

Facultad de Medicina



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

Facultad de Medicina

División de Estudios de Postgrado

Hospital Central Norte Azcapotzalco  
Petróleos Mexicanos

Gasometría Venosa como sustituto de la Gasometría Arterial para  
determinación del Estado Ácido-Base

Tesis de Postgrado para obtener el título de Médico Especialista en Medicina  
Interna.

Presenta:

Dra. Maria Imelda Espinosa Figueroa

México, D.F. Agosto del 2008



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.

Vo. Bo.

Dr. Jaime Eloy Esteban Vaz  
Director del Hospital Central Norte de PEMEX

Dra. Martha Laura Cruz Islas  
Jefe de Enseñanza e Investigación del Hospital Central Norte PEMEX

Dr. Fernando Rogelio Espinosa López  
Jefe del Servicio de Medicina Interna del Hospital Central Norte PEMEX

Asesores

Dra. Martha Laura Cruz Islas  
Jefe de Enseñanza e Investigación del Hospital Central Norte PEMEX

Dr. Luis Javier Castro D´Franchis  
Profesor Titular del Curso de Medicina Interna.  
Médico Adscrito al Servicio de Medicina Interna del Hospital Central Norte  
PEMEX

Dr. Miguel Ángel Labastida Bautista  
Médico Adscrito al Servicio de Medicina Interna del Hospital Central Norte  
PEMEX

## **Agradecimientos**

*A mis Padres Flora y Humberto que con su perseverancia, amor, paciencia, comprensión, cariño, apoyo y esfuerzo hacen que cada día sea una mejor persona, por entender que los minutos lejos de ellos hacen posible la realización de mis metas.*

*A Dios, por darme la oportunidad de permanecer en el mundo, para trascender en mi vida, asistiendo a las personas para la recuperación y mantención de su salud.*

*A mi Hermano Francisco, por soportar mis altibajos, y estar a mi lado desde siempre, por su comprensión y amor.*

*Al Doctor Rogelio Espinosa López, por darme la oportunidad de realizar mi sueño, de realizar mi especialidad, de instruirme y darme las armas suficientes para luchar contra la adversidad, por su apoyo incondicional en momentos difíciles de mi vida, por sus consejos y palabras.*

*A mis profesores: Cesar Zúñiga Izaguirre, Héctor Esquivel, Santiago Ramírez, Pedro Salmeron y Porfirio Visoso por su tiempo, por sus conocimientos y apoyo, por el esfuerzo que mostraron para mi aprendizaje, por impulsarme a dirigir mi meta en la Medicina.*

*Al Doctor Luis Castro D´Franchis por su esfuerzo en mi educación en el área de Medicina Interna.*

*A mi amigo Iván, por su apoyo, su tiempo por compartir sus conocimientos, por todos los momentos vividos. A mis hermanitos Jorge y Chan por aguantarme desde un inicio. Ricardo, Leticia, Emilio, Karen, Francisco, German.*

*Mis hermanos no de sangre, si no de alma, Eduardo, Judit, Wendy y Ariadna, Francisco Ponce por su irremplazable amistad y apoyo incondicional en los momentos felices y difíciles, por impulsarme con sus palabras*

*A mis aTíos: Antonio, Rosa, Roberto, Margarita por que con su esfuerzo lograron mantener mi ilusión..*

*A mis compañeros de Residencia Diana, Claudia, Valeria, Adán, Esmeralda, Rogelio, Kalet por el apoyo para la realización de este estudio.*

Es la tierra la que gira alrededor del sol y no a la  
inversa.....  
.....El universo ácido-base no gira alrededor de los iones hidrógeno y  
bicarbonato.

*John  
Kellum*

## Índice Por Temas

Título	Número
Asesores	3
Agradecimientos	4
Introducción	8
Marco Teórico	9
Antecedentes Históricos	9
Conceptos básicos	11
Sistemas de Amortiguamiento	12
Amortiguadores Plasmáticos	12
Hemoglobina, proteínas, fosfatos	12
Respuesta Respiratoria	13
Respuesta Renal	13
Toma de Gasometría Arterial	15
Condiciones de extracción	16
Transporte y depósito	17
Precauciones para toma de muestra	17
Lectura de la muestra	18
Planteamiento del Problema	20
Justificación	21
Hipótesis	22
Hipótesis General	22
Hipótesis Nula	22
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos	23
Material y Métodos	24
Tipo y Diseño del Estudio	24
Universo	24
Criterios de Selección	24
Muestra	26
Variables	26
Metodología	28
Características del Grupo	28
Asignación	28
Descripción del programa del trabajo	28
Métodos e instrumentos para la recolección de datos	29
Plan de tabulación y análisis de datos	29
Análisis estadístico	29
Consideraciones éticas	29
Ámbito geográfico	30
Recursos	30

Resultados	31
Discusión	39
Conclusiones	42
Anexos	43
Cronograma de Actividades	43
Consentimiento Informado	44
Hoja de recolección de datos	45
Bibliografía	50

## Introducción

El análisis de gases en sangre arterial es un procedimiento comúnmente realizado para la evaluación clínica de los pacientes al ingreso de hospitalización, pero el procedimiento ciertamente tiene sus limitaciones ya que en general un reducido número de pacientes acepta su realización por que el procedimiento puede ser doloroso y también por que puede causar potenciales complicaciones como daño arterial, trombosis con isquemia distal, hemorragia, formación de aneurisma, daño del nervio mediano y rara vez distrofia refleja simpática.

El análisis de gases de sangre venosa (AGSV) es un procedimiento relativamente sencillo, y menos punciones son requeridas para su realización, es menos dolorosa para el paciente y puede tener menos complicaciones al paciente, también reducen el riesgo de daños por accidente a los trabajadores de la salud.

Varios estudios sugieren que la muestra venosa es relativamente eficaz para determinar los problemas acido base. Pero el análisis de gases arteriales en sangre venosa, no ha ganado gran aceptación como sustituto para el análisis de la medición de gases en sangre arterial para determinar problemas del desequilibrio ácido base. <sup>(7)</sup>

El presente estudio pretende describir una comparación entre los valores de gases sanguíneos de muestras de sangre arterial (pH, bicarbonato  $\text{HCO}_3$ , presión parcial de dióxido de carbono  $\text{pCO}_2$ ) para determinar, si el análisis de los gases en sangre venosa pueden reemplazar la medición de los gases en sangre arterial, en el abordaje inicial de pacientes adultos en el servicio de medicina interna, donde se encuentran diversas condiciones patológicas.

## Marco teórico

Hasta nueve de cada diez pacientes ingresados a Hospitalización pueden encontrarse con trastornos del equilibrio ácido base, lo que significa que las alteraciones de este equilibrio son los problemas clínicos más habituales con los que el médico se enfrentará.

Antecedentes Históricos.

La palabra ácido viene de la raíz latina “*acere*” que quiere decir agriarse y la palabra “*alcali*” proviene del árabe alquili que significa ceniza vegetal. A pesar de que los ácidos se conocían desde la antigüedad, especialmente por su sabor y su capacidad para corroer metales y enrojecer la tintura de tornasol, la historia del equilibrio ácido-base puede remontarse al siglo XVI, cuando Paracelso planteó la teoría de que algunas enfermedades eran causadas por depósitos alcalinos y necesitaban ácidos para su curación.

En 1692 Newton planteó que los ácidos se caracterizaban por tener una gran fuerza de atracción y por tanto todo lo que atrae es ácido y es atraído con fuerza para ser llamado ácido. Ya en el siglo XVIII Antonie Lavoisier, Bertholet, Humphry, Davy , Gay Lussac y otros contribuyeron a un mejor conocimiento de los ácidos y bases. En 1877 Friedrich Walter midió por primera vez el dióxido de carbono en el plasma y trató exitosamente con bases una acidosis metabólica. En la misma década Kussmaul describió la hiperventilación en la acidosis metabólica del diabético, posteriormente Vernard Naunyn introdujo el término de acidosis y lo definió como una producción excesiva de ácidos. En 1887, el sueco Svante Arrhenius, en su teoría de la disociación electrolítica fue el primero en asociar la acidez a la disociación de los iones  $H^+$ . A finales del siglo XIX Hober dio a conocer el primer electrodo para medir concentraciones de  $H^+$ . Entre 1901 y 1909 Sorensen introdujo el término y la escala logarítmica del pH. <sup>(1-3)</sup>

La ecuación de Henderson-Hasselbach establece que la concentración de protones es igual a una constante K multiplicada por el cociente entre las concentraciones de ácido carbónico y bicarbonato. Posteriormente Bronstead propuso una definición de ácido, indicando que es una sustancia que dona hidrogeniones en solución. Esta definición, conocida como principio de Bronstead – Lowry, es la más utilizada en la actualidad. La idea de expresar la

concentración de iones hidrógeno como el logaritmo negativo en base 10 se debe a Sorensen, quien también acuñó el término de buffer, para referirse a las sustancias químicas que atenúan los cambios de pH en las soluciones. Hasselbach combinó las teorías de Sorensen y Henderson para crear la ecuación de Henderson-Hasselbach, que indica que el pH es igual al pK más el logaritmo en base 10 del cociente entre bicarbonato y ácido carbónico. En los siguientes 50 años la fisiología ácido-base se centró en la ecuación de Henderson-Hasselbach y la concentración de ácido carbónico fue sustituida por la presión parcial de dióxido de carbono pCO<sub>2</sub>. Se interpretó que el componente no volátil, o metabólico, se debía al control que ejerce el organismo sobre la concentración plasmática de bicarbonato. Una dificultad en la aplicación clínica de esta ecuación es que debían interpretarse los cambios de bicarbonato al tiempo que se producían los cambios en la presión parcial de CO<sub>2</sub>. Para solucionar este problema se elaboraron reglas que permitían determinar si los cambios simultáneos en los niveles de bicarbonato y CO<sub>2</sub> se debían a un proceso único. Como la acidosis metabólica compensada o a procesos mixtos. Posteriormente, el médico danés Siggard-Anderson introdujo el concepto de exceso de base (EB) como un parámetro del estado metabólico ácido-base. El cálculo del EB asume una presión parcial de CO<sub>2</sub> de 40 mmHg, e incluye la concentración plasmática de bicarbonato. <sup>(4)</sup>

En los años 50 hubo una modificación en el paradigma de la fisiología y fisiopatología del equilibrio ácido base. El bicarbonato se instituyó como el factor central para el control del componente metabólico. Una de las principales razones fue el interés entre los químicos clínicos de definir a los ácidos corporales de acuerdo al concepto de Bronsted-Lowry como las moléculas capaces de donar iones hidrógeno. Usando este nuevo abordaje, el ácido carbónico, su base conjugada y el bicarbonato se convirtieron en los protagonistas principales, lo que se reflejó en la ecuación de Henderson-Hasselbach:

$$pH = pKa + \log_{10} \frac{[HCO_3^-]}{\alpha pCO_2}$$

Ecuación de Henderson-Hasselbach

De acuerdo a esta fórmula el pH es el pH plasmático, el pKa es el pH en el cual el ácido carbónico está disociado en un 50%,  $[\text{HCO}_3^-]$  es la concentración de bicarbonato plasmático,  $\alpha$  es la solubilidad del dióxido de carbono en sangre a 37 grados C. y  $\text{pCO}_2$  es la presión parcial de dióxido de carbono en la sangre.

De esta manera con el abordaje tradicional basado en la ecuación de Henderson-Haselbach el bicarbonato se convirtió en la variable principal y se desarrollaron diferentes métodos para el diagnóstico de trastornos ácido-base primarios o mixtos basados en su concentración. Una de las ventajas de este método es que cuantifica los cambios no respiratorios en el estado ácido-base, pero una de sus debilidades es el infraestimar los efectos acidificantes cuantitativos de otras moléculas como el lactato.

