las vías respiratorias y la protección de las vías respiratorias. La vía respiratoria pediátrica es marcadamente diferente de la vía aérea del adulto. Estas diferencias son más dramáticas en las vías respiratorias del niño y se vuelven menos importantes a medida que el niño crece: la vía aérea superior asume las características de la vía respiratoria adulta en aproximadamente 8 años de edad.

Las características anatómicas que difieren entre los niños y los adultos incluyen (1) una cabeza y un occipucio proporcionalmente más grandes (en relación con el tamaño del cuerpo), causando la flexión del cuello y conduciendo a la obstrucción potencial de la vía aérea al estar en decúbito supino; (2) una lengua relativamente más grande, disminuyendo el tamaño de la cavidad oral; (3) disminución del tono muscular, resultando en obstrucción pasiva de la vía aérea por la lengua; (4) una epiglotis más corta, más estrecha, posicionada horizontalmente, más blanda; (5) posición cefálica y anterior de la laringe; (6) tráquea más corta, más pequeña y más estrecha; y (7) en forma de embudo frente a la vía aérea cilíndrica, de manera que la parte más estrecha de la vía aérea se encuentra a nivel del cartílago cricoide. [11-12]

La primera y quizás la más obvia diferencia es que las vías respiratorias pediátricas son mucho más pequeñas en diámetro y de longitud más corta que las de los adultos. Por ejemplo, la longitud de la tráquea cambia de aproximadamente 4 cm en neonatos a aproximadamente 12 cm en adultos y el diámetro traqueal varía de aproximadamente 3 mm en el prematuro a aproximadamente 25 mm en el adulto.

Aparte de estas diferencias de tamaño, la vía aérea pediátrica demuestra varias características únicas adicionales, como se mencionó anteriormente. Por ejemplo, la laringe se localiza relativamente cefálica en el cuello, con el margen inferior del cartílago cricoides que reside aproximadamente en el nivel de C2-C3 en lactantes en comparación con C4-C5 en adultos. Esta elevada posición hace que la epiglotis y el paladar estén muy próximos, lo que hace que el niño sea un respirador nasal obligado durante las primeras semanas a meses de vida, lo que tiene un significado clínico potencial para varias anomalías congénitas de la vía aérea nasal. Los lactantes tienen mayor riesgo de obstrucción de las vías respiratorias superiores, ya que la respiración nasal duplica la resistencia al flujo de aire. Además, las narinas son mucho más pequeñas en niños y pueden representar casi el 50% de la resistencia total de las vías respiratorias. Las narinas son fácilmente obstruidas por secreciones, edema, sangre, o incluso una mascarilla mal ajustada, todo lo cual puede aumentar significativamente el trabajo de la respiración.

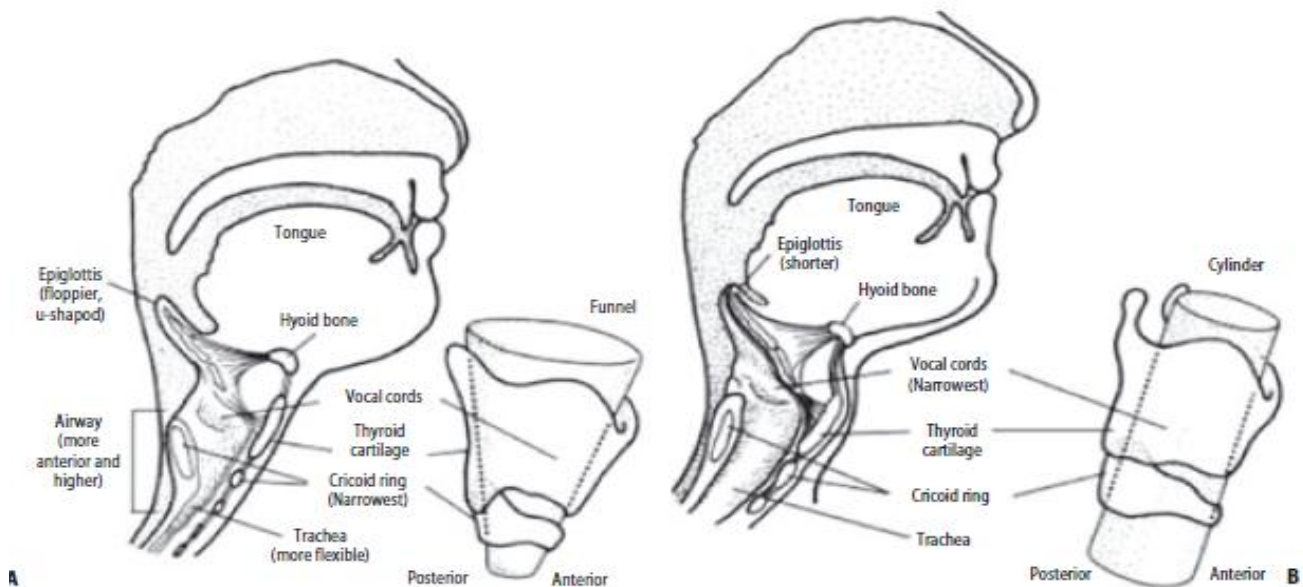
La lengua, que es grande en relación con el tamaño de la cavidad oral, se adhiere más fácilmente al paladar y representa una de las causas más comunes de obstrucción de las vías respiratorias superiores en bebés y niños inconscientes. Una maniobra de empuje de mandíbula o colocación de una vía aérea oral o nasal elevará la lengua y aliviará la obstrucción en esta situación. [11-13]

De modo que la epiglotis en la posición transversa y parasagital del transductor se aprecia a través de la membrana tirohoidea como una estructura hipoecoica curvilínea. Cuyo borde anterior se encuentra demarcado por el espacio pre epiglótico y su borde posterior por la interface aire mucosa. Se puede identificar fácilmente en la mayoría de los individuos en el plano transverso, con variación cefálica o caudal a la línea del transductor. Si se aprecia desde el plano parasagital no será fácil visualizarla por la sombra acústica que produce el hueso hioides. También se puede identificar por la extensión submandibular en la vista sagital entre el hioides y el mentón empleando un transductor curvo. Se puede facilitar la identificación de la epiglotis con la protrusión de la lengua y al deglutir lo cual la hace visible como una estructura móvil sobre la base de la lengua.

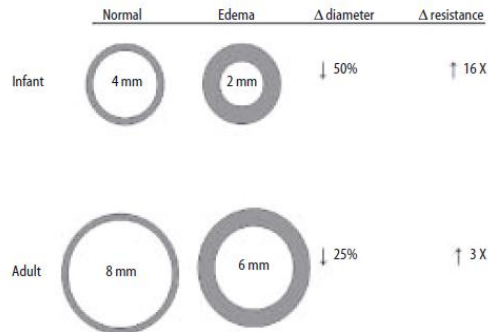
La epiglotis es corta, estrecha y en ángulo posterior al eje largo de la tráquea y puede ser difícil de controlar vía suspensión vallecular con una pala de laringoscopio curvada. Las cuerdas vocales adultas se encuentran perpendiculares al eje laríngeo, mientras que las cuerdas vocales del bebé están anguladas en posición antero-caudal (los anclajes anteriores son más inferiores que los apegos posteriores).