### Conceptos Básicos.

La concentración de hidrogeniones  $[\text{H}^+]$  en el líquido extracelular viene determinada por el equilibrio entre la presión parcial de dióxido de carbono ( $\text{PCO}_2$ ) y la concentración de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) en el líquido esta relación se expresa:

$$[\text{H}^+] (\text{nEq/L}) = 24 \times (\text{PCO}_2 / \text{HCO}_3^-)$$

Con una  $\text{PCO}_2$  Arterial normal de 40 mmHg, y una concentración sérica normal de  $\text{HCO}_3^-$  de 24 mEq/L la  $[\text{H}^+]$  de hidrogeniones en sangre arterial es de  $24 \times (40/24) = 40 \text{ nEq/L}$ .

La regulación del  $[\text{H}^+]$  es esencial, ya que la concentración de este  $[\text{H}^+]$  influye en las reacciones enzimáticas, bioquímicas y moleculares, así como en las interacciones entre hormonas o medicamentos con proteínas plasmáticas y receptores de superficie; además, las fluctuaciones en la  $[\text{H}^+]$  intracelular tienen efectos mayores en su estructura y función al alterar la carga de las proteínas.

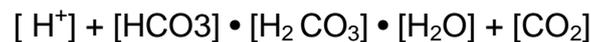
Para mantener la  $[\text{H}^+]$  o el pH dentro de límites fisiológicos ( $\text{H}^+$  de 36 a 44 nmol/L o pH de 7.357 a 7.444) deben existir un equilibrio entre el aporte y la producción y el amortiguamiento o eliminación. La eliminación y el amortiguamiento se logran a través de mecanismos plasmático, respiratorio y renal. El sistema químico de amortiguamiento ácido-base (AB) de los líquidos corporales (plasmático) se combina en forma inmediata con el ácido o con la

base para evitar variaciones excesivas de la  $[H^+]$ , El centro respiratorio regula la eliminación de  $CO_2$  del líquido extracelular y los riñones excretan una orina ácida o alcalina, lo que favorece un reajuste en la  $[H^+]$  en el líquido extracelular hacia la normalidad en el caso de acidosis o alcalosis.

#### Sistemas de Amortiguamiento.

##### 1.- Amortiguadores plasmáticos. Bicarbonato.

El  $[H^+]$  se une al  $[HCO_3^-]$  en forma reversible, cuando el aporte o la producción de  $[H^+]$  aumenta, la reacción se desplaza hacia la derecha, con lo que incrementa la cantidad de  $[H^+]$  que es captado por el amortiguador, lo que minimiza los cambios de la  $[H^+]$ . El  $[HCO_3^-]$  representa el 50% de la capacidad amortiguadora del plasma. Si la producción de ácidos no volátiles excede la excreción. El  $[HCO_3^-]$  disminuye y la  $[H^+]$  disminuye resultando en alcalosis metabólica.



##### -Hemoglobina, proteínas y fosfatos

Existen otros sistemas de amortiguamiento como la Hb, proteínas y fosfatos, los cuales proveen de sitios adicionales de unión de  $H^+$  y por lo tanto de amortiguamiento. La Hb proporciona el 30% de la capacidad amortiguadora del plasma, el restante 20% lo comparten las proteínas y los fosfatos (13 y 7% respectivamente).

##### 2.-Respuesta respiratoria.

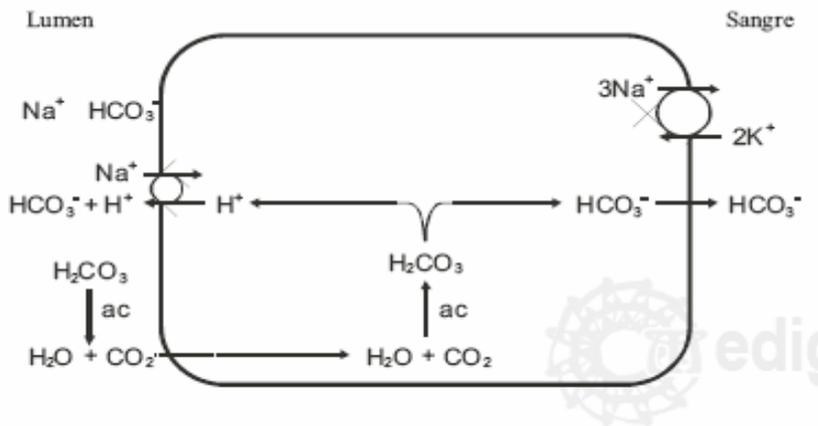
El segundo sistema de amortiguamiento que hace frente a los trastornos del equilibrio AB es el pulmonar, la disminución en el pH actúa estimulando quimiorreceptores en el tallo cerebral con incremento en la ventilación minuto y eliminación del  $CO_2$ .

##### 3.-Respuesta renal

El riñón es el tercer sistema de amortiguamiento para mantener el equilibrio Ácido Base, éstos deben de excretar aniones de los ácidos no volátiles y reabsorber el  $[HCO_3^-]$ , esto lo logran por medio de tres mecanismos: reabsorción o excreción del bicarbonato filtrado, excreción de acidez titulable y excreción de amoniaco.

-Reabsorción o excreción del bicarbonato filtrado.

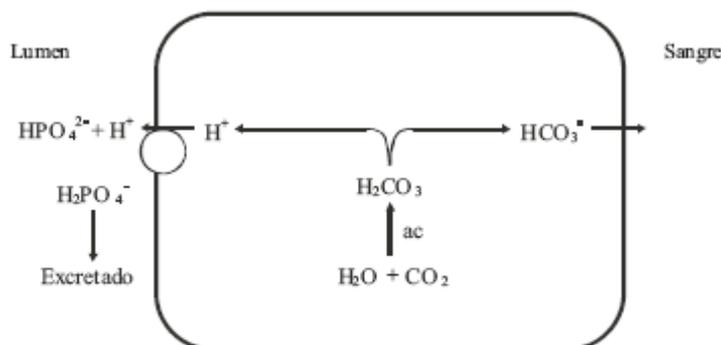
El 85 a 90% del  $[\text{HCO}_3^-]$  filtrado es reabsorbido por el túbulo proximal, este es el mecanismo más importante cuantitativamente. La secreción de  $[\text{H}^+]$  por las nefronas sirve para reabsorber el  $[\text{HCO}_3^-]$  filtrado, disminuir el pH de la orina, titular amortiguadores urinarios y causar excreción de  $[\text{NH}_4^+]$



**Figura 1.** Reabsorción de  $\text{HCO}_3^-$  filtrado en el túbulo contorneado proximal.

-Excreción de la acidez titulable

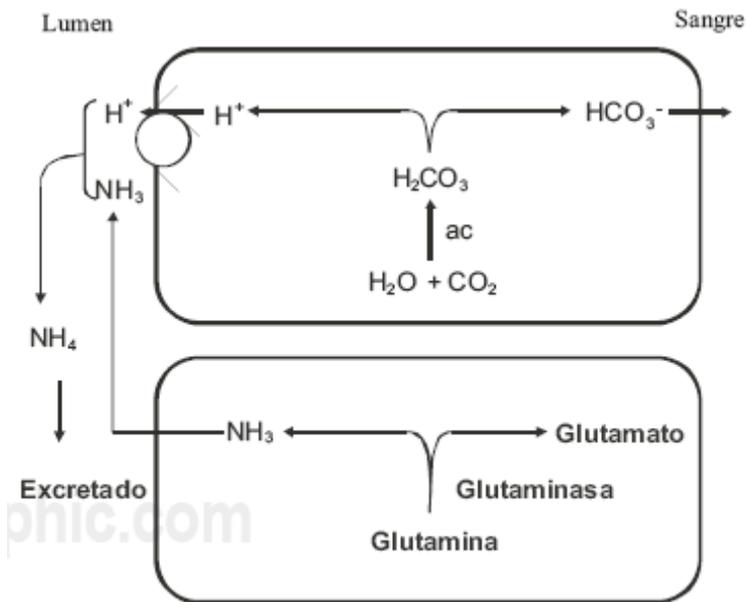
A 7.4 de pH el 80% del fosfato circulante se encuentra en forma monohidrogenada y el 20% dihidrogenada. La mayor parte de la acidez titulable urinaria es formada por conversión de fosfato monohidrogenado a dihidrogenado



**Figura 2.** Excreción de acidez titulable urinaria, conversión de fosfato monohidrogenado a dihidrogenado.

-Excreción de amonio.

El amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) difunde a la luz tubular renal donde se une a  $\text{H}^+$  para formar ion amonio no difusible ( $\text{NH}_4$ ), el cual es excretado.



**Figura 3.** Excreción de amonio.

Las modificaciones en la  $\text{H}^+$  son el resultado de cambios en los ácidos volátiles o componente respiratorio, representado por la  $\text{pCO}_2$ , y no volátiles o metabólico (láctico, hidrociorhídrico, sulfúrico, etc.<sup>(6)</sup>).

### Toma de Gasometría Arterial

Para determinar, si el paciente que ingresa a hospitalización presenta un desequilibrio ácido base, es necesaria de manera inicial la punción arterial para la medición de gases sanguíneos, la cual requiere ciertas condiciones especiales que describiremos a continuación.

Para realizar la punción arterial se precisa una habitación limpia, un lavabo para limpieza y desinfección de las manos, y todo el material necesario para la punción. Se recomienda que el paciente se encuentre sentado a excepción del que se encuentra confinado a una cama. Debe de estar en reposo durante 10 minutos antes de la punción y en todo caso debe indicarse en la petición la posición del paciente. Generalmente se debe abstener el uso de broncodilatadores, vasodilatadores y /o recibir oxigenoterapia previamente a la punción dependiendo de las condiciones clínicas de cada paciente. Como toda

exploración se debe explicar detalladamente al paciente antes de su realización.

Al elegir la zona de punción debe tenerse en cuenta la accesibilidad del vaso y el tipo de tejido ya que los músculos, tendones y grasa son menos sensibles al dolor que el periostio y las fibras nerviosas. Es preferible en este caso elegir las arterias que no presenten venas satélites importantes. En general, la arterial radial en el túnel carpiano satisface todos estos requisitos, recomendándose como lugar de elección, aunque también puede utilizarse la arteria dorso radial. Si la circulación colateral es insuficiente en ambas arterias radiales, o éstas son difícilmente accesibles, la arteria humeral en la fosa ante cubital, inmediatamente por dentro del tendón del bíceps, constituye la segunda alternativa. La arteria femoral, sólo se utilizará en casos excepcionales, puesto que, por debajo del ligamento inguinal, no existe circulación colateral que actúe adecuadamente.

Se recomienda previo a la punción realizar una prueba de circulación colateral conocida como prueba de Allen

En general, la muestra de sangre arterial que hay que analizar suele obtenerse por punción directa o mediante la utilización de un catéter arterial. Tanto en uno como en otro caso debe tenerse en cuenta que la invasión de la luz arterial puede provocar espasmo, formación de un trombo intramural o aparición de un hematoma peri arterial. Cualquiera de estas complicaciones puede implicar isquemia distal. En consecuencia, es recomendable verificar la viabilidad de la circulación colateral si se pretende colocar un catéter arterial. La prueba de Allen constituye un método sencillo y fiable para comprobarla en la arteria radial. Se pide al enfermo que abra y cierre vigorosamente el puño, tras haber localizado y comprimido la onda de pulso radial y cubital. Tras 5-10 flexiones suele aparecer isquemia palmar. Con la mano del enfermo extendida, se liberará la compresión cubital y se registrará el tiempo necesario para que reaparezca la coloración palmar habitual. En general, se considera que la circulación colateral cubital es adecuada si ésta reaparece en menos de 15 segundos <sup>(8)</sup>.

Una vez realizada tal maniobra, se procede a tomar la muestra, posteriormente se manipulará por personal técnico además del personal encargado del

mantenimiento técnico de los aparatos de medición. Aquí se toman en cuenta algunos aspectos:

-Condiciones de extracción

-La anticoagulación de la muestra sanguínea es imprescindible. Sin embargo una cantidad excesiva de heparina puede modificar los resultados, se recomienda emplear un preparado de heparina concentrada a 1000 U/ml, humidificar cuidadosamente el émbolo y la jeringa de extracción y evitar que quede heparina libre en el interior de la jeringa.

-Si se observa la existencia de burbujas de aire en el interior de la muestra sanguínea, debe procederse a su extracción inmediata con la jeringa en posición vertical, evitando su agitación innecesaria.

-Si no existen burbujas en el interior de la muestra, o tras haberlas eliminado por completo debe agitarse la jeringa evitando la formación de espuma. Para asegurar que el efecto anticoagulante de la heparina existente en el émbolo y paredes interiores de la jeringa sea máximo.

-Transporte y depósito.

-Entre la extracción de la muestra sanguínea y su análisis no deben pasar, en condiciones habituales más de 10 a 15 minutos. En todo momento es imprescindible mantener un hermetismo absoluto.

-Se el tiempo es superior al anterior, la muestra arterial debe guardarse en hielo triturado, con ello se endentece el metabolismo eritrocitario y se evita la disminución de la  $PO_2$  y aumento de la  $PCO_2$ , que se producen con el paso del tiempo en condiciones de temperatura ambiental <sup>(9)</sup>.

-Precauciones previas a la toma de la muestra.

-La velocidad de sedimentación globular, varía de forma notable de paciente a paciente en función de la enfermedad de base y del valor del hematocrito. Por tanto, para evitar dicha sedimentación es imperativo agitar la muestra sanguínea al menos 30 segundos, inmediatamente antes de su introducción en el aparato lector. Debe evitarse la formación de espuma.

-El volumen de sangre contenido en el extremo distal de la jeringa (0.5ml) debe ser desechado antes de proceder a su lectura, ya que puede haberse

contaminado fácilmente con el aire ambiental. Además de mejorar la exactitud de la medición, esto proporciona la oportunidad de comprobar si realmente existen o no coágulos en el interior de la jeringa.

-Excepto en los aparatos provistos de un sistema automático de succión de la muestra, se aconseja inyectar más cantidad de sangre de la estrictamente necesaria para la medición, así se analiza una muestra más representativa del estado real del paciente. En el caso de que los aparatos sean de succión automática, se debe evitar al máximo el contacto de la muestra sanguínea con el aire ambiente.

-La mayoría de los aparatos están provistos de un sistema de corrección automática en función de la temperatura corporal del paciente, sin embargo si éste no fuese el caso, debe disponerse de los factores de corrección apropiados, ya que la hipertermia tiende a elevar los valores de  $PO_2$ ,  $PCO_2$ , y a disminuir el pH, mientras que la hipotermia, tiende a ejercer un efecto opuesto. Sin embargo si se tiene en cuenta que la temperatura de los instrumentos de medición suele ser de 37 grados cuando el paciente tiene una temperatura que oscila entre 35 y 39 grados centígrados, la corrección no es necesaria por su escasa trascendencia clínica.

-Lectura de la muestra.

La muestra debe leerse a ser posible, inmediatamente después de su obtención, la variabilidad de los actuales equipos permite realizar una sola lectura, siempre que la muestra haya sido extraída, manipulada y procesada correctamente, dada la reproducibilidad de la técnica. La punción arterial es el método por el cual se obtiene muestras de sangre para medir los gases sanguíneos, es una práctica común para determinar desequilibrio ácido base sin embargo el procedimiento es doloroso y las recomendaciones del procedimiento varían de acuerdo a los reportes publicados particularmente con respecto al uso de anestesia local para disminuir el dolor durante la punción. En un reciente estudio realizado en España se utilizó anestesia, sólo en unidades de neumología pero no en los departamentos de anestesia o de medicina interna. Algunos autores hacen énfasis en la importancia de evitar el dolor, algunos estudios mencionan que solo se aplique anestesia local cuando los diámetros de las agujas utilizadas son mayores, una propuesta en contra indica que el dolor no es más fuerte que en una punción venosa. Giner y Casan

en su artículo dolor durante la punción arterial, realizaron una comparación entre la punción arterial con anestesia, sin anestesia y con placebo, así como compararon el dolor entre la punción arterial y la venosa. El dolor lo cuantificaron con una escala visual de 0 a 10, preguntando posterior a la punción la magnitud del dolor que habían presentado, tomaron una muestra de 210 pacientes 139 hombres y 71 mujeres, de edades entre 61 +- 23 años. Encontraron que el dolor fue más significativo en los pacientes con punción arterial sin anestesia, que en los de punción arterial con anestesia, así como encontraron una disminución significativa del dolor con la punción venosa comparado con la arterial, sin embargo en su estudio concluyen que se recomienda la toma de gasometría arterial con anestesia local para disminuir el dolor en caso de que necesiten hacer varias punciones para obtener la muestra.<sup>(17)</sup> Por lo que en el presente estudio, tratara de determinarse, si la toma de gasometría venosa, puede sustituir en algunos pacientes la realización de punción arterial para la determinación del estado ácido base.

El análisis de gases sanguíneos tiene un importante papel en el abordaje y estudio de los pacientes con enfermedades respiratorias y metabólicas severas, en particular para la determinación exacta del pH. La punción arterial es sin embargo a menudo muy dolorosa y lleva el riesgo de complicaciones locales como el desarrollo de un hematoma, infección, oclusión y embolismo de la arteria con el consecuente daño por isquemia de los dedos<sup>(17)</sup>.

Además el procedimiento lleva pequeños pero significantes riesgos para el personal de salud, con los consecuentes riesgos de transmisión hematológica de algunas infecciones como virus de la hepatitis B o C y VIH.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este estudio se realizará para determinar el grado de correlación que existe entre el pH arterial y el venoso para demostrar que el pH venoso puede ser usado como una alternativa del valor arterial en la determinación del estado ácido base de los pacientes que ingresan al servicio de Medicina Interna del Hospital Central Norte

## JUSTIFICACIÓN.

En la práctica diaria del servicio de Medicina Interna, para el abordaje adecuado un plan diagnóstico y terapéutico de los pacientes, se hace necesaria la realización de estudios de laboratorio complementarios, después de un interrogatorio detallado, historia clínica, y verificar el motivo de ingreso a hospitalización.

Para determinar el equilibrio ácido base, es necesaria la realización de una gasometría arterial como parte del protocolo diagnóstico. En este estudio se puede determinar el equilibrio ácido base mediante la medición del pH,  $\text{HCO}_3$  y  $\text{PCO}_2$ ; mediante la determinación del anion gap o con la determinación del exceso de base. Además la utilidad de la gasometría arterial es para determinar el grado de oxigenación, saturación y el cálculo de la diferencia alveolo arterial del paciente, en el cual es conveniente el estudio de sangre arterial, en pacientes con insuficiencia respiratoria o alteraciones en el intercambio de gases sanguíneos.

Sin embargo uno de los inconvenientes de este auxiliar de diagnóstico es que la toma es de sangre arterial, la cual como se menciono anteriormente es un proceso doloroso, y que tiene complicaciones potenciales tanto para el paciente como para el personal que realiza el estudio <sup>(17)</sup>,

Se han hecho pocos estudios acerca de la utilidad de la gasometría venosa para determinar problemas ácido-base, encontrando resultados a favor, por lo que el objetivo del estudio es comparar ambos procedimientos, para verificar en pacientes susceptibles, que no tengan problemas de intercambio de oxígeno a nivel respiratorio; la presencia de desequilibrio ácido base, tomando como variables principales el pH, el bicarbonato y la  $\text{pCO}_2$ .

Siendo así más factible, la toma de gasometría venosa, en el momento de canalizar al paciente una vena periférica, disminuyendo el número de punciones y de manera secundaria el número de complicaciones al paciente, y disminuir el riesgo de contraer infecciones para el personal de salud del hospital.

## **HIPÓTESIS**

Hipótesis General.

La gasometría venosa es igual de eficaz y efectiva que la gasometría arterial para determinar el estado ácido base de los pacientes que ingresan al servicio de Medicina Interna.

Hipótesis nula.

La gasometría venosa no es igual de eficaz ni efectiva que la gasometría arterial para determinar el estado ácido base de los pacientes que ingresan al servicio de Medicina Interna. .

## OBJETIVOS.

### Objetivo General.

Comparar si la gasometría venosa es igual de eficaz que la gasometría arterial para el diagnóstico del estado ácido base en relación a la medición del pH,  $\text{PCO}_2$  y  $\text{HCO}_3$ , en los pacientes hospitalizados del servicio de medicina interna del Hospital Central Norte.

### Objetivos específicos.

1. Comparar la precisión de resultados obtenidos por gasometría venosa contra arterial, en cuanto a la medición de pH,  $\text{pCO}_2$  y  $\text{HCO}_3$ .
2. Determinar si existe variación significativa entre los valores de pH,  $\text{PCO}_2$  y  $\text{HCO}_3$  de sangre arterial y venosa para diagnosticar problema ácido base.
3. Comparar el dolor del paciente con la toma de sangre venosa y la toma de sangre arterial con una escala visual análoga.
4. Detectar cuales son las patologías a las que se puede aplicar esta técnica de muestra.

## **MATERIAL Y MÉTODOS.**

Tipo y diseño del estudio.

Es un estudio prospectivo, transversal, comparativo, observacional

Universo.

Pacientes ingresados al servicio de Medicina interna por el servicio de urgencias del Hospital Central Norte a quienes se realizaran muestras de sangre arterial y venosa durante el periodo del primero de abril del 2008 al 30 de junio del 2008 que cumplan con los siguientes criterios:

Criterios de selección.

Criterios de Inclusión

1. pacientes que ingresen al hospital central norte con la sospecha de desequilibrio ácido base, sin problema respiratorio
2. mayores de 16 años.
3. que cuenten con gasometría arterial y venosa
4. con maniobra de Allen con suficiencia arterial
5. Toma de temperatura y registrarla en la solicitud de gasometría.

Criterios de exclusión

1. Pacientes con maniobra de Allen sin suficiencia arterial
2. Que provengan del servicio de terapia intensiva.
3. Enfermedad mental o estado agresivo del paciente

4. Inestabilidad hemodinámica, con necesidad de determinar oxigenación e intercambio gaseoso.
5. Menores de 16 años.
6. Que sólo tengan gasometría arterial como única muestra al momento del ingreso.
7. muestras cuyo volumen original sea menor de 0.4 ml el cual impide el análisis.
8. Muestras que tengan evidencia de coágulos o de hemólisis.

#### Criterios de Eliminación

1. Pacientes con descompensación respiratoria durante la evolución del paciente.
2. Tiempo de proceso de toma de la muestra a análisis mayor de 15 minutos. .
3. Ausencia de gasometría arterial o venosa al momento del análisis.
4. variabilidad de los datos del paciente en el reporte gasometrico
5. Ausencia del registro de la temperatura real del paciente.
6. Muestras que no hayan sido medidas en forma simultánea.

## Muestra:

Se incluirán a todos los pacientes que cumplan con los criterios antes mencionados , que se hospitalicen en el servicio de Medicina Interna. Se calculo un universo de 160 pacientes que es el número de ingresos que hubo en el mes de abril del 2008, se calculó un error máximo aceptable de 5, con un porcentaje estimado de muestra de 50%, con un nivel de confianza de 95%, Se calculo un tamaño de muestra de 113.16 con un error estándar de 5.0123%.