Por lo tanto, el tubo traqueal puede quedar atrapado en la comisura anterior durante el paso a través de la abertura glótica. La simple rotación del tubo traqueal permitirá que el tubo pase en esta situación. La parte más estrecha de la vía aérea pediátrica se encuentra por debajo del nivel de las cuerdas vocales en el cartílago cricoide, mientras que la porción más estrecha de la vía aérea adulta está al nivel de las cuerdas vocales.

La vía aérea pediátrica tiene forma de embudo como resultado comparada con la forma cilíndrica de la vía aérea del adulto. Esta configuración anatómica es una de las razones por las cuales los tubos traqueales sin globo pueden utilizarse eficazmente en lactantes y niños, ya que con frecuencia se forma un sellado eficaz entre el tubo traqueal y el cartílago cricoide anular. Por el contrario, en los adultos, la traqueal circular no formará un buen sellado a través de la apertura glótica en forma de trapecio, y los tubos traqueales abombados son esenciales para proporcionar una ventilación adecuada y protección contra la aspiración.



La vía aérea subglótica está completamente rodeada por el cartílago cricoide y está restringida en su capacidad para expandirse libremente en diámetro. Además, la vía aérea subglótica contiene un tejido conjuntivo suelto que puede expandirse rápidamente con inflamación y edema, lo que lleva a reducciones dramáticas en el calibre de las vías respiratorias. Los niños corren un riesgo significativo de laringotraqueobronquitis viral (crup) o estridor post extubación, especialmente cuando se usa un tubo traqueal de gran tamaño o se infla el globo.



Litman y colaboradores realizaron resonancias magnéticas en 99 niños sedados (2 meses-13 años), Dalal y col. llevaron a cabo imágenes de video-broncoscopia en 135 niños paralizados (6 meses-13 años) y Wani col llevaron a cabo imágenes de TC en 135 respirando espontáneamente niños (1 mes-114 meses). [12]

Los tres estudios llegaron a conclusiones similares: el cricoides no es redondo, sino una estructura elíptica con las dimensiones transversales más estrechas que las dimensiones anteroposteriores; la parte más angosta de la laringe no es el cricoides, sino la región glótica / subglótica; y la vía aérea pediátrica es cilíndrica, como en adultos, en lugar de en forma de embudo. [12-13]

Los estudios antes mencionados ponen en tela de juicio la enseñanza tradicional sobre la vía aérea pediátrica, y así su abordaje. Sin embargo con la ayuda de la tecnología y nuevos dispositivos de estudio como lo es la ultrasonografía esta educación debe cambiar.

El cricoide es elíptico y significa que cuando se inserta un tubo sin protección en la luz no circular del cricoides para proporcionar un sellado razonable, se desconoce la presión ejercida sobre las paredes laterales del cricoides.

Los niños pequeños también corren el riesgo de sufrir estenosis subglótica adquirida cuando se exponen a una intubación traqueal prolongada o recurrente. La tráquea del recién nacido es blanda y seis veces más compliansa que la de la tráquea adulta. Los músculos transversales están dispuestos uniformemente, pero los músculos lisos longitudinales varían a lo largo de toda la longitud traqueal.

La musculatura de la mitad inferior de la tráquea está más desarrollada y funciona para preservar la estabilidad de la luz traqueal. El crecimiento traqueal progresa a lo largo de la infancia hasta la pubertad. Después de la pubertad, los anillos traqueales cartilagosos en forma de C no se expanden de manera que el crecimiento traqueal es el resultado de un crecimiento adicional de la musculatura traqueal y del tejido blando.

Los métodos tradicionales para identificar el tamaño adecuado de TET por edad del paciente (por ejemplo, la fórmula de Motoyama, la fórmula de Cole) y la anatomía (tanto peso como talla) han demostrado una precisión predictiva pobre, que oscila entre 47-77%. Lakhali et al. demostró que la ecografía predice con exactitud el diámetro subglótico en adultos en comparación con la resonancia magnética dentro de 0,33 mm al nivel del cartílago cricoides ( $r = 0,99$ ,  $P < 0,05$ ) [5]. Shibasaki et al. presentó hallazgos similares en una población pediátrica, lo que sugiere que la ecografía es un predictor fiable del tamaño apropiado de TET. [13-14]

Sustic y cols. demostraron una fuerte correlación de las mediciones lumínicas del bronquio principal con la ecografía en comparación con la tomografía computarizada ( $P < 0,001$ ;  $r = 0,882$  y  $r = 0,832$ , respectivamente), lo que sugiere la utilidad de la ecografía en técnicas de aislamiento pulmonar.

La Ultrasonografía puede superar los índices de predicción estándar en la identificación de vías aéreas difíciles. Los índices estándar emplean medidas de la distancia interincisiva, la distancia tiromentoniana, el tejido blando del cuello anterior y el IMC. La clasificación de Mallampati y el sistema de clasificación Cormack-Lehane evalúan las estructuras orofaríngea y glótica, respectivamente, para predecir la dificultad de las vías respiratorias. Sin embargo, estos métodos sufren de imperfecta fiabilidad y poder predictivo limitado. [15]

El método de Cormack-Lehane requiere una evaluación laringoscopia, limitando aún más su utilidad en el ajuste de TET. La Ultrasonografía permite mediciones no invasivas con mejoría potencial en la confiabilidad entre observadores cuando se evalúa la dificultad de las vías respiratorias. Estudios recientes que evalúan las medidas ecográficas del tejido blando del cuello anterior a nivel de las cuerdas vocales, el hueso hioides y la membrana tiroidea muestran una fuerte correlación con la dificultad de intubación de ETT.

Otros estudios que evalúan las medidas ecográficas de la distancia hiótica, el volumen lingual y la visibilidad del hioides muestran correlación similarmente fuerte. La ecografía de cabecera ofrece una herramienta prometedora para la confirmación de la colocación de TET. Estudios recientes que evalúan la presencia ecográfica de una interfase aire-mucosa en la tráquea (y la ausencia de una segunda interfase aire-mucosa en el esófago) son prometedores como un estudio confiable para confirmar la correcta colocación del tubo. Marciniak et al. demostró que es posible confirmar la entrada de TET en la tráquea en tiempo real. [15-16]

Mediante la ultrasonografía tanto en la lengua como el piso de la boca se pueden visualizar los músculos profundos, la superficie distal de la lengua, que poseen una apariencia hiperecoica curvilínea a través de la interfase aire mucosa. Los músculos intrínsecos tienen una apariencia estriada, por otro lado solo los músculos genohioideo, geniogloso y miogloso pertenecientes a los músculos extrínsecos pueden visualizarse por medio de ultrasonido, el resto queda ensombrecido por la rama mandibular y el mastoides. En la vista sagital los músculos milohioideo y genohioideo aparecen en bandas lineales hipoecoicas extendidas entre la mandíbula y el hueso hioides. Los músculos geniogloso y hiogloso se encuentra por debajo del musculo genohioideo. [21]

El hueso hioides se puede visualizar desde la vista transversal y sagital, en la primera se aprecia como una estructura lineal hiperecoica en forma de u invertida, en cambio para la forma sagital o parasagital desde el punto de vista submandibular el hueso hioides posee un estrechamiento curvo hipereicoico que brinda una sombra acústica.