## Variable

Variables estadísticas			
Variable	Tipo de Variable	Definición Conceptual	Valores de Medición
Gasometría arterial	Independiente Cualitativa dicotómica	Muestra de sangre arterial para análisis de gases sanguíneos	Procesamiento de una muestra en sangre arterial con equipo stat
Gasometría venosa	Independiente Cualitativa dicotómica	Muestra de sangre venosa para análisis de gases sanguíneos	Procesamiento de una muestra en sangre venosa con equipo stat
pH arterial	Dependiente Cuantitativa continua	Logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones en sangre arterial	Procesamiento de una muestra en sangre arterial con equipo stat
pH venoso	Dependiente Cuantitativa continua	Logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones en sangre venosa.	Procesamiento de una muestra en sangre venosa con equipo stat
HCO <sub>3</sub>	Dependiente	Bicarbonato en	Procesamiento de

arterial	Cuantitativa continua	sangre arterial	una muestra en sangre arterial con equipo stat
HCO <sub>3</sub> venoso	Dependiente cuantitativa continua	Bicarbonato en sangre venosa	Procesamiento de una muestra en sangre venosa con equipo stat
pCO <sub>2</sub> arterial	Dependiente Cuantitativa continua	Presión parcial de oxígeno en sangre arterial	Procesamiento de una muestra en sangre arterial con equipo stat
pCO <sub>2</sub> venoso	Dependiente Cuantitativa continua	Presión parcial de oxígeno en sangre venosa	Procesamiento de una muestra en sangre venosa con equipo stat
Dolor en punción arterial	Independiente Cualitativa ordinal	Experiencia emocional desagradable, en la obtención de muestra de sangre arterial	Escala visual análoga
Dolor en punción venosa	Independiente Cualitativa ordinal	Experiencia emocional desagradable, en la obtención de muestra de sangre venosa	Escala visual análoga

## Metodología.

### Características del grupo.

El servicio de medicina interna del Hospital central norte, cuenta con un promedio de 25 pacientes en el servicio de hospitalización, muchos de ellos considerados con criterios para el diagnóstico de desequilibrio hidroelectrolítico, su promedio de edad es entre los 20 años y los 80 años, por lo que se puede contar con un grupo heterogéneo de pacientes. Por lo tanto la disponibilidad de sujetos de estudio es adecuada para cualquier proyecto de investigación que se piense realizar.

### Asignación. Descripción del programa de trabajo métodos y procedimientos.

Se realizará un estudio transversal, comparativo concurrente, prospectivo y observacional analizando la eficacia, entre dos muestras de gases sanguíneos, una de sangre arterial y la otra de sangre venosa.

Los pacientes que cumplan los criterios de selección durante su ingreso al servicio de medicina interna canalizados del servicio de urgencias, se les tomara muestras sanguíneas en cantidad de 1 ml. Mediante punción arterial directa y muestra venosa. Al momento de canalizar al paciente. Se llevara acabo con jeringas de 1 ml. Impregnadas con heparina de 1000U (sin dejar restos de heparina en la jeringa antes de la toma) y se analizarán inmediatamente en el gasómetro del hospital central norte. Con diferencia máxima de 15 minutos entre la toma de la muestra y el análisis de la misma. Los resultados obtenidos se vaciaran posteriormente en una hoja de recolección de datos para su análisis estadístico posterior.

Las muestras serán analizadas en el equipo Stat convencional, que consiste en un analizador de gases sanguíneos. El cual cuenta con un dispositivo para aspiración de la muestra, se selecciona la opción de aspiración de 195 microlitros de sangre y posteriormente los resultados se expondrán en una pantalla de cristal líquido y se imprimirán a través de su dispositivo interno de análisis. El proceso de calibración se lleva a cabo de manera automática cada 4 horas.

Métodos e instrumentos para la recolección de datos.

Se tomarán gasometrías arteriales y venosas de manera simultánea a los pacientes ingresados al servicio de medicina interna por el servicio de urgencias. Previa autorización por consentimiento informado ( Anexo 2) y se vaciará la información en la hoja de recolección de datos (Anexo 3).

Plan de tabulación y análisis de datos

Para el análisis de los datos se usará el paquete estadístico STATSTM V2 para calcular las medias y desviaciones estándar de las variables de estudio. Se aplicará la prueba T de student para comparar promedios entre dos grupos. A un nivel de significancia de 0.05.

Análisis estadístico.

La correlación entre las variables se realizará con la correlación de Pearson. Ya que este tipo estadístico puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables si ambas utilizan una escala de medida a nivel de intervalo. Y se valorará la concordancia entre resultados mediante el análisis de bios bland-altman.

Consideraciones éticas.

Se analizarán todas las gasometrías tomadas en el servicio. Al ingreso del paciente mediante consentimiento informado y de acuerdo a la declaración de Helsinki.

Ámbito geográfico en el que se desarrollará la investigación.

Es un estudio unicéntrico, que se realizará en el hospital de concentración del Hospital Central Norte Azcapotzalco, en el servicio de Medicina interna. Y el servicio de urgencias. En el Distrito Federal. México.

Recursos.

Humanos

- Residentes de Medicina Interna del Hospital Central Norte Azcapotzalco
- Médicos del servicio de urgencias del Hospital Central Norte.
- Personal de enfermería.
- Químicos de laboratorio.

Materiales

- Jeringas de calibre 25 G
- agujas de calibre 20 G
- heparina de 1000 unidades.
- torundas de alcohol
- Guantes desechables

Financieros.

- Ninguno.

Límite temporal para la realización del protocolo.

- Del 1ro de abril del 2008 al 30 de junio del 2008.

## Resultados.

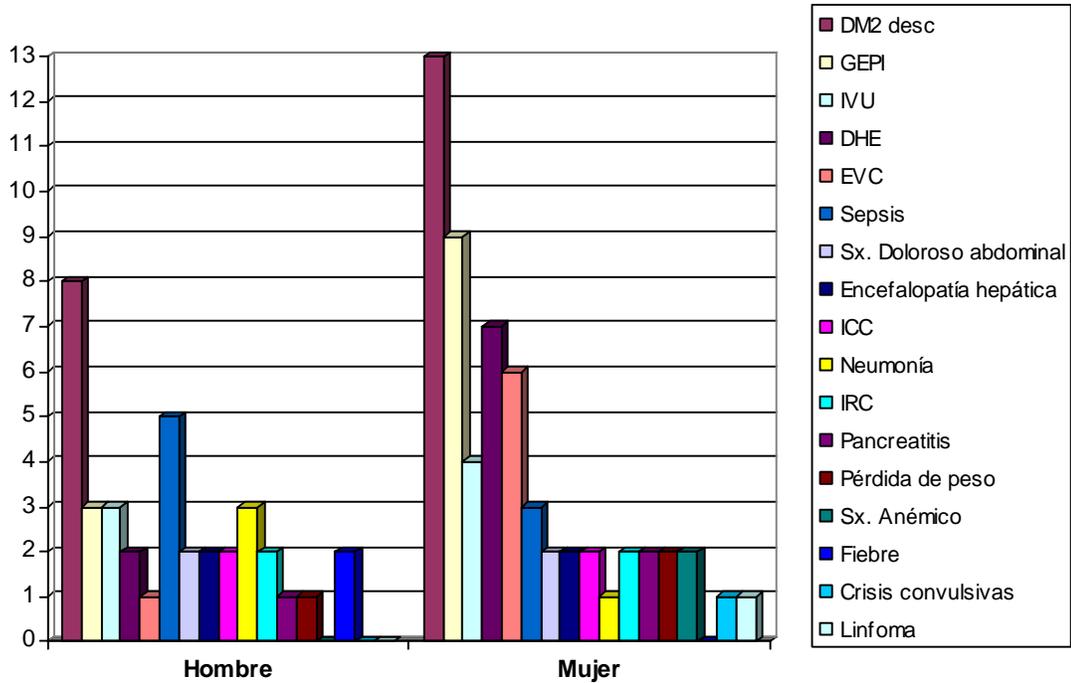
Se tomaron un total de 116 muestras, no aleatorizadas de forma consecutiva, de pacientes que cumplieron los criterios de selección durante su ingreso al servicio de medicina interna canalizados del servicio de urgencias, se les tomo muestras sanguíneas en cantidad de 1 ml. Mediante punción arterial directa y muestra venosa. Al momento de canalizar al paciente. Se llevo acabo con jeringas de 1 ml. Impregnadas con heparina y se analizaron inmediatamente en el gasómetro del hospital central norte. Con diferencia máxima de 15 minutos entre la toma de la muestra y el análisis de la misma. Posterior a la toma de cada una de las muestras se pidió a cada paciente evaluara el dolor, mostrándole la escala visual análoga, dando una puntuación al mismo.

Los resultados de las muestras se vaciaron en una hoja de recolección de datos los cuales fueron posteriormente analizados.

El estudio fue aprobado por el comité de ética del hospital central Norte Azcapotzalco.

De las 116 muestras de gasometría arterial y venosa 48 muestras fueron de hombres y 68 mujeres, Los diagnósticos de ingreso del paciente fueron 17.3 por hemorragia de tubo digestivo alto, 18.5% por diabetes mellitus 2 descontrolada, 10.3% por gastroenteritis, infección de vías urinarias 6.03%, desequilibrio hidroelectrolítico por hiponatremia 7.85, evento vascular cerebral isquémico 6.03 % , sepsis 6.5%, síndrome doloroso abdominal 3.44%, encefalopatía hepática 3.44%, insuficiencia cardiaca congestiva 3.44, neumonía 3.44 % , insuficiencia renal crónica 3.44%, pancreatitis 2.7%, pérdida de peso 2.7%, síndrome anémico 1.76%, fiebre en estudio 1.76%, secundario a cáncer 0.86%. y por crisis convulsivas 0.86%.

## Diagnóstico de Ingreso por Sexo



1

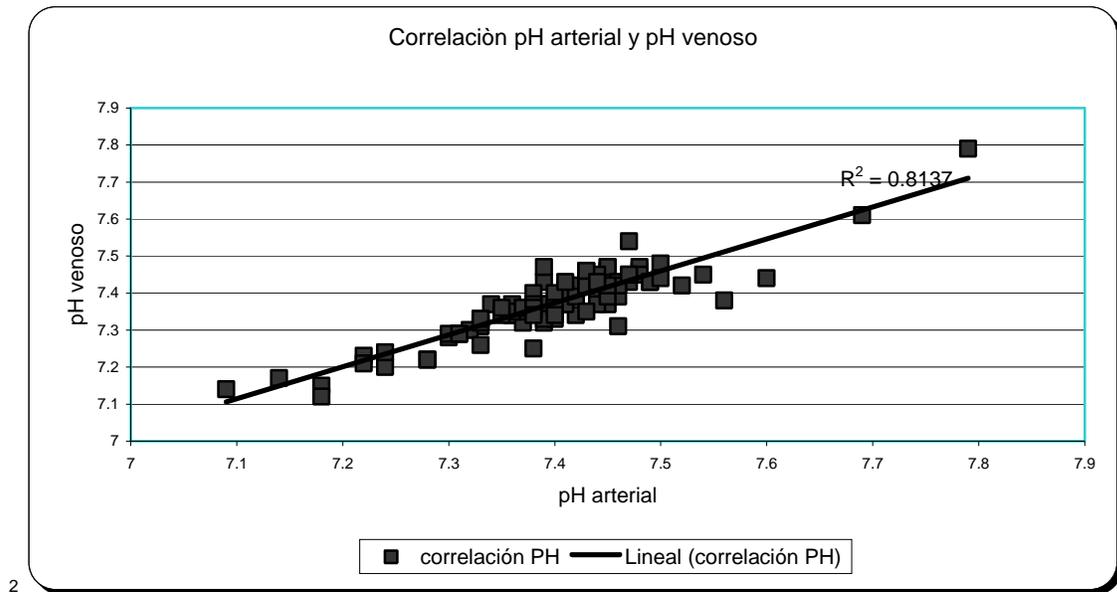
<sup>1</sup> Gráfica 1. Distribución de muestras por diagnóstico de ingreso.