Las cuerdas vocales, el cartílago tiroides provee la mejor ventana para visualizarlas, estas tienen una forma de triángulo isósceles con la sombra central en la tráquea. Se encuentran declinados por los ligamentos vocales. Las cuerdas falsas pasan paralelas y cefálicas hacia las cuerdas verdaderas y en apariencia son hipereicoicas. Durante la fonación las cuerdas vocales verdades oscilan y se mueven a través de la línea media cuando se comparan con las falsas las cuales están inmóviles. [17-18]

El cartílago cricoides cuya apariencia es hipoecoica en la vista parasagital y puede apreciarse como una “joroba” en la vista transversa. La superficie posterior de su pared anterior está dividida por la interfase aire mucosa que tiene un aspecto brillante.

La membrana cricotiroides se observa en la vista sagital y parasagital como una banda hiperecoica, junto con los cartílagos cricoides y tiroideos (10). Los anillos traqueales T1, T2, T3 aparecen hiperecoicos. El ultrasonido ha emergido como una herramienta útil para la valoración de la estrechez del diámetro transversal del cricoides. [22]

Lakhal y colaboradores compararon el diámetro transversal del lumen cricoides por medio de ultrasonido y resonancia magnética en paciente sanos adultos, observando la utilidad de esta técnica radiológica para la valoración del diámetro subglótico de la vía aérea superior. [19]

La calcificación de los cartílagos laríngeos es dependiente de la edad, comenzando está en la tercera década de la vida, creando una sombra acústica, por lo tanto una limitación importante son los pacientes con mayor edad. En cambio en los pacientes pediátricos el diámetro subglótico de la vía aérea superior medido por ultrasonido es un buen predictor del tamaño del tubo traqueal con o sin globo.[19-20]

El manejo de la vía aérea es una de las destrezas más importantes del médico anestesiólogo: cerca del 64% de las muertes relacionadas con anestesia son explicadas por complicaciones en el manejo de la vía aérea tanto en la inducción como en el aseguramiento de la misma. El ultrasonido es una herramienta portable, fácil de usar, no invasiva, con altas tasas de sensibilidad que puede ser usada, junto con otros dispositivos, para el correcto manejo de vía aérea en el perioperatorio. [20]

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El método más comúnmente usado para determinar el tamaño adecuado de TET, la fórmula de Cole modificada [tamaño (mm, diámetro interno, ID) = edad / 4 + 4] para TET sin globo, puede ser práctico y fácil de usar.

Para la TET con manguito, la fórmula de Motoyama (ID = edad / 4 + 3,5) o la fórmula de Khine et al. (ID = edad / 4 + 3). Sin embargo, tales fórmulas pueden tener su limitación en los niños de edad avanzada, probablemente debido a la variedad de desarrollo de las vías respiratorias por el crecimiento.

La medición por ultrasonido del diámetro subglótico en el nivel de cartílago cricoideo, la porción más estrecha de la vía aérea superior en niños, puede ser un mejor método para determinar el tamaño apropiado de TET, disminuyendo la necesidad del recambio de canulas y el trauma a la vía aérea incluyendo sus complicaciones.

Entonces planteamos nuestra pregunta planteando el problema de la siguiente manera,

**¿EL ULTRASONIDO ES EFICIENTE PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LA CÁNULA  
ENDOTRAQUEAL MEDIANTE LA MEDICION DEL DIAMETRO SUBGLOTICO EN PACIENTES  
PEDIATRICOS?**

#### 4 JUSTIFICACIÓN.

La determinación del diámetro del tubo endotraqueal apropiado (TET) es esencial para la anestesia en niños, una cánula con un diámetro superior puede dar lugar complicaciones tales edema subglótico o fuga de gas fresco en caso de ser inferior, con la necesidad de reintubación. Por lo tanto la medida mas acertada disminuira complicaciones.

La ultrasonografía es un método de bajo costo, portátil, practico y sobre todo no invasivo que no requiere intervencionismo sobre el paciente para una medición más exacta del diámetro subglótico aportando además la preparación previa a la laringoscopia.

Las formulas basadas en la edad han sido empleadas para estimar el tamaño apropiado del tubo traqueal, sin embargo ninguno de estos sistemas actúan adecuadamente, resultando en repetidas laringoscopias para identificar el tubo apropiado para cada individuo en particular.

Por lo anterior considero útil y valido el desarrollo del presente proyecto de estudio.

## 5 HIPOTESIS.

El uso del ultrasonido tiene mayor efectividad que el uso de fórmulas antropométricas para determinar el tamaño de la cánula endotraqueal en pacientes pediátricos.

### 5.1 HIPOTESIS NULA.

1. La determinación de la cánula endotraqueal (TET) es independiente del uso de la ultrasonografía en los paciente pediátricos versus las formulas (Cole, Motoyama) que estiman el tamaño de la cánula con base en parámetros antropométricos y demográficos.

### 5.2 HIPOTESIS ALTERNA.

1. La determinación de la cánula endotraqueal (TET) no es independiente del uso de la ultrasonografía en los paciente pediátricos versus las formulas (Cole, Motoyama) que estiman el tamaño de la cánula con base en parámetros antropométricos y demográficos.

## 6 OBJETIVOS.

### 6.1 OBJETIVO GENERAL.

Demostrar que el uso del ultrasonido tiene mayor efectividad que la formulas antropométricas y demográficas tales Cole, Motoyama, Khine, para la determinación de un adecuado tamaño de la cánula endotraqueal en la población pediátrica.

### 6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Estimar el tamaño del tubo traqueal por ultrasonido y formula de Cole y Motoyama.
- Identificar fuga del flujo de gas fresco por tamaño inadecuado del tubo.
- Calcular la correlación ultrasonido contra formula.

## 7 METODOLOGIA.

Estudio clínico controlado, analítico, transversal, comparativo y aleatorizado en pacientes de 1 año a 8 años, de ambos sexos, que serán sometidos a anestesia general balanceada e intubación endotraqueal previa autorización del protocolo de investigación por el comité de enseñanza, investigación y ética del Hospital General Zona Norte de Puebla. Firma de consentimiento informado diseñado para el presente estudio, así como el cumplimiento de los criterios de inclusión y de manera aleatorizada.

Entra paciente a sala de quirófano, se realiza monitorización tipo I, medición de la tensión arterial no invasiva, saturación de oxígeno, electrocardiograma de 5 derivaciones. Se indujo anestesia con sevoflurano a 7-8 Vol% en oxígeno al 100% o por administración intravenosa de propofol 2-2,5 mg/kg y narcosis con base en fentanilo 5 mcg/kg. Los pacientes fueron colocados en posición supina. La cabeza se mantuvo en una posición neutra con ligera extensión usando 3 cm de almohada enrollado debajo del cabeza para cada paciente.

Después de la pérdida de conciencia, 300 mcg kg<sup>-1</sup> de rocuronio se administró para la relajación muscular. Mientras que el anestesiólogo ventilaba con mascarilla facial al paciente, se realizó ultrasonografía en modo B (imagen bidimensional) con una sonda lineal situado en la línea media del cuello anterior.

El diámetro subglótico se estimó con ultrasonografía con un transductor lineal de 10 MHz situada en la línea media del cuello anterior.