De las 116 muestras, la media, el rango y la desviación estándar se muestran en la siguiente tabla.

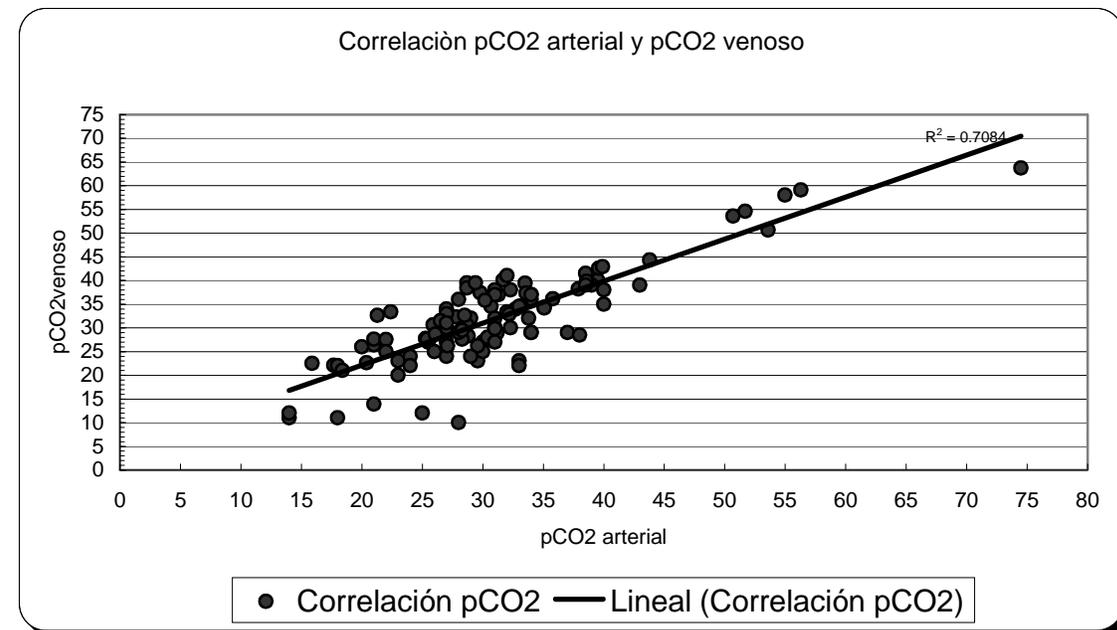
	No.	Media	Rango	Desv. Estándar
pH arterial	116	7.39	7.09-7.79	0.418
pH venoso	116	7.39	7.12- 7.79	0.383
pCO2 arterial	116	30.87	14-74.5	8.7
pCO2 venoso	116	31.57	10-63.7	9.2
HCO3 arterial	16	18.9	6-35.9	4.935
HCO3 venoso	116	19.003	4.3-35.1	4.632

De las 116 muestras, 84 correspondieron a acidosis metabólica o respiratoria y 32 correspondieron a alcalosis metabólica o respiratoria. Y cada una de ellas se

analizaron por medio de la correlación de Pearson obteniéndose los siguientes resultados:

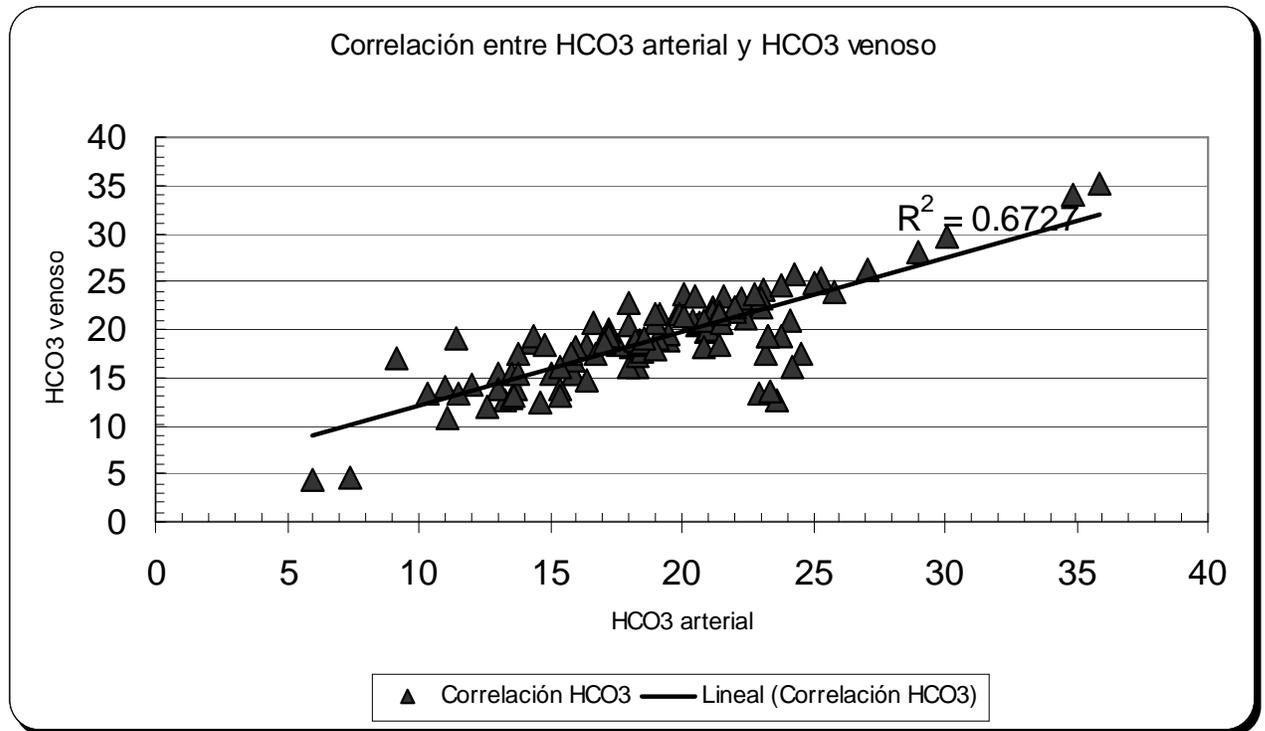


<sup>2</sup> Gráfica 2 . Correlación de Pearson pH



3

<sup>3</sup> Gráfica 3. Correlación de Pearson PCO2



4

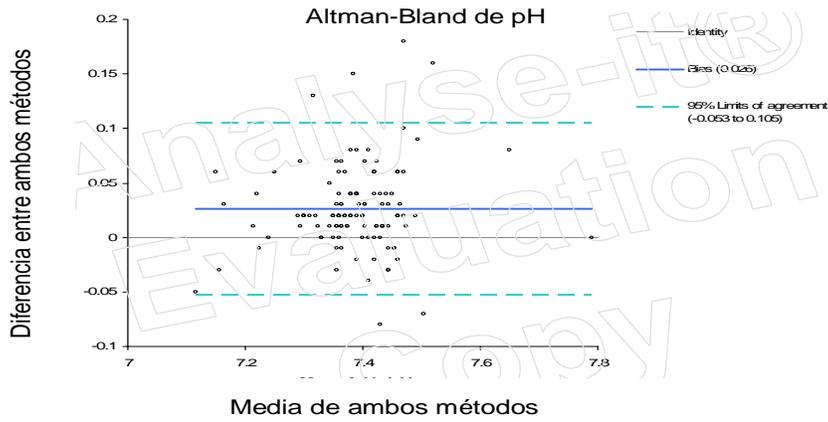
<sup>4</sup> Gráfica 4. Correlación de Pearson HCO<sub>3</sub>

Variable	Correlación de PEARSON
pH	0.90204
pCO <sub>2</sub>	0.82019
HCO <sub>3</sub>	0.84166 <sup>5</sup>

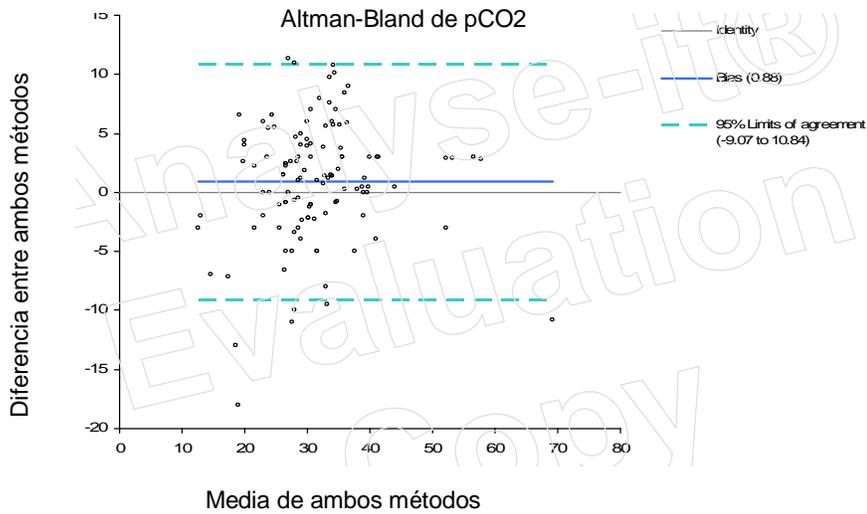
<sup>5</sup> Tabla2. Correlación de Pearson por variables.

Los valores de pH en muestras arteriales y venosas tuvieron la siguiente correlación (r=0.90) para pH, ( r = 0.82) para pCO<sub>2</sub> y ( r=de 0.84) para HCO<sub>3</sub>.

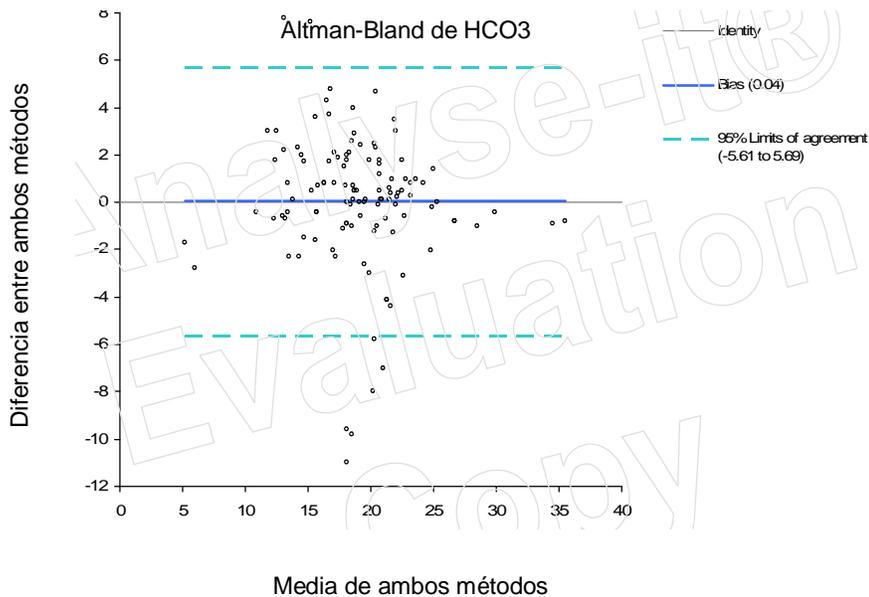
Y la concordancia entre las variables se analizó mediante El método de Bland-Altman. Mostrando los siguientes resultados.



<sup>7</sup> Grafica 5.-Tendencia de bland- Altman, que muestra concordancia entre el pH arterial y venoso y los limites del 95% de concordancia.



<sup>8</sup> Grafica 6.-Tendencia de bland- Altman, que muestra concordancia entre el pCO<sub>2</sub> arterial y venoso y los limites del 95% de concordancia.



<sup>9</sup>Grafica 7.-Tendencia de bland- Altman, que muestra concordancia entre el HCO<sub>3</sub> arterial y venoso y los límites del 95% de concordancia.