Para evitar cualquier confusión entre el cartílago cricoide y un anillo traqueal, la ultrasonografía inicio con la localización de los pliegues vocales verdaderos como estructuras lineares hiperecoicas emparejadas que se movían con la respiración y la deglución antes de que los pacientes estuvieran paralizados. El transductor se dirigió hacia caudal para visualizar el arco cricoide (es decir, estructura hipoecoica redonda con bordes hiperecoicos).

El diámetro transversal de la columna de aire se midió en el borde inferior del cartílago cricoide después de que los pacientes estuvieron paralizados y se consideró diámetro traqueal. Estas mediciones se realizaron sin ventilación ni presión positiva al final de la expiración para minimizar la fluctuación del diámetro traqueal.

El ultrasonógrafo tenía una experiencia considerable realizando ultrasonografía laríngea antes de comenzar esta investigación. Típicamente, las mediciones de ultrasonido tomaron aproximadamente 10 s.

Durante la obtención de imágenes de ultrasonido, el anestesiólogo detuvo la ventilación de la máscara para adquirir imágenes claras y fijas; sin embargo, no se detuvo durante más de 5 s para evitar la posible hipoventilación.

El mismo anestesiólogo altamente experimentado realizó todos los exámenes de ultrasonido en esta serie de pacientes. La tráquea fue intubada mediante laringoscopia directa.

Se excluyeron los pacientes con antecedentes previos de traqueostomía, obstrucción de las vías respiratorias u otras anomalías anatómicas de las vías respiratorias, y pacientes que se suponía que eran difíciles de intubar por otras razones así como los pacientes que cursaron con proceso infeccioso de vías áreas superiores.

## 7.1 SELECCIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA:

Se seleccionó a pacientes pediátricos de ambos sexos de entre de 1 a 8 años de edad, programados electivos cirugía que requiera anestesia general incluidos los turnos matutino, la selección de los pacientes fue de manera aleatorizada.

La fórmula del cálculo del tamaño de la muestra es

$$n = [(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \times \{2(\sigma)^2\}] / (\mu_1 - \mu_2)^2$$

Dónde

n = tamaño de muestra requerido en cada grupo,

$\mu_1$  = cambio medio en la puntuación del dolor desde la línea de base hasta la semana 24 en el fármaco A = 5,

$\mu_2$  = cambio medio en la puntuación del dolor desde la línea de base hasta la semana 24 en droga activa = 4,5,

$\mu_1 - \mu_2$  = diferencia clínicamente significativa = 0,5

$\sigma$  = desviación estándar = 1,195

$Z_{\alpha/2}$  : Esto depende del nivel de significación, para el 5% esto es 1,96

$Z_{\beta}$  : Esto depende de la potencia, para el 80% esto es 0.84

De acuerdo con la formula anterior el tamaño de la muestra que arrojo dicha fórmula fue de 78 pacientes, estos divididos en dos grupos de trabajo. Grupo A y Grupo B.

Grupo A son pacientes de ambos sexos que serán sometidos a anestesia general balanceada e intubación endotraqueal, a este grupo los cuales fueron intubados el TET se determinó bajo el cálculo vía formula de Cole.

Grupo B son un grupo de pacientes de ambos sexos que serán sometidos a anestesia general que fueron intubados y el TET se determinó con base a la ultrasonografía.

## 7.2 UNIVERSO DE ESTUDIO

Se estudiarán pacientes pediátricos sometidos a anestesia general balanceada que requieran intubación endotraqueal, de manera aleatorizada.

## 7.3 SUJETOS DE ESTUDIO.

Pacientes pediátricos de ambos sexos de 1 a 8 años de edad que estén programados para cirugía que implique manejo anestésico de tipo anestesia general balanceada, ASA I y ASA II en quienes no tengo contraindicado la Anestesia General Balanceada.

## 7.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN

### **Criterios de inclusión:**

- Pacientes cuyos tutores hallan autorizado ingresar al protocolo
- Edad de 1 a 8 años de edad.
- Paciente en dicho rango de edad programado para cirugía con anestesia general e Intubación endotraqueal.  
Masculino y femenino.

### **Criterios de exclusión:**

- Cirugías de urgencia
- Pacientes con antecedente de intubación prolongada.
- Pacientes bajo ventilación mecánica
- Pacientes con antecedentes de traqueostomía
- Antecedentes de trauma de la vía aérea inferior.
- Tumoración en vía aérea superior.

- Pacientes que presentes síndromes dismorficos.
- Pacientes que cursen con algún proceso infeccioso de vía aérea superior.

### **Criterios de eliminación**

- Cuando el paciente o el tutor lo soliciten.
- Vías aéreas complicadas.
- Más de dos laringoscopias para intubar
- Pacientes con patología intracraneana.

## 8 VARIABLES.

### 8.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.

1. Edad.
2. Peso.
3. Clasificación de ASA.
4. Talla.
5. Sexo.
6. Evento quirúrgico.

### 8.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

1. Diámetro subglótico.

**Edad:** Definición de periodo de tiempo comprendido desde el nacimiento hasta el momento de estudio.

**Peso:** Atracción ejercida sobre el cuerpo por la fuerza de gravedad terrestre.

**Clasificación ASA:** Sistema de clasificación que utiliza la American Society of Anesthesiology para estimar el riesgo que plantea la anestesia para los pacientes dependiendo de sus comorbilidades.

ASA I: Paciente sano.

ASA II: Paciente con enfermedad sistémica controlada.

ASA III: Paciente con enfermedad sistémica no controlada.

ASA IV: Paciente con enfermedad sistémica incapacitante que constante amenaza la vida.

ASA V: Paciente moribundo que se espera que no viva más de 24 horas con o sin cirugía.

**Talla:** Es la medición de la estatura o longitud del cuerpo humano desde la planta de los pies hasta el vértice de la cabeza.

**Sexo:** Es el conjunto de las peculiaridades que caracterizan los individuos de una especie dividiéndolos en masculinos y femeninos.

### 8.3 VARIABLE DEPENDIENTE.

**Diámetro subglótico:** Área que existe en la porción más estrecha de la vía aérea del paciente pediátrico, localizada por debajo de la glotis.

### 8.4 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION DE LA MUESTRA.

Se incluirán a todos los pacientes pediátricos de entre 1 año a 8 años de edad que acudan al Hospital General Zona Norte “Bicentenario de la Independencia”, que se programen de manera electiva y sean sometidos a Anestesia General Balanceada, cumpliendo con los criterios de inclusión y sin tener ningún criterio de exclusión.

Se recolectara la información de manera escrita en un formulario como instrumento diseñado para tal fin y posteriormente se registrara en una hoja de cálculo para su almacenamiento digital estableciendo el rango de los valores permitidos en el caso de la variables cuantitativas, permitiendo en posteriores etapas codificación y análisis de los datos capturados utilizando el programa Microsoft Excel y MedCal.

### 8.5 METODO PARA EL CONTROL Y LA CALIDAD DE LA INFORMACION

El control de la calidad de la información obtenida se realizara con la verificación y corrección de aquellos que consideremos inconsistentes, recogiendo esa información si el caso así lo amerita; así como la debida codificación de los datos para facilitar el análisis posterior.