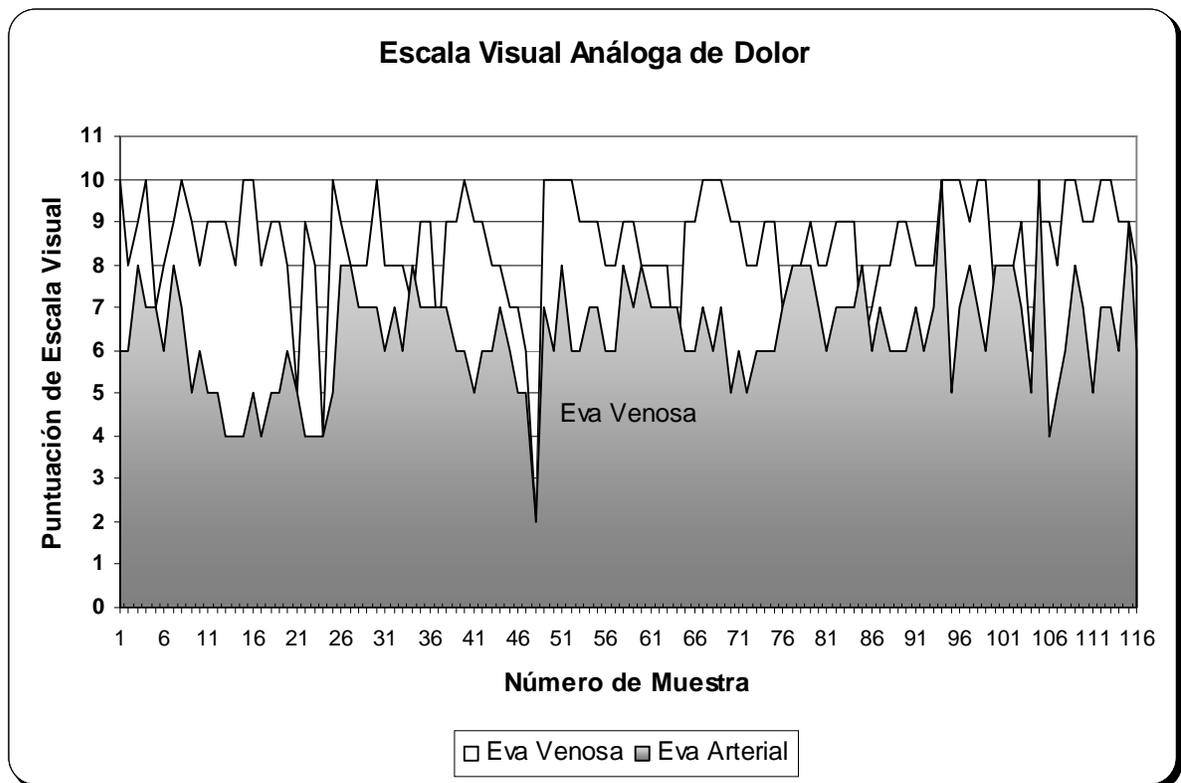
	No.	Diferencia venosa-arterial	95% de limite de confianza
pH	116	0.13	-0.053 a 0.105
pCO <sub>2</sub>	116	-0.11	-9.07 a 10.84
HCO <sub>3</sub>	116	-0.19	-5.61 a 5.69

<sup>10</sup>Tabla 3. Intervalo de Confianza

Altman y Bland sugieren analizar nuevamente las pruebas cuando se encuentra que existe una correlación importante. Mostrándolo de manera visual con una gráfica de tendencia denominada Bland-altman, que traza la diferencia entre las pruebas contra un valor del resultado verdadero de la prueba (considerado como la media de la prueba)<sup>(10)</sup> En las graficas se puede observar que existe una concordancia excelente, en un intervalo de confianza del 95% con una diferencia

para pH de 0.13 (-0.053 a 0.105), para pCO<sub>2</sub> de -0.11 ( -9.07 a 10.84) y para HCO<sub>3</sub> de -0.19. (-5.61-5.69)

Para cuantificar la intensidad del dolor se utilizó una escala visual analógica (EVA), compuesta por una línea horizontal de 10 cm de longitud, con dos únicas señales en los extremos, en el lado izquierdo un “0” señalaba la ausencia de dolor y en el lado derecho un “10” señalaba un dolor máximo imaginable. La sensación dolorosa se cuantificó al finalizar el procedimiento, solicitando al paciente que señalara sobre la escala la intensidad del dolor que había experimentado, los resultados se utilizó un análisis de varianza con comparación de medias para datos independientes y un test de T Student para datos independientes.



11

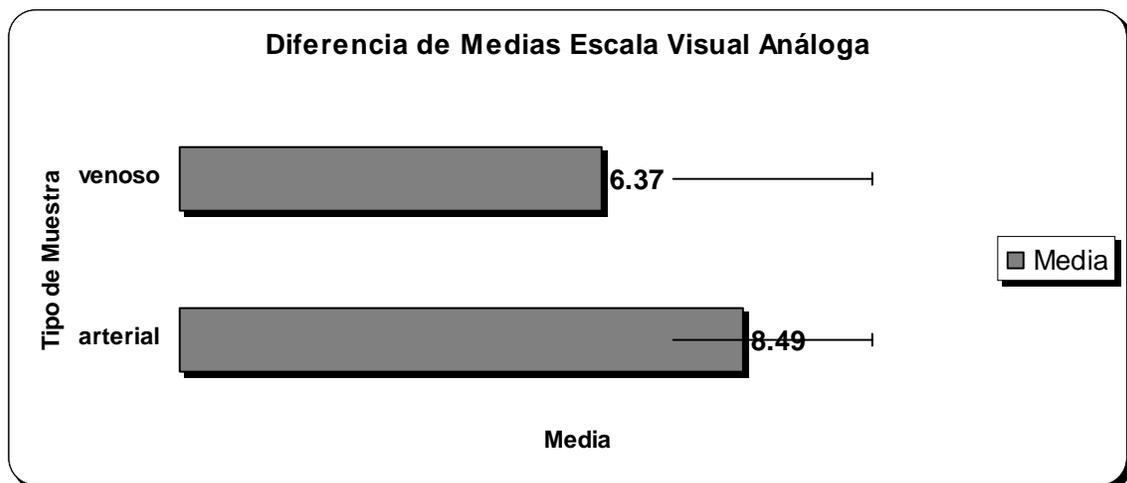
<sup>11</sup> Gráfica 8. Puntuación de Escala Visual Analógica.

La diferencia de medianas se observa en la siguiente tabla:

Escala Visual Análoga	Muestras	Media
arterial	116	8.491
venoso	116	6.371 <sup>13</sup>

<sup>12</sup> Tabla 4. Medias de Escala visual Análoga

Se evaluó a 116 pacientes sobre la intensidad del dolor y se encontró una mediana de dolor de 8.41 para los pacientes con punción arterial y una mediana de 6.371 en pacientes con punción venosa.



<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Gráfica 9. Diferencia de Medias Escala Visual Análoga.

## Discusión.

Una parte importante de la evaluación del estado clínico del paciente en el servicio de medicina interna, es el análisis del pH, el  $pCO_2$  y el bicarbonato, sin embargo; no siempre puede ser práctico obtener muestras arteriales, en particular al ingreso del paciente e inicio del tratamiento. Principalmente por que los pacientes no se encuentran con una línea arterial, de donde se tenga un fácil acceso para muestras sanguíneas, sin embargo aunque exista un riesgo pequeño de complicaciones, es significativo, por lo que el propósito de este estudio, se basa en determinar, si es posible, que la gasometría venosa nos brinde la misma información en cuanto a la presencia o no de desequilibrio ácido base en el paciente al momento del ingreso, mediante la determinación de pH,  $pCO_2$  y bicarbonato, encontrando como resultados en este estudio, una fuerte correlación entre los valores antes descritos ya sea de sangre arterial o venosa, con una p de 0.005 que nos indica que de cada 100 muestras el 95% saldrá con resultados similares además de un 95% de intervalo de confianza, deduciendo así que se podría permitir la toma de gasometrías venosas para ser usadas para medir estas variables, evitando así la necesidad de punción arterial.

Middleton y cols. Realizaron un estudio en el departamento de medicina de emergencia en el hospital Western, en Australia, donde valoraron si existía una correlación entre el valor de pH , bicarbonato, exceso de base y lactato en muestras venosas centrales y arteriales, incluyeron a 168 pacientes y la diferencia media de los valores de pH arterial y venoso fue de 0.03, para bicarbonato de 0.52 , de lactato de 0.08 y de exceso de base de 0.19, siendo todas aceptables entre el 95% de límite de confianza establecido, encontraron además que el exceso de base es una manera de expresar el componente metabólico de desequilibrio ácido base, y puede ser interpretado como la cantidad de álcali o ácido para devolver el plasma in Vitro a un pH normal en condiciones estándar , encontraron valores similares para bicarbonato y  $PCO_2$ , sin embargo encontraron diferencias substanciales en los valores de lactato <sup>(10)</sup>, atribuyendo diferencias de el mismo probablemente a la diferencia de extracción en sangre periférica y central como factor de error, por lo que el lactato no fue considerado en este estudio.

Con ese estudio y el nuestro, los resultados implican que las medidas arteriales y venosas de pH, bicarbonato, pCO<sub>2</sub> pueden ser suficientes para ser clínicamente permutable en muchos pacientes. Esto permitirá la opción en los médicos realizar un muestreo en sangre venosa, en cuanto se realicen las maniobras para lograr un acceso vascular al ingreso del paciente, permitiendo así en una sola toma de muestra de sangre venosa cubrir todas las necesidades de análisis clínicos, evitando la punción arterial, y reducir potencialmente la probabilidad de exposición de sangre al personal de salud.

Aunque las variables estudiadas, tuvieron adecuada significancia estadística, y que se haya obtenido niveles aceptables para realizar este tipo de estudio, las características clínicas del paciente determinaran o no el funcionamiento de la prueba, ya que existen determinadas patologías como es el caso de la tromboembolia pulmonar, insuficiencia respiratoria aguda, choque séptico con daño a órgano blanco, donde es inherentemente necesario la determinación del índice de oxigenación, haciendo forzosa la toma de sangre arterial. Así que estableciendo los límites clínicos aceptables en cada paciente se determinará o no si el muestreo venoso puede ser aceptado como una alternativa de la toma arterial para estas variables. .

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones que deberían ser consideradas interpretando los resultados. Estudiamos una muestra de conveniencia de pacientes adultos en el servicio de medicina interna, lo que probablemente difiera de resultados a la población en general, sin embargo da pauta a que se realice en tiempo posterior un ensayo clínico controlado en pacientes con designación aleatoria estratificada para dar mayor validez a los resultados. La muestra es razonablemente pequeña.

En algunos pacientes como se mencionaba no puede ser traspolado el resultado, por ejemplo en pacientes con choque severo, la diferencia alveolo arterial puede aumentar en un factor de 3, pesar de que se encuentra a nivel venoso un transporte de oxígeno normal. Esto fue demostrado en un pequeño estudio realizado por Adroque, et al. Donde demostró que la relación entre pH arterial y venoso, es más pobre en pacientes con compromiso hemodinámico severo<sup>(12-13)</sup>. Lo cual es necesario al momento de la evaluación primaria, aclarar si se podría recomendar la substitución rutinaria de arterial a venosa.

Otros errores que se deben de tomar en cuenta es el tipo de jeringa utilizada para la punción venosa, ya que si es una jeringa precargada con heparina, probablemente haya variación con una jeringa que se carga de manera manual, siendo un posible error cargarla de manera errónea con heparina de 5000 u , o con heparina de 10000 U. Concluimos que el dolor de la punción arterial es mas severo que en los pacientes con punción venosa, y que el dolor incrementa aún más de acuerdo al número de punciones realizadas, siendo además después de la primera punción incrementándose la cantidad de dolor y posibilidad de hacer el procedimiento más difícil considerando más consumo en el tiempo.