### 8.6 SESGO DE CONFUSION.

Durante el análisis estadístico de la información obtenida se hará de manera separada y realizaremos análisis especiales.

## 8.7 SESGO DE SELECCIÓN.

Se incluirán en el estudio todos los pacientes que cumplan con los criterios de inclusión y sin criterios de exclusión de los cuales fueron definidos anteriormente. Los investigadores son las personas adecuadas los cuales se encuentran en el estándar de la curva de aprendizaje.

## 8.8 PLAN DE ANALISIS DE RESULTADOS.

Para nuestro análisis estadístico se utilizaran los siguientes variables estadísticas de referencia como medida de desenlace y resultado en nuestro estudio:

- Riesgo relativo.
- Numero a tratar.

## 8.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

Mes de actividad.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Elaboración del protocolo	X	X	X				
Aprobación del protocolo.				X			
Recolección de datos.				X	X		
Análisis de resultados.						X	
Publicación de resultados.							X

## 8.10 RECURSOS HUMANOS.

Médico Anestesiólogo del turno matutino.

Médico residente de Anestesiología.

## 8.11 RECURSOS MATERIALES.

1. Ultrasonido IuStar100 BW.

## 9 RESULTADOS.

Se recabo la información de 78 paciente pediátricos de entre 1 año y 8 años con una media de edad 4.3 años, con un peso promedio de 18.7 kgs y talla promedio de 106 cms. Los casos fueron clasificados como ASA I 70% (n= 55) y ASA II 30% (n = 23). Fueron 78 pacientes estudiados; el estudio se dividió en el Grupo A de 39 pacientes donde se determinó el diámetro de la cánula endotraqueal mediante formula antropométrica (Formula Cole). El Grupo B con 39 pacientes se realizó intubación endotraqueal donde el diámetro de la cánula endotraqueal fue determinado mediante el uso de ultrasonografía. La efectividad de la determinación efectiva de la elección de la cánula endotraqueal se realiza mediante una prueba de fuga, donde ya colocada la cánula endotrqueal se realiza una presión positiva mediante el cierre de la válvula APL en 15 cmH2O. Del Grupo A, se obtuvo una determinación efectiva de la cánula endotraqueal del 41% (n = 16), así mismo el Grupo B se obtuvo la medición del diámetro subglótico guiado por ultrasonografía donde se obtuvo una efectividad del 69.2% (n = 27).

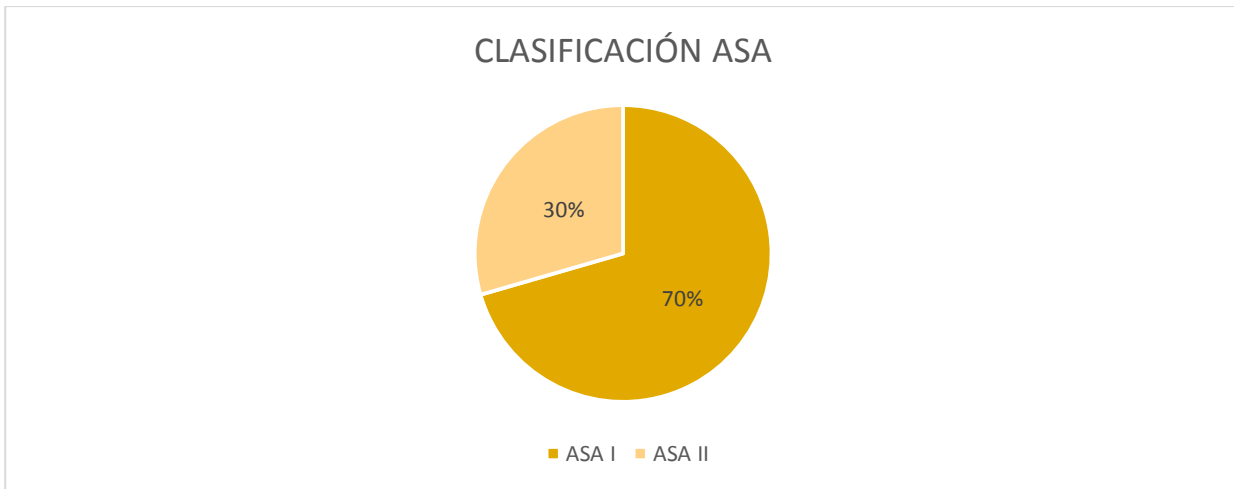
De los paciente que integran al Grupo A, 59% (n=23) presento fuga con la cánula endotraqueal que se colocó de acuerdo a la fórmula de Cole y se requirió la reintubación.

El Grupo B, solo un 30.7% (n=12) presentaron fuga con la cánula endotraqueal, y necesitaron reintubacion endotraqueal.

Se realiza el análisis estadístico, proporcionando los siguientes resultados:

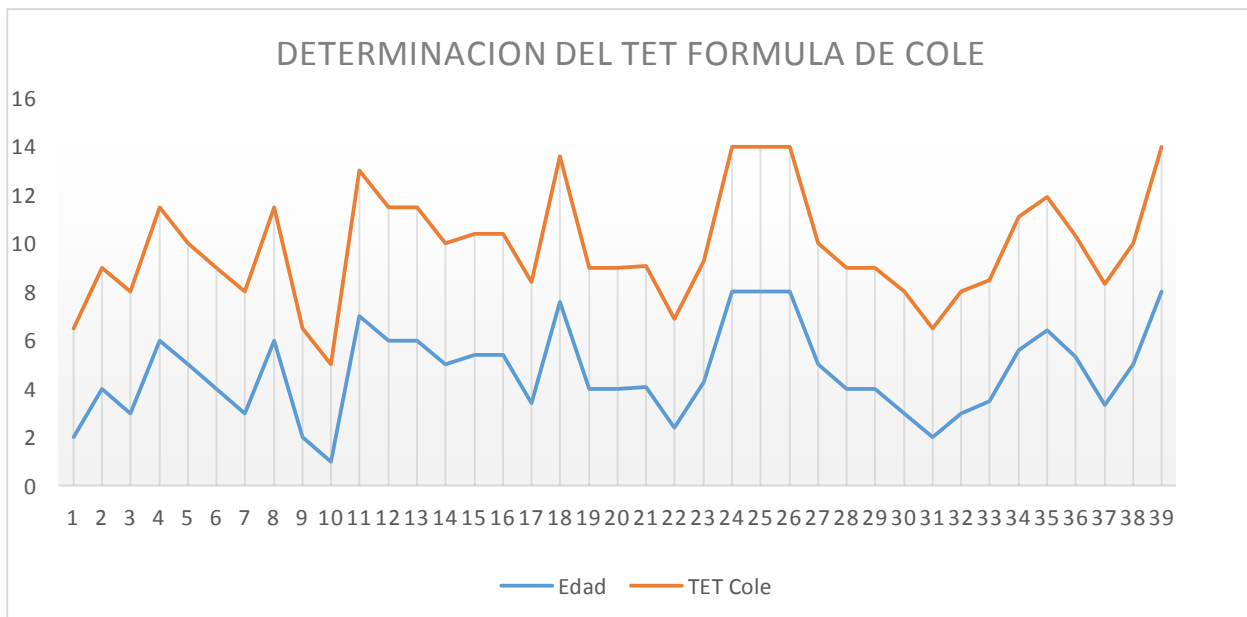
T Student 5.71. R Abs 30.8 Riesgo relativo RR 0.52. IC 95% p: <0.05.

## CLASIFICACION DE LOS PACIENTES SEGÚN GRADO DE ASA.



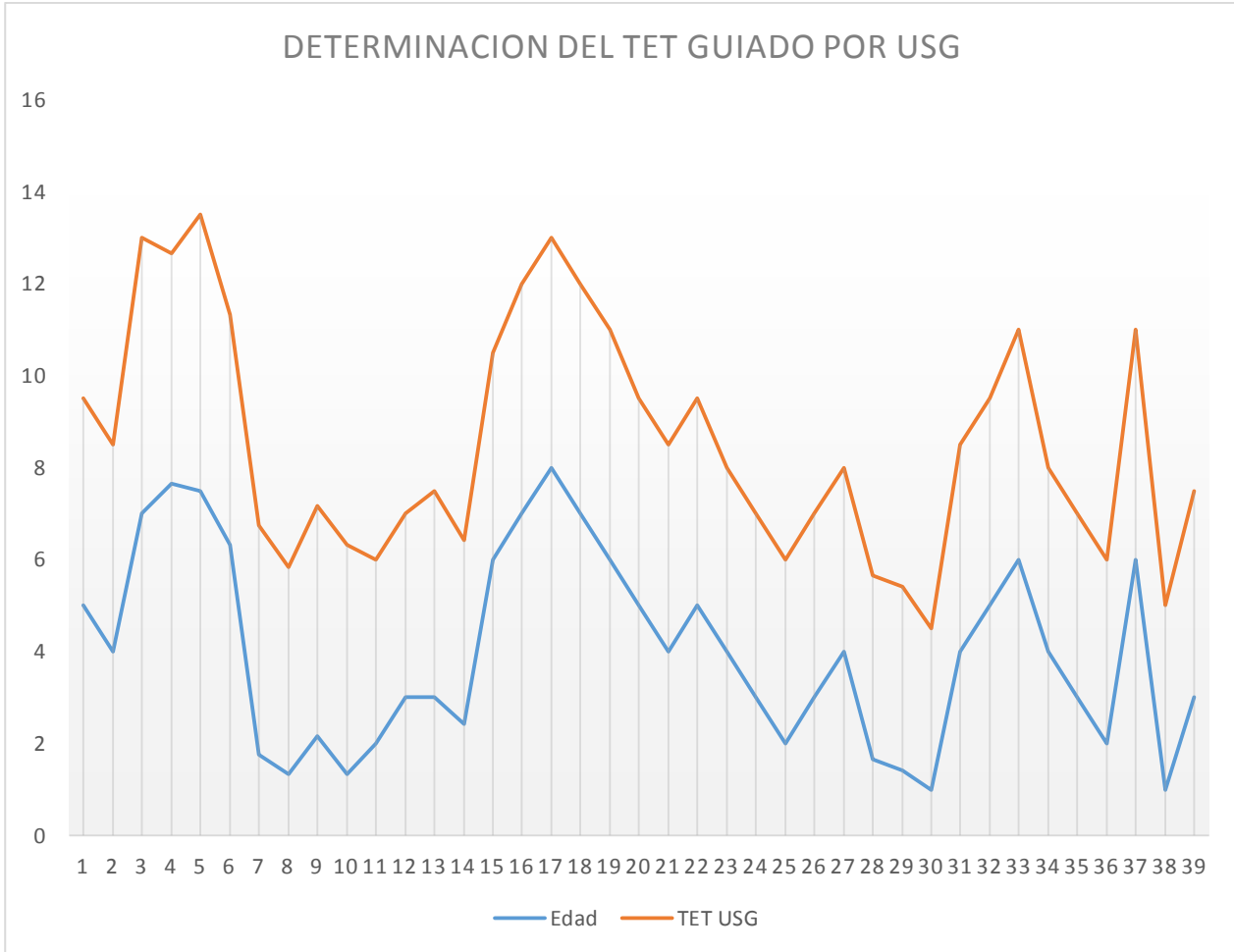
Fuente: Resultado estadístico del estudio.

## DETERMINACIÓN DEL TET POR FORMULA DE COLE.



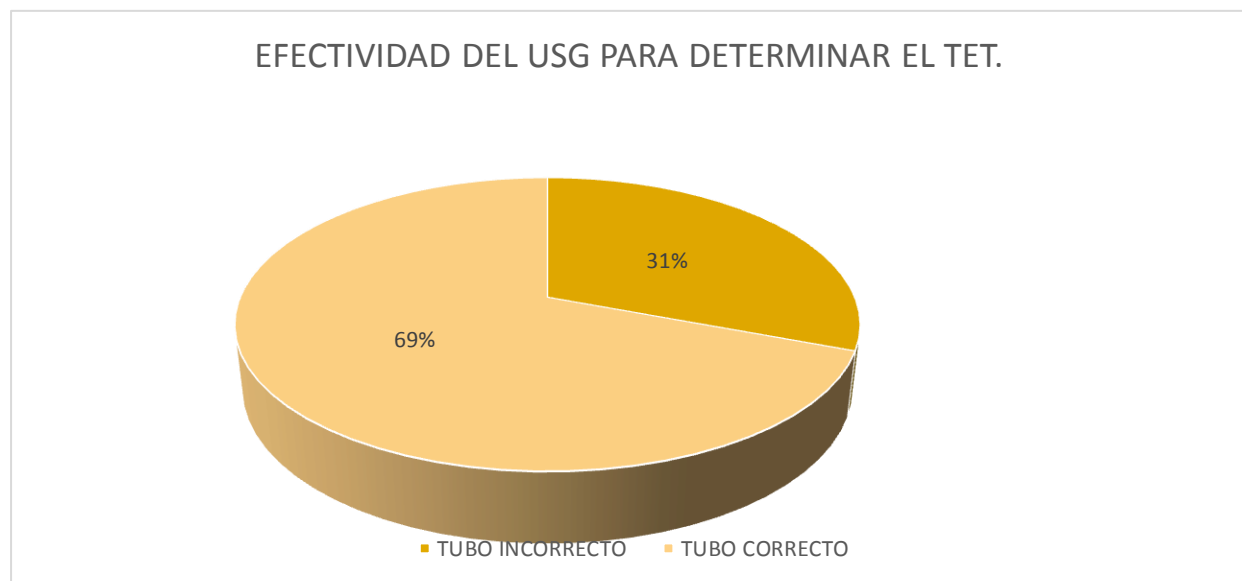
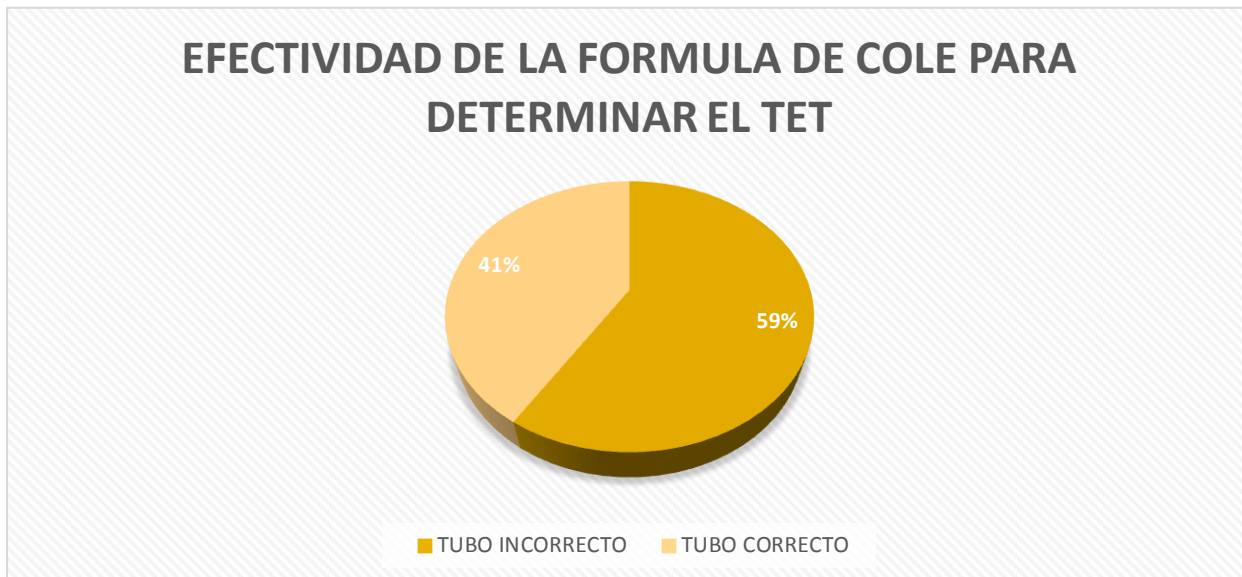
Fuentes: Resultado estadístico del estudio.