## CONCLUSIÒN

En el presente estudio se concluye que, el pH venoso, el bicarbonato y la PCO<sub>2</sub>, y el pH, bicarbonato y pCO<sub>2</sub> arterial, se encuentran dentro de límites pequeños de manera aceptable en el 95 % de las veces. . Nuestros resultados sugieren que valores venosos de las variables antes descritas pueden ser un sustituto aceptable de los valores de sangre arterial.

Para concluir el pH venoso, el bicarbonato y la valoración PCO<sub>2</sub> pueden sustituir la realización de gasometría arterial en la evaluación inicial del paciente al momento de su ingreso.

El análisis de gases en sangre arterial es el método estándar para obtener la evaluación clínica ácido-base<sup>(14-16)</sup>. El muestreo arterial es sin embargo doloroso y lleva un pequeño riesgo de complicaciones vasculares para el paciente. Esto también requiere una punción adicional de los vasos, exponiendo así al personal médico y de enfermería a un riesgo mayor de heridas e infecciones<sup>(11)</sup>.

Sin embargo este estudio, junto con los analizados no han ganado amplia aceptación. El estudio mostró un nivel alto de correlación y concordancia. La diferencia media entre las pruebas de unidades de para pH de 0.13 (-0.053 a 0.105), para pCO<sub>2</sub> de -0.11 ( -9.07 a 10.84) y para HCO<sub>3</sub> de -0.19. (-5.61-5.69), que son de manera aceptable estrechos. El nivel alto de concordancia mostrada sugiere que la valoración de pH venoso puede ser un sustituto aceptable de una valoración arterial.

## ANEXO 1 Cronograma de actividades

Fecha	Acción	Recurso humano
01 de abril del 2008 al 30 de junio del 2008	Toma de gasometrías arteriales y venosas	Médicos residentes
01 de abril al 30 de Abril del 2008	Recolección de información del protocolo de investigación <ul style="list-style-type: none"> <li>- recopilación de artículos</li> <li>- búsqueda de libros</li> <li>- revisión de técnica de toma de gasometría.</li> </ul>	Yo
30 de abril del 2008	Revisión por profesor tutor	Dr. Luis Castro
1 de Mayo al 30 de mayo del 2008	Estructurar diseño del estudio. <ul style="list-style-type: none"> <li>-Marco teorico,</li> <li>-antecedentes.</li> <li>-Planteamiento de la hipótesis</li> <li>-Establecer objetivos generales y específicos.</li> <li>-determinar tamaño de muestra.</li> </ul>	
30 de mayo del 2008	Revisión y corrección del profesor tutor	Dr. Luis Castro Dr. Fernando Rogelio Espinosa.
1 de julio a 15 de julio del 2008	-vaciamiento de datos de gasometrias. -clasificar entre obtenciones arteriales y venosas -determinar diagnósticos de ingreso de pacientes.	
16 de Julio al 30 de julio	-análisis de variables -análisis estadístico -discusión y resultados.	
1 de agosto del 2008	Entrega del protocolo.	

Anexo 2. Consentimiento Informado



**DIRECCION CORPORATIVA DE  
ADMINISTRACIÓN**

**SUBDIRECCIÓN CORPORATIVA DE  
SERVICIOS MEDICOS**

**HOSPITAL CENTRAL NORTE**

**Forma CI-FO-001**

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Nombre \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ paciente:  
Ficha: \_\_\_\_\_

**CONSIENTO  
MEDICINA INTERNA**

En que se me realice **REALIZACIÓN DE GASOMETRÍA ARTERIAL Y VENOSA.**

**Como beneficio** La monitorización de los gases sanguíneos arteriales y venosos, y determinar el estado ácido base, para poder tener un adecuado abordaje a mi padecimiento, **TÉCNICA:** Con la previa administración de anestesia local y limpieza del área, localizada en la muñeca a nivel de la arteria radial se introduce una aguja y posteriormente se realice toma de muestra arterial. Posteriormente mientras se realiza canalización de vena periférica y toma de muestras de sangre venosa, obtención de gasometria venosa.

**Como riesgo** Como todo procedimiento invasivo puede presentar complicaciones dentro de las que se incluye, dolor en el sitio y momento de la punción, necrosis, isquemia, infección, enfisema subcutáneo, trombosis .

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y que comprendo el alcance y los riesgos del tratamiento.

En pleno uso de mis facultades, autorizo el tratamiento y/o procedimiento bajo los riesgos y beneficios previamente enunciados.

Me reservo expresamente el derecho a revocar mi consentimiento en cualquier momento antes de que el procedimiento objeto de este documento sea una realidad

En México, D. F a los \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ DEL 2008

NOMBRE Y FIRMA DEL MEDICO TRATANTE

NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE

NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

ANEXO 3. Hoja de Recolección de Datos.

Hoja de Recolección de Datos											
Núm	Nombre	Ficha	Diagnóstico	Gasometría Arterial				Gasometría Venosa			
				pH	pCO2	HCO <sub>3</sub>	Escala Visual análoga	pH	pCO2	HCO <sub>3</sub>	Escala visual análoga.
1	Hector Montaña Nolasco	249966-05	Perdida de peso	7.39	34	20.6	10	7.37	36	20.5	6
2	Laura Verónica Carrillo	780261-00	IVRB,	7.38	32.7	19.5	8	7.37	33.9	18.9	6
3	María Luisa Reyna Rendo	126771-12	GEPI	7.41	29.6	14.3	9	7.41	23.0	18.6	8
4	Joel Mejía Guerrero	1150270	HTDA	7.28	74.5	30.1	10	7.22	63.7	29.7	7
5	Ma. Estela Garcia Men.	222358-08	EVC AGUDO	7.47	28.8	20.7	7	7.54	28.3	20.8	7
6	Ma. Estela Garcia Men.	222358-08	EVC agudo	7.48	17.7	15	8	7.46	22.1	15.5	6
7	Mario Guevara Espinosa	46140-00	Neumonía	7.47	27.1	19.5	9	7.43	29.7	19.5	8
8	Alicia Romero Garcia	14960-08	Gepi	7.48	28.3	20.9	10	7.47	27.6	19.7	7
9	Carlos A. Quíñones	247845-13	EVC talámico	7.36	38.5	21.2	9	7.34	41.5	22.2	5
10	Lamberto González S	175656-00	Sepsis	7.14	53.6	18.1	8	7.17	50.6	18.1	6
11	Crispina Villa Barragan	589298	sepsis	7.35	35.8	19.5	9	7.35	36.1	19.6	5
12	Samyr ocampo	3583620	fiebre	7.34	40	21	9	7.37	35	20	5
13	Raul Robles		Encefalopatía	7.39	18	11	9	7.43	22	14	4
14	Crispina Villa Barragan	589298-08	IRC	7.33	31.3	16.4	8	7.31	37	18.3	4
15	Eutiquio Flores Pérez	34363-00	DM2 desc	7.41	25.5	15.9	10	7.37	27.0	15.5	4
16	Martha Chavez	856089-00	HTDA	7.41	25.3	15.9	10	7.39	27.7	16.7	5
17	Molina Gonzalez Victoria	143446-00	CAD	7.44	27.1	18.3	8	7.40	26.2	16	4
18	Nicolas Rodríguez Ruiz	244737-00	ICC	7.40	28.1	17.2	9	7.38	32	19	5

19	Said Jacobo Blanco	127993-00	Pancreatitis B C.	7.69	21	16.6	9	7.61	13.9	20.6	5
20	Delgado Lopez Teresa	46158-08	Edo. Hiperosm	7.24	14	6	8	7.20	11	4.3	6
21	Rosa Estrada Vargas	245821-06	HTDA	7.45	43	29	5	7.47	39	28	5
22	Edgar Carballo Rosado	053967-00	Hipoglucemia	7.45	33.8	23.1	9	7.46	32	24.1	4
23	María Herrera Rangel	196113-06	Hiponatremia	7.45	31	23	8	7.44	30	22.4	4
24	Virginia Capetillo Melende	053126-08	Hipoglucemia	7.39	27	18	4	7.37	24	16	4
25	Salazar Becerril Maria	997276	DHE	7.41	55	34.9	10	7.38	58	34	5
26	Aaron Velazco	4671438	GEPI	7.31	31.2	15.4	9	7.29	29	13.9	8
27	Jose Enrique Mora Vazque	5638210	STDA	7.45	25.9	17.6	8	7.39	30.6	18.3	8
28	Pedro Valentino	1964680	Diarrea Crónica	7.33	35.1	18.5	8	7.33	34.3	17.6	7
29	Magdalena Villalobos	2409726	IVU	7.45	32	20.4	8	7.41	33.4	20.9	7
30	Ma. Teresa Graciél Osorio	3877716	GEPI,	7.36	39.5	22	10	7.36	39.5	22.2	7
31	Rosa Isela Macías	1758200	LINFOMA QT	7.41	25.5	15.9	8	7.37	27	15.5	6
32	Berta Mora	644808	GEPI	7.41	25.3	15.9	8	7.39	27.7	16.7	7
33	Ma. Juana Ramirez P	2478700	EVC Isquemico	7.42	21.3	13.8	8	7.34	32.6	17.4	6
34	Raul Hernández Rodríguez	1304500	STDA	7.36	33.2	18.4	7	7.35	34.6	18.9	8
35	Miguel Castro Reza	487070	DM2 descontrolada	7.37	21	12	9	7.34	26.4	14.2	7
36	Gracia Elena Gaytan Ortiz	1360828	Hiponatremia, IVU	7.36	32.3	18	9	7.34	38	20.4	7
37	Lucina Serrano Amador	19620	ICC descompensad	7.39	28.7	17.2	6	7.32	39.5	20.1	7
38	Gloria Camargo Millan	4186706	Hiponatremia	7.31	31.2	15.4	9	7.29	29	13.1	7
39	Miguelina Morales	901000	IVU, FA.	7.45	31.7	21.6	9	7.39	40.1	23.4	6
40	Ma. Del Refugio Vazq.	24206908	DM2, IVU	7.38	29	17.2	10	7.40	32	19.8	6
41	Ma. Cirila J. Garduño	1785270	HTDA	7.40	31	19.2	9	7.36	38	21.5	5
42	ROBERTO ESPINOSA	6617900	PIE DIABETICO	7.32	32.3	16.4	9	7.30	30	14.8	6
43	Jose Candia Garcia	2813400	IRC en HD	7.39	37	22.4	8	7.47	29	21.1	6
44	Margarita Martinez	4508108	INSUF. CARDIA	7.38	37.9	22	8	7.37	38.2	21.9	7
45	Salvador Gutierrez	7664600	IRC en HD.	7.40	32	19.8	7	7.33	41	21.6	6
46	Jesús Medina Urruzquieta	4685725	Cardiop. Isquemica	7.42	56.3	35.9	7	7.39	59.1	35.1	5
47	BENJAMIN GARCIA	2833100	SEPSIS	7.22	18	7.4	6	7.23	11	4.6	5
48	BERTHA VELAZCO	12318206	ANEMIA NN	7.36	39.5	22.2	2	7.37	40	22.7	2

49	Alma Romero	0004320	OBSTRUCC INT	7.52	30	24.5	10	7.42	27	17.5	7
50	Eusebio Bartholome	1286100	STDA	7.38	27.8	16	10	7.36	32.3	18.1	6
51	Anselmo Gomez Guzman	1149350	Sepsis,	7.18	51.7	19.1	10	7.15	54.6	19.1	8
52	Ma. Guadalupe Rubin	4584296	STDA	7.37	39.6	22.3	10	7.35	42.6	23.3	6
53	Roberto Zaragoza B	1432130	STDA SUP. ET	7.45	21	14.4	9	7.46	27.6	19.2	6
54	Reyna Zarate Juarez	2374716	EVC ISQUEMIC	7.33	30.7	15.8	9	7.32	34.6	17.5	7
55	Alma Romero Lopez	0004320	Isquemia mesen	7.49	20	23.2	9	7.43	26	17.4	7
56	Rafael Valentin Monsalve	1102940	Demencia Alzh	7.42	39	25.3	8	7.42	39	25.3	6
57	Maria Eloisa Robles Rodr	0633490	HTDA	7.33	28	9.2	8	7.26	10	17	6
58	Maria de Refugio Novelo	1078878	Encef. Hepatica	7.28	31	14.6	9	7.22	30	12.3	8
59	Guadalupe Ramirez Parra	0204918	Pie Diabetico	7.45	33	22.9	9	7.37	23	13.3	7
60	Julio Alfredo Gallardo Coli	1223230	Enf. De crohn	7.6	33	25.8	8	7.44	22	23.8	8
61	Oscar Chavez Martinez	022228	IVU, Crisis conv.	7.43	34	27.1	8	7.46	37	26.3	7
62	Teresa de Jesus Pineda	1439630	EDO HIPEROSM	7.48	27	20.1	8	7.45	34	23.6	7
63	Manuel Reyes Jimenez	1284890	SEPSIS	7.44	34	23.3	8	7.43	29	19.2	7
64	Guadalupe Ramirez J	0204910	Hipoglucemia	7.37	23	10.3	5	7.32	20	13.3	7
65	Torres Garcia Otilia	3272220	GEPI	7.37	23	13.3	9	7.35	23	12.7	6
66	Juana Trejo Vargas	413318	EVC ISQUEMIC	7.56	27	24.2	9	7.38	27	16.2	6
67	Elvira Gutierrez Guerrer	0318548	PIE DIABETICO	7.44	28	19	10	7.37	36	20.8	7
68	J Federico Amaya Vera	398120	HTDA	7.46	31	22	10	7.39	37	22.4	6
69	Perez Gonzalez Ma. Esthe	810430	Pancreatitis	7.41	27	17.1	10	7.37	33	19.1	7
70	Galvan y Saavedra Ansel	751540	Neumonía	7.45	24	16.7	9	7.47	24	17.5	5
71	Victoria Eugenia Molina	1434460	CAD DM1	7.44	27.1	18.3	9	7.43	26.2	17.2	6
72	Catalina Lugo Castillo	2203156	DM2 DESC	7.39	28.7	17.2	8	7.33	38.4	19.3	5
73	Rodolfo Martinez Aduna	1037780	Amibiasis	7.37	33.5	19	8	7.35	39.4	21.5	6
74	Jesus Sanchez Lopez	2084285	Hipernatremia	7.38	22	13	9	7.35	27.5	15.3	6
75	Concepcion Hdez Leyva	68866	Infarto Cerebral	7.36	33.2	18.4	9	7.35	34.6	18.9	6
76	Gracia Hernandez Corona	1220366	IVU, DM2 DES	7.33	35.1	18.5	7	7.33	34.2	17.6	7
77	Cesar Hernandez Salas	480800	Fiebre en estudio	7.79	14	20.8	8	7.79	12	18.2	8
78	Alicia Bermudez	4870196	IVU, DM2	7.41	27	17.1	8	7.40	30	18.6	8
79	Marco Antonio Sanchez	1277360	HTDA	7.38	22	13.	9	7.35	25	13.8	8
80	Teodoro Diaz Gonzalez	0034620	IVU, Hiponatremi	7.46	28	19.9	8	7.43	29	21.5	7
81	Estela Marquez Mtz	1965170	Mieloma IRC	7.24	26	11.1	8	7.24	25	10.7	6

82	Maria Farias Hernandez	6980140	Duodenitis	7.40	29.8	18	9	7.40	37.4	22.7	7
83	Rebeca García Castro	875118	GEPI	7.30	30.4	13.5	9	7.28	28	12.8	7
84	Maria Olguin Castro	246036	Gastritis Erosiva	7.42	28.7	18.4	9	7.39	30.6	18.3	7
85	Cruz Silva Solis	1161860	HTDA	7.43	22.4	14.8	6	7.35	33.4	18.5	8
86	Gabriel Flores Zacarias	8411420	STDA	7.43	32.2	21.2	7	7.43	32.9	21.8	6
87	Victor Hugo Ramirez	14218515	SEPSIS	7.54	15.9	13.5	8	7.45	22.5	15.5	7
88	Ma. De Los Angeles Malvaez	2450666	Encefalopatia hepatica	7.47	25.4	18.2	8	7.45	27.6	18.9	6
89	Silvia De la Cruz	1277298	STDA	7.46	26.1	18.5	9	7.42	28.7	18.6	6
90	Myrna Barron Martinez	24498918	Perdida de peso	7.45	29.4	20.5	9	7.39	39.5	23.5	6
91	Antonio Hernandez Lugo	9289459	Esofagitis	7.49	30.2	23	8	7.43	35.8	23.3	7
92	Ma. Del Carmen Valles	3537926	STDA	7.37	43.8	25.0	8	7.36	44.3	24.8	6
93	Jorge Osorno Silva	1057517	DM2 DESC	7.40	33.6	20.8	8	7.36	37.3	20.9	7
94	Natividad Lucero Hdez	423470	DM2 Desc.	7.30	28.3	13.7	10	7.29	29.5	13.8	10
95	Ma. Del Pilar Torres	802268	Sepsis	7.43	33	21.4	10	7.42	34.5	21.8	5
96	Martha Acosta Gonzalez	2326668	GEPI	7.41	38	24.1	10	7.43	28.5	21	7
97	Rosa Gravito Torres	601750	DM2 Desc, IVU	7.46	30	23.6	9	7.31	25	12.6	8
98	Ana Maria Tinoco	784338	Crisis conv	7.35	40	19	10	7.34	38	18	7
99	Eulises Velazquez Arteaga	242610	Hipoglucemia	7.45	31	21.5	10	7.42	32	20.8	6
100	Ma. Concepción Sanchez	2228926	hiponatremiaDHE	7.35	38.6	21.4	7	7.36	39.8	21.5	8
101	Maria Herrera Patiño	864126	IVU, DM2 desc.	7.50	29.6	23.8	7	7.48	26.2	19.4	8
102	Agustin Lugo Pulido	427270	Ulcera duodenal	7.37	26.5	15.4	8	7.36	31.5	16.1	8
103	Teresa Delgado Lopez	461588	Edo hiperosmolar	7.09	50.7	18.6	9	7.14	53.6	19.1	7
104	Estela Amalia Gisela Mar	1965170	Perdida de Peso	7.38	39.9	22.8	6	7.36	42.9	23.6	5
105	Horacio Enrique Roldan	455670	Encefalopatia Hepat.	7.44	20.4	13.6	9	7.45	22.6	13.2	10
106	Jacinto Sampeiro	349040	Dolor abdominal	7.18	28.5	13.8	9	7.12	32.6	15.5	4
107	Macrina Celerina Rojas	1570628	Hiponatremia GEPI	7.47	18.4	21.4	8	7.45	21	18.4	5
108	Margarita Valle Palacios	286536	Hiperkalemica FA,	7.43	38.5	24.3	10	7.42	39	25.7	6
109	Guadalupe Juarez Tenorio	1194920	Hiponatremia, HAS	7.31	25	11.4	10	7.29	12	19	8
110	Rosa Ramirez Sanchez	1654936	Edo. Hiperosmolar	7.22	31	12.6	9	7.21	29.8	11.9	7
111	Isabel Gomez Salgado	1767416	Sx. Anemico,	7.40	29	23.4	9	7.34	24	13.6	5
112	Cayetana Susana Gomez	19836	Diarrea Cronica	7.5	31	23.8	10	7.44	27	24.6	7
113	Manuel Castillo Vilchis	1757045	STDA	7.43	34	27.1	10	7.46	37	26.3	7
114	Maria Esther Perez	810430	Pancreatitis Aguda	7.38	27	20.1	9	7.25	31	21.3	6

	Gonz										
115	Francisco Javier Aguilar	1064460	DM2 descontrolada	7.44	34	23.3	9	7.43	29	19.2	9
116	Luis Rico Rangel	532760	IVU, Deshidratacion	7.38	24	11.5	8	7.34	22	13.3	6

## Bibliografía

1. Haubi C, Moreno A, Díaz de Leon M, et-al Teoría ácido-básico de Stewart, un nuevo paradigma en Medicina Crítica. Rev Mex An, Vol. 29, 2006 pp: 240-244.
2. Equilibrio ácido-básico. En: Hernan Villarreal. Riñon y Elecrolitos. México. Librería de Medicina , 1979: pp 77-91.
3. La teoría de Stewart. Haubi SC. Teoría ácido-básico de Stewart, aplicaciones prácticas de una nueva teoría de la regulación del pH en los sistemas biológicos. México. Ed. Cigoma. 2004: pp 35-67.
4. Sirker AA, Rhodes A. Grounds RM. Acid-base physiology: The traditional and the modern approaches. Anaesthesia 2002, 57: pp 348-356.
5. Carrillo R, et al. Abordaje del equilibrio ácido-base de acuerdo al modelo fisicoquímico de Stewart. Art. De rev. Vol. 14 no. 2 Jun 2007: pp 56-63.
6. Carrillo R, Visoso P, Equilibrio ácido base. Conceptos actuales. Med Crit y Ter Int Vol. XX num. 4, 2006: pp184-192.
7. Malatesha G, Singh N, Ankur B, et. Al. Comparison of arterial and venous pH, bicarbonate, PCO<sub>2</sub>, and PO<sub>2</sub> in initial emergency department assessment. Emerg Med. J. 2007; Vol. 24: pp 569-571.
8. Agustí AGN, Roca J, Rodríguez-Roisín R, Agustí-Vidal A. Canulación radial percutánea en pacientes ambulatorios. Tolerancia y complicaciones. Arch Bronconeumol 1987; 23: pp 39-41.
9. Cinel D, Markwell K, Lee R, Szidon P. Variability of the respiratory gas exchange ratio during arterial puncture. Am Rev Resp Dis 1991; 143:217-218.
10. Middleton P, Kelly A, Brown J, Robertson M. Agreement between arterial and central venous values for pH, bicarbonate, base excess, and lactate. Emerg Med J 2006, Vol. 23: pp 622-624.

11. Valladares Mendias Jd, Castejon F, Valadez R, et al. Saccular aneurisma in arm secondary to accidental arterial puncture. *Eur J Pediatr Surg*. 2003 Vol 13: pp 266-267.
12. Kelly AM, Mc Alpine R, Kyle E. Venous pH can safely replace arterial pH in the initial evaluation of patients in the emergency department. *Emerg Med J* 2001; Vol. 18: pp 340-2
13. Ma OJ, Rush MD, Godfrey MM, et al. Arterial blood gas results rarely influence emergency physician management of patients with suspected diabetic ketoacidosis. *Acad Emerg Med* 2003; Vol.10:pp 836–41.
14. Gokel Y, Paydas S, Koseoglu Z, et al. Comparison of blood gas and acid-base measurements in arterial and venous blood samples in patients with uraemic acidosis and diabetic ketoacidosis in the emergency room. *Am J Nephrol* 2000; Vol.20: pp 319–23.
15. Rang LCF, Murray HE, Wells GA, et al. Can peripheral venous blood gases replace arterial gases in emergency department patients? *Can J Emerg Med* 2002; Vol 4. 2002: pp 001-007.
16. Kelly AM, McAlpine R, Kyle E. Agreement between bicarbonate measured on arterial and venous blood gases. *Emerg Med Australas* 2004; Vol16: pp 407–9.
17. Giner J, Casan P, Belda J, González M, Miralda M, Sanchis J. Pain During Arterial Puncture. *Chest* 1996; Vol. 110: pp 1443- 1445.