## DETERMINACION DEL TET GUIADO POR ULTRASONOGRAFIA.



Fuentes: Resultado estadístico de estudio.

**EFFECTIVIDAD DE LA FORMULA DE COLE PARA DETERMINAR EL TET.**



**EFFECTIVIDAD DEL USG PARA DETERMINAR EL TET.**

Fuente: Resultado estadístico del estudio.

## 10 DISCUSIÓN.

Los resultados generales del presente estudio nos revelan que la herramienta del ultrasonido es mas sensible para determiar el tamaño de la cánula endotraqueal comparado con la formula convencional.La fórmula basada en la edad como la de Cole sigue siendo de uso común. Sin embargo, la tasa de concordancia de la selección pediátrica basada en la edad de la cánula endotraqueal utilizando la fórmula de Cole fue tan baja como 47-77% en estudios previos, un hallazgo similar al de la presente investigación (41%) con relacion al estudio realizado por Shibasaki y colaboradores 2010. [14]. No obstante, la disparidad entre las fórmulas basadas en la edad y la altura y el tamaño de TET clínicamente óptimo fue sustancial, mientras que la ultrasonografía fue altamente predictiva. Además, las fórmulas basadas en la edad generalmente predijeron tamaños mayores que los clínicamente óptimos probados.

Existen 3 estudios previos que evaluaron la utilidad de USG para la selección de la cánula endotraqueal en paciente pediátrico. En un estudio bien diseñado de Shibasaki et al. el diámetro subglótico medido por USG y el diámetro externo de la cánula endotraqueal mostraron una correlación muy fuerte, esto habla de la gran relación que existe con el USG. Shibasaki et al. no presentó el punto de medición de su estudio, en el que una línea de puntos definida como 'diámetro subglótico' está marcada en el margen bilateral del cartílago cricoides más allá de la interfaz aire-mucosa.

En el estudio realizado por Ba y colaboradores, afirmó que la confiabilidad del USG para la determinación de la cánula endotraqueal apropiada es limitada, aunque la tasa del tubo correcto fue mayor en los casos seleccionados por el USG en comparación con los casos seleccionados basados en la edad (60% vs. 31%). Sin embargo, sus hallazgos por sí solos no son suficientes para determinar la fiabilidad de USG.

En el estudio realizados por Kim y colaboradores la medición del diametro subglotico se realizo de manera transversal, omitiendo al medición del diametro anteroposterior y una medición oblicua de la via subglótica, siendo esto mas confiable, dando menos margen de error. Durante la medición del diametro anteroposterior la columna de aire no permite establecer estructuras fijas, cambiando la penetración de nuestro transductor permite la correcta medición.

Durante el estudio, la imagen de USG puede verse afectada con una presión aplicada sobre la piel por el transductor y el grosor de la grasa en la parte anterior del cuello en los niños. La posición del cuello también influye en las dimensiones subglóticas, por eso que la medición debe ser precisa, localizando la zona a estudiar. En nuestro estudio, la intubación traqueal se realizó con un tubo sin

globo en todos los casos. Aplicamos una prueba de fuga de aire para evaluar el tamaño de la cánula endotraqueal para corroborar el mejor ajustado, en caso de presentar fuga, la cánula se cambió por una que ajustara al diámetro subglótico anatómico del paciente, hemos seleccionado el tamaño de la cánula endotraqueal de acuerdo con una recomendación basada en la edad, y cada proceso de intubación se realizó sin ninguna resistencia.

En el presente estudio, la fuerte correlación entre el diámetro subglótico medido con USG y el diámetro externo de la cánula endotraqueal respalda la utilidad de la ultrasonografía en la determinación adecuada del tamaño de la cánula endotraqueal. Pero tales mediciones solo reflejan la distancia bidimensional, y la cuestión de si la cánula endotraqueal se ajustan correctamente debe analizarse más a fondo o remitirse a otros métodos de prueba, como la prueba de fuga de aire.

Aunque pocos estudios sugirieron que el diámetro de la vía aérea a nivel de la glotis es más estrecho a nivel subglótico, estudios recientes que utilizaron IRM y TC demostraron que la subglotis es la porción más estrecha de la vía aérea en niños pequeños (<2 años). Además, la tráquea a nivel subglótico muestra una distensión limitada debido al cartílago cricoides circundante. Es esencial que el tamaño de ETT no sea mayor que el SD. Varios estudios en niños mayores informan que la USG es comparable a la capnografía en la determinación de la colocación endotraqueal versus esofágica, por tanto , el ultrasonido tendría mayor campo en el transanestésico

El único estudio que comparó estas dos modalidades en lactantes informó que el USG fue significativamente más lento que la capnografía; sin embargo, los autores no encontraron que el USG fuera temporalmente inferior en su cohorte pediátrica más antigua.

## 11 CONCLUSIONES.

Nos complace concluir nuestro estudio mencionando que el uso clínico de la ultrasonografía como un componente más al armamento clínico para el abordaje de la vía aérea pediátrica y también en los adultos, es útil, segura, no invasiva, sin radiación y barata, disminuyendo la morbilidad intrahospitalaria y sobre todo en la disminución de consumo de insumos intrahospitalarios.

Con la mejora de la frecuencia y resolución de imágenes, así como la disponibilidad cada vez mayor de más máquinas portátiles y accesibles, el USG es una modalidad de imagen atractiva, segura, efectiva, reproducible, sin exposición a la radiación, pero sobre todo exacta para determinación de medida de cánulas endotraqueales, incluso aplicable a los adultos. Los estudios sobre USG para la verificación de la cánula endotraqueal en pediátricos son alentadores.

Todos los estudios informaron un porcentaje mayor al 80% de visualización de la punta de la cánula endotraqueal por USG, y los tres estudios más grandes lograron más del 90% de visualización y concordancia con USG-Rx, sin embargo estos últimos son difícilmente portátiles y emiten radiaciones ionizantes.

Concluimos mencionando que con base a estudios realizados y con los resultados de nuestro estudio realizar la medición del área subglótica mediante ultrasonografía facilita la selección de la cánula endotraqueal en paciente pediátricos, corrobora la intubación exitosa y reduce el número de laringoscopias así como las complicaciones.

## 12 REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA.

1. Cole F: Pediatric formulas for the anesthesiologist. *AMA J Dis Child* 1957; 94:672-3.
2. Bernet V, Dullenkopf A, Maino P, Weiss M: Outer diameter and shape of paediatric tracheal tube cuffs at higher inflation pressures. *Anaesthesia* 2005; 60:1123-1128.
3. Seymour AH, Prakash N: A cadaver study to measure the adult glottis and subglottis: Defining a problem associated with the use of double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002; 16:196-198.
4. Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, et al. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg.* 2007;104:619---23.2.
5. Werner SL, Smith CE, Goldstein JR, Jones RA, Cydulka RK. Pilot study to evaluate the accuracy of ultrasonography in confirming endotracheal tube placement. *Ann Emerg Med.* 2007;49:75---80.3.
6. Pfeiffer P, Rudolph SS, Børghlum J, Isbye DL. Temporal comparison of ultrasound vs auscultation and capnography in verification of endotracheal tube placement. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2011;55:1190---5.4.
7. Aziz HF, Martin JB, Moore JJ. The pediatric disposable end-tidal carbon dioxide detector role in endotracheal intubation in newborns. *J Perinatol.* 1999;19:110---3.5.
8. Galicinao J, Bush AJ, Godambe SA. Use of bedside ultrasonography for endotracheal tube placement in pediatric patients: A feasibility study. *Pediatrics.* 2007;120:1297---303.6.
9. Göksu E, Sayrac V, Oktay C, Kartal M, Akcimen M. How stylet use can effect confirmation of endotracheal tube position using ultrasound. *Am J Emerg Med.* 2010;28:32---6.7.
10. De Caen AR, Kleinman ME, Chameides L, Atkins DL, Berg RA, Berg MD, et al., Paediatric Basic and Advanced Life Support Chapter Collaborators. Part 10: Paediatric basic and advanced life support: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation.* 2010;81 Suppl 1:e213---59.8.
11. Alonso Quintela P, et al. Utilidad de la ecografía comparada con la capnografía y la radiografía en la intubación traqueal. *An Pediatr (Barc).* 2014.
12. Khine HH, Corddry DH, Kettrick RG, Martin TM, McCloskey JJ, Rose JB, Theroux MC, Zagnoev M. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology* 1997; 86: 627-31.
13. Motoyama EK. The shape of the pediatric larynx: cylindrical or funnel shaped? *Anesth Analg* 2009; 108: 1379-81.
14. Shibasaki M, Nakajima Y, Ishii S, Shimizu F, Shime N, Sessler DI. Prediction of pediatric endotracheal tube size by ultrasonography. *Anesthesiology* 2010; 113: 819-24.
15. Bae JY, Byon HJ, Han SS, Kim HS. Usefulness of ultrasound for selecting a correctly sized uncuffed tracheal tube for paediatric patients. *Anaesthesia* 2011; 66: 994-8.
16. Schramm C, Knop J, Jensen K, Plaschke K. Role of ultrasound compared to age-related formulas for uncuffed endotracheal intubation in a pediatric population. *Paediatr Anaesth* 2012; 22: 781-6.
17. Husein M, Manoukian J, Platt R, Patenaude Y, Drouin S, Giguère C. Ultrasonography and videobronchoscopy to assess the subglottic diameter in the paediatric population: a first look. *J Otolaryngol* 2002; 31: 220-6.
18. Feng Y, Allison R, Hu X, Mota H, Jenkins T, Wolfe ML, Sibata C. An ultrasonic device for source to skin surface distance measurement in patient setup. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 61: 1587-9.

19. Husein M, Manoukian JJ, Platt R, Patenaude Y, Drouin S, Giguere C: Ultrasonography and videobronchoscopy to assess the subglottic diameter in the pediatric population: A first look *J Otolaryngol* 2002; 31:220-6.
20. Lakhal K, Delplace X, Cottier JP, Tranquart F, Sauvagnac X, Mercier C, et al. The feasibility of ultrasound to assess subglottic diameter. *Anaesth Analg* 2007;104:611-4.
21. Sakpal, T. V. (2010). Sample Size Estimation in Clinical Trial. *Perspectives in Clinical Research*, 1(2), 67–69.
22. Mario Andres Zamudio-Burbano, Fabian David Casas-Arroyave, Airway management using ultrasound, *Colombian Journal of Anesthesiology*, 2015, **43**, 4, 307.

13 ANEXO 1.

HOSPITAL GENERAL ZONA NORTE DE PUEBLA  
"BICENTENARIO DE LA INDEPENDENCIA"

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

FECHA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

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

Género:\_\_\_\_\_

Cánula endotraqueal por formula Cole:\_\_\_\_\_

Diámetro subglótico:\_\_\_\_\_

Diámetro externo tubo endotraqueal:\_\_\_\_\_

Se corrobora fuga: (SI) (NO).

Necesidad de cambiar cánula endotraqueal: (SI) (NO).

14. ANEXO 2

## HOSPITAL GENERAL ZONA NORTE DE PUEBLA

### SERVICIO DE ANESTESIOLOGIA.

#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN CON EL NOMBRE DE “ DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO SUBGLÓTICO MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA PARA ESTIMAR EL TAMAÑO DE LA CÁNULA ENDOTRAQUEAL EN PACIENTES PEDIÁTRICOS”**

Fecha y lugar

Investigadores: Dr. Luis Omar Bernal Zambrano, Dr. José Fabián Ventura Cordero. A usted se le está invitando a participaren este estudio de investigación médica. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento.

**JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.** Uso de la ultrasonografía de la vía aérea como método alternativo para predecir cánula endotraqueal en pacientes pediátricos. **OBJETIVO DEL ESTUDIO.** Prevenir eventos adversos en la vía aérea superior por el uso incorrecto de la cánula endotraqueal. **PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO.** En caso de aceptar participar en el estudio se le realizará un ultrasonido mismo que no le producirá ninguna clase de dolor o molestia, no se acompaña de riesgos ya que no es invasivo (se realiza en la tráquea) y se efectúa en la sala quirúrgica minutos antes de ser sometido a procedimiento anestésico. **RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO.** **No existen riesgos asociados a la toma de ultrasonido.** **ACLARACIONES:** Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria. No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación. Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite, pudiendo informar o no, las razones de su decisión, la cual será respetada en su integridad. No tendrá que hacer gasto alguno durante el estudio. No recibirá pago por su participación. **La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.** Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado que forma parte de este documento. Finalmente se le informa que el presente estudio ha sido registrado en el Comité de Ética Institucional con el número: