



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN BIOQUÍMICA CLÍNICA

**EFFECTO DEL TRANSPORTE MEDIANTE SISTEMA NEUMÁTICO DE ENVÍOS EN
MUESTRAS PARA DETERMINACIÓN DE GASES SANGUÍNEOS**

Tesina

QUE PARA OBTENER EL:

GRADO DE ESPECIALISTA

EN:

BIOQUÍMICA CLÍNICA

PRESENTA:

AARÓN GALINDO BUSTAMANTE

TUTOR:

EBC. Virginia Martínez Bezies



Ciudad Universitaria, UNAM, CDMX, 2023



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.

Jurado asignado:

Presidente: Dra. Marta Menjívar Iraheta

Vocal: M en C. Luis Manuel Perea Mejía

Secretario: Dra. Bárbara Itzel Peña Espinoza

1er. Suplente: Dr. Hugo Antonio Hernández Pérez

2do. Suplente: Dra. Verónica Viñuela Berni

Trabajo realizado en el Instituto Nacional de Pediatría, en el Área de Gasometría y dentro del Laboratorio de Urgencias.

Asesor del Tema:

Especialista en Bioquímica Clínica.

Virginia Martínez Bezies

Sustentante:

Químico Farmacéutico Biólogo.

Aarón Galindo Bustamante

Dedicatorias

Este esfuerzo lo entrego en honor a mi querido abuelito David Galindo Rivero que lamentablemente falleció el 11 de septiembre del 2021, lo cual representa para mí una pérdida dolorosa y aunque uno no quisiera que las personas que ama se vayan de este mundo, es algo inevitable que todos compartimos de algún modo. Le dedico a mi abuelito este trabajo como agradecimiento por el cariño y cuidados que me dio desde mi nacimiento hasta mi adultez, nunca te olvidaré y siempre te amaré, muchas gracias por todo Padi.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México que fue, es y será siempre una casa del aprendizaje en varias etapas de mi vida. Al Instituto Nacional de Pediatría por la oportunidad de realizar mi Estancia Hospitalaria, así como mi trabajo de Tesina y un especial agradecimiento a la jefa del Laboratorio de Química Clínica y Urgencias EBC. Virginia Martínez Bezies por la confianza y tutoría, así como a mis compañeros TLQ. Juana Ivete Cerón López, QFB. Jessica Sevilla Peña, QFB. Christian Alemán López, M. en C. Francisco Juárez Nicolas, C. D. Raúl Ramírez Bermúdez e I. Q. Cecilia Salazar Pérez por su recibimiento y apoyo para la realización de este proyecto.

A la Dra. Marta Menjívar Iraheta y Dra. Bárbara Itzel Peña Espinoza por acompañarnos en todo el camino de la Especialidad en Bioquímica Clínica, y también extender esta gratitud a todos los docentes de las distintas asignaturas nos enseñaron de este gran campo del saber.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Abreviaturas

pH: Potencial de Hidrógeno

pCO₂: Presión parcial de dióxido de carbono

pO₂: Presión parcial de oxígeno.

cNa⁺: Ion Sodio

cK⁺: Ion Potasio

cCl⁻: Ion Cloruro

cCa²⁺: Ion Calcio

cGlu: Glucosa

cLac: Lactato

ctHb: Hemoglobina Total

FO₂Hb: Fracción Oxihemoglobina

FCOHb: Fracción Carboxihemoglobina

FMetHb: Fracción Metahemoglobina

SNE: Sistema Neumático de Envíos

SNEs: Sistemas Neumático de Envíos

Resumen

El Sistema neumático de envíos (SNE) es una herramienta que utiliza como conducto un tubo hermético en el que se mueve una cápsula por medio de aire a presión, son ampliamente utilizados en distintos sectores, entre ellos el de la salud como en hospitales o institutos de salud que lo usan principalmente para el transporte de muestras sanguíneas para mejorar los tiempos de traslados y mejorar la atención a los pacientes. Este sistema forma parte de la fase pre-examen (fase que es antes del análisis de las muestras en el laboratorio), es responsabilidad del laboratorio clínico evaluar el impacto del SNE cuando se implementa en las instalaciones para asegurar que las muestras no sufran algún tipo de alteración durante su trayecto que afecte una cuantificación real de los analitos y que de alguna manera impacte negativamente en las decisiones clínicas sobre los pacientes.

El objetivo de este trabajo es tener una evidencia documentada de la evaluación de la vía más larga del SNE del Instituto Nacional de Pediatría, que va desde el área de toma de productos en planta baja, hasta el tercer piso donde se encuentra el Laboratorio de Química Clínica y Urgencias. Para esta evaluación se analizaron 81 muestras para gasometría por duplicado, que se procesaron en el sitio de toma en un equipo para gasometrías Radiometer modelo ABL-90, destinado para este fin y las otras muestras fueron transportadas al laboratorio por el SNE y posteriormente, analizadas en un equipo Radiometer modelo ABL-800. Tanto los equipos ABL-800 como ABL-90, fueron previamente verificados y correlacionados entre sí por el Laboratorio como parte de los requisitos para ser utilizados en el análisis de muestras

dentro del Instituto. Los analitos de interés del Perfil de Gasometrías evaluados fueron el pH, los gases ($p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$), electrolitos ($c\text{Na}^+$, $c\text{K}^+$, $c\text{Cl}^-$ y $c\text{Ca}^{2+}$), metabolitos ($c\text{Glu}$ y $c\text{Lac}$) y oximetría ($ct\text{Hb}$, FO_2Hb , FCOHb y FMetHb).

En el análisis de los datos, se observaron diferencias estadísticamente significativas en algunos analitos, sin embargo, se consideró si esta diferencia tenía relevancia clínica y si repercutía de manera negativa en las decisiones médicas en la atención de los pacientes para lo cual el Laboratorio debe asegurar que las diferencias son independientes del tipo de transporte utilizado y/o que no son clínicamente significativas al mantenerse la calidad analítica de las muestras para gasometría, sin afectar el análisis y obtención de resultados.

Por lo tanto, el SNE es una herramienta que, considerando el tipo de muestra y analitos que pueden ser afectados al usarlo, así como de la correcta evaluación por parte del laboratorio, es de gran utilidad para mejorar la eficiencia del proceso de transporte de las muestras sanguíneas de gasometría para su análisis en el laboratorio del Instituto Nacional de Pediatría.

Índice general

Introducción.....	9
Justificación	16
Hipótesis	16
Objetivo general	17
Objetivo específico	17
Materiales y métodos.....	17
Metodología	17
Recolección y transporte de muestras sanguíneas.....	18
Pruebas para gases, oximetría, electrolitos y metabolitos por gasometría.....	20
Análisis estadístico.....	23
Resultados.....	23
Discusión de resultados	44
Conclusiones.....	49
Anexo 1	51
Anexo 2	55
Bibliografía.....	56

Introducción

Dentro de la atención hospitalaria que se brinda a los pacientes, el laboratorio clínico es un servicio indispensable que representa un gran papel para el apoyo al diagnóstico, tratamiento y seguimiento que los médicos de distintas especialidades necesitan para el mejor manejo de cada caso, tal es el impacto del laboratorio que del 60-70% de las decisiones médicas están basadas en los resultados emitidos por el laboratorio (1). Las distintas áreas, procesos y tecnologías que existen en un hospital, que forman parte de la atención al paciente, no están exentos de cometer algún error (2), para mantener bajo control cada uno de los procesos se debe disminuir lo más posible la incidencia de los errores e identificando las posibles causas que puedan afectar la calidad de atención al paciente. En el caso del laboratorio parte de la calidad va enfocado en la entrega de resultados confiables en beneficio de la seguridad del paciente (3) y si no se cuenta con un control de la calidad en los resultados que se emiten, puede afectar de forma negativa al paciente ya que no se pueden identificar las fuentes de los errores tan fácilmente que lleguen a presentar durante alguna de las tres fases del examen conocidas como: pre-examen, examen y post-examen (4). De las fases mencionadas, la fase preanalítica o pre-examen es la que presenta una mayor frecuencia (aproximadamente el 70%) en la cantidad de errores a comparación del resto de las fases y en ocasiones no se le da la importancia que merece (5).

El transporte de las muestras que se analizan en los laboratorios forma parte de la fase pre-examen, a la cual pertenece el sistema de tubos neumáticos y que se han utilizado para hacer más eficiente el transporte de diversos objetos entre un punto "A" a un

punto “B” y en particular en el área clínica se implementó para el envío de muestras de pacientes en los hospitales desde las áreas de toma de los productos, áreas de piso y hasta el laboratorio clínico. Este tipo de sistema de transporte debe ser evaluado por el laboratorio de cada hospital o institución que la aplique para asegurar que su uso no altera los resultados obtenidos de las muestras de los pacientes, ya que las instalaciones e infraestructura de cada lugar es diferente y así las configuraciones en las que se opera cada sistema neumático.

El sistema de transporte neumático (STN) o sistema neumático de envíos (SNE) fue desarrollado durante el periodo de los años 1950s y 1960s, principalmente fueron utilizados para la producción industrial a gran escala como la electrónica y automotriz. La tecnología de los SNE fue mejorando durante el periodo de los años de 1970s y 1980s, implementándose en hospitales para mejorar tiempos de traslados y reducir costos (6). En la actualidad, estos sistemas se han vuelto muy utilizados en los hospitales y cada vez cuentan con más mejoras tecnológicas que permiten tener un mayor control en sus condiciones de uso, por lo que hay que evaluar y validar que estas nuevas tecnologías o metodologías en el laboratorio no afecten la calidad de las muestras y así los resultados emitidos por el laboratorio.

El SNE consiste en un tubo cerrado herméticamente que tiene la función de transportar por su longitud una cápsula en forma de cilindro y es movida por aire a presión (7), esto facilita la llegada de las muestras directamente al laboratorio clínico y disminuyendo la manipulación humana durante su transporte.

Se tiene documentado que se han reducido los tiempos de traslado de muestras sanguíneas entre un 16%-24% y esto acoplado a un sistema computarizado para el control de estas muestras el tiempo se redujo entre 33%-42% (8; 9). Dado al uso extendido del sistema neumático, también se ha observado algunas inconsistencias que han sido reportadas por parte de investigadores en algunos valores de pruebas en el laboratorio (7), pues las muestras de sangre que son transportadas por este sistema, son sometidas a una fuerza externa que es generada durante el desplazamiento por todo el trayecto por el efecto de la presión, también sufre una agitación junto con cambios abruptos de aceleración cuando se envía de la toma, los cambios de dirección del tubo y al llegar la cápsula contenedora para detenerse. Dependiendo del tipo de instalación que se tenga para el sistema neumático, puede tener varios cambios de dirección en su trayecto, lo que genera un esfuerzo cortante sobre las células de las muestras, incremento en las interacciones entre las células y superficie del contenedor de la muestra (10; 11). Existen registros donde el SNE puede tener efectos en la integridad de la muestra, provocando un incremento en la hemólisis y así una mayor concentración de los analitos como el potasio sérico, creatinina, aspartato aminotransferasa y lactato deshidrogenasa, en comparación con muestras transportadas de manera manual (12). También se ha reportado una influencia sobre el examen de tromboelastografía, donde el tiempo para la formación del coagulo fue más corta para muestras que se transportaron por el SNE, por lo que se recomienda que para esta prueba se transporte manualmente la muestra sanguínea (13).

En general, es importante asegurar que las muestras para analizar estén en un contenedor adecuado, en el caso de muestras para una gasometría, la jeringa debe poder sellarse a presión con un tapón para evitar el contacto de la sangre con los gases del medio ambiente y evitar así alteraciones en medidas como la pO_2 (14). De acuerdo con un estudio donde se demostró que el transporte de muestras arteriales para gasometría por un sistema neumático puede conducir a cambios en pO_2 y es por eso por lo que se recomiendan evitar el retraso en el transporte, así como un traslado manual y proporcionaron un gasómetro a la unidad de cuidados intensivos (15), pero estos hallazgos fueron los que en ese estudio determinaron por su evaluación a su sistema y no quiere decir que esto se replique en otras instalaciones. Por lo anterior mencionado, idealmente se debe tener un gasómetro cercano a las áreas críticas, pero también un especialista que conozca sobre los cuidados necesarios para el manejo de la muestra, operar el equipo correctamente y mantener bajo control el equipo con el control de calidad correspondiente.

Como se ha estado mencionando, gran parte de los errores que afectan a las muestras sanguíneas ocurren durante fase pre-examen y el origen de estos eventos puede ser por la falta de estandarización de los procesos, por ejemplo, para las gasometrías la correcta homogenización de la muestra para evitar la coagulación dentro de las jeringas especiales para estas muestras y la remoción de burbujas de aire (16). El almacenaje de estas muestras en una temperatura adecuada y el tiempo de análisis son otras de las variables que se deben controlar para que no afecte los resultados de las gasometrías, en esta parte el laboratorio es responsable de determinar las

condiciones de aceptación y rechazo de las muestras para disminuir los errores en el pre-examen de cualquier muestra que es analizada en el área del laboratorio clínico (17). En un estudio donde se analizó la estabilidad de algunos parámetros de gasometría como es el pH, presiones parciales de gases en sangre, fracción de hemoglobina saturada de oxígeno y lactato, a diferentes temperaturas de almacenaje se encontró que la conservación de muestras para gasometría a temperaturas de entre 0-3.9°C por 45 minutos, se pueden determinar resultados confiables (1).

Otro de los factores de cuidado durante la fase del pre-examen para las gasometrías es evitar la formación de burbujas de aire dentro de la jeringa y que queden en la muestra, porque incrementa la presión parcial del oxígeno (pO_2) en la muestra y así también aumenta la saturación del oxígeno. Esto es consecuencia de que pO_2 en el medio ambiente es mucho mayor que la pO_2 tanto en una muestra arterial como en una venosa (18). Sumando lo anterior la agitación que se genera en un SNE, puede equilibrar las concentraciones de los gases entre la muestra y burbujas (19), por esto también hay que asegurar que la muestra dentro de las cápsulas en las que son enviadas por el sistema se mueva lo menos posible con algún material acolchado y así disminuir la agitación. Controlar los factores mencionados es importante antes de evaluar un SNE para que no influyan en el posible efecto que tenga el transporte de las muestras mediante este sistema.

Dependiendo de la literatura consultada se puede encontrar evidencia donde el SNE no afecta significativamente el pH y pCO_2 (15; 20), pero existe también el caso contrario donde se exhibe que si hubo alteración en la pO_2 (15) y otro estudio arrojó

información en la que no se observó efecto significativo si el manejo y cuidado de la muestra es el adecuado (20). La fase pre-examen del proceso es susceptible a múltiples factores como se mencionó antes, que pueden modificar la calidad de la muestra y por tanto los resultados, alguna de estas variables son la obtención, manejo, transporte y tiempo de almacenaje, todas estas pueden ser susceptibles a errores y es necesario tener medidas que aseguren un control en estos pasos para mantener la calidad del proceso (21; 22). Después de que se extrae una muestra sanguínea del paciente con todas las medidas que aseguren su calidad, el siguiente paso es transportarla al sitio de análisis, esto debe hacerse lo más pronto posible dependiendo de los requisitos establecidos para la recepción de las muestras y entrega de resultados en tiempo (23).

Dentro de los hospitales las muestras frecuentemente son transportadas por el SNE para reducir los tiempos de traslado, mejorar el costo-beneficio de la entrega al laboratorio, disminuir la carga de trabajo, optimizar el flujo y tiempo de respuesta (8; 24), sin embargo, como ya se mencionó, puede haber alteraciones significativas entre las muestras transportadas por un SNE y de manera manual, causado por que en el SNE se generan distintas fuerzas como la presión de aire generada, fuerzas de gravedad radial, aceleración y desaceleración, generando vibraciones que puede provocar hemólisis en la muestra (24; 25; 26; 27), por lo tanto, es indispensable que cada hospital que utilice el SNE, valide y monitoree su sistema de transporte para disminuir el impacto de los factores que pueden alterar las muestras y es recomendable que las velocidades usadas sean bajas ($<6\text{m/s}$), distancias cortas

(<250m) y que las muestras estén protegidas dentro de las cápsulas (6). En otro estudio se concluyó que el uso del SNE es seguro para el transporte de las muestras sanguíneas al laboratorio, para eso hay que evitar el movimiento y vibraciones de las muestras dentro de la cápsula usando una esponja para asegurarlas, esto es una medida para evitar la hemólisis y por eso cada hospital debe realizar sus propios estudios del impacto del SNE en sus muestras (28).

Mantener la integridad de las muestras es fundamental para obtener resultados confiables pues cualquier analito que tenga una concentración en plasma o suero 10 veces más baja en comparación a los glóbulos rojos, los resultados pueden tener un incremento por la hemólisis generada por un mal manejo de la muestra (29) y en el caso de la gasometría los resultados se pueden ver incrementados en niveles de potasio (K) y lactato deshidrogenasa (LDH). De otra forma los analitos extracelulares pueden ser afectados por la hemólisis, dejando que el líquido contenido en los glóbulos rojos diluya la muestra afectando los resultados de la glucosa, sodio, cloro y bilirrubina de la gasometría (30). Como hemos revisado, la fase preexamen es la principal fuente donde se cometen los errores en el laboratorio, afectando directamente la entrega de resultados (31). Varios de estos errores preexamen están relacionados con el procesamiento de la muestra, lo que lleva a incrementos en los costos cerca de los \$200 dólares en norte américa y Europa, anualmente a los Estados Unidos Americanos le representa un costo anual de \$1.2 millones de dólares para un hospital de 650 camas (32). Sabiendo lo que implica el correcto manejo de las muestras, es obligación de cada laboratorio contar con procedimientos bien establecidos para el

transporte, almacenaje y procesamiento de cada tipo de muestra con fundamento en la evidencia científica (33).

Como ya fue revisado, los SNEs son una herramienta útil cuando hay una correcta configuración, evaluación y monitoreo constante de las fuerzas del sistema y con ello asegurar que el transporte dentro de los tubos no compromete la integridad de las muestras durante su transporte (34).

Justificación

Obtener evidencia documentada de que las muestras para determinación de gases sanguíneos enviadas al Laboratorio de Química Clínica y Urgencias a través del Sistema Neumático de Envíos del Instituto Nacional de Pediatría no presenta afectación en los resultados obtenidos de su análisis puesto que existe literatura que favorece tanto el uso de este medio de transporte para muestras clínicas así como la no recomendación de su empleo, por lo que se propone en el Laboratorio verificar si existe alteración de significancia clínica en la medición de los parámetros que conforman la gasometría venosa.

Hipótesis

El efecto del sistema neumático de envíos no altera de manera clínicamente significativa el resultado de los parámetros que conforman la gasometría venosa comparado con el análisis de las muestras en sitio de toma de muestra.

Objetivo general

Determinar la existencia de alteración clínicamente significativa en los resultados de los analitos de interés que componen el perfil de una gasometría conformada por pH, presiones parciales de gases ($p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$), electrolitos (Na^+ , K^+ , Cl^- y Ca^{2+}), metabolitos (Glu y Lac) y oximetría (tHb, FO_2Hb , FCOHb y FMetHb), generada entre el sistema de transporte de envíos (SNE) del sitio de toma hasta el laboratorio y los obtenidos en sitio de la toma.

Objetivo específico

- Obtener los resultados de muestras para gasometría transportadas por SNE del sitio de toma hasta el laboratorio.
- Obtener resultados de muestras para gasometría analizadas en el sitio de toma de muestra.
- Verificar si existe diferencias entre las muestras analizadas en sitio comparadas con las que son enviadas al laboratorio a través del SNE ubicado en el área de Toma de Productos.

Materiales y métodos

➤ Metodología

El tipo de estudio es experimental y transversal, en el que se buscó recolectar información para 50 muestras por duplicado para conocer el efecto del SNE sobre la intervención en el transporte de las muestras, analizando 50 muestras en el laboratorio

del tercer piso en Química Clínica y Urgencias del Instituto Nacional de Pediatría, en el área señalada de Proceso de Gasometría y 50 analizadas junto al sitio de toma de muestra en la planta baja, en el área de Toma de Productos.

El laboratorio cuenta con seis líneas de tubo que pertenecen al área de Unidad de Cirugía Cardiovascular (UCCV), Quirófanos (QX), Urgencias (URG), Unidad de Terapia Intensiva (UTI), Neonatología (NEON) y Toma de Productos (TP), cuya distancia hasta el laboratorio es de 100 m máximo y su finalidad es la de agilizar el envío, proceso y obtención de resultados en áreas críticas del Instituto.

Se eligió evaluar la línea más larga, que fue la de TP debido a que es la de mayor longitud (350 m), pues aquí es donde la trayectoria de las muestras hacia el laboratorio se piensa que puede afectar la calidad de los resultados obtenidos debido a su longitud y tiempo de llegada al área de proceso, pues la presión y fuerzas generadas a la que las muestras son sometidas dentro de este tubo neumático se mantienen constantes.

➤ **Recolección y transporte de muestras sanguíneas**

El presente trabajo requirió el apoyo de personal del laboratorio capacitado para la toma de muestra sanguíneas. Se solicitó voluntarios que laboran en el Instituto Nacional de Pediatría para el estudio de gasometría, se extrajeron dos muestras por cada voluntario, una se analizó en sitio de toma de muestra y la otra fue enviada por el Sistema Neumático de Envíos (Aerocom GmbH & Co.) dentro de una cápsula destinada para este fin, en la que las muestras fueron previamente colocadas dentro de un envase para su protección.

De acuerdo con las especificaciones del proveedor del Sistema Neumático de envíos (SNE), las muestras se transportan dentro de una cápsula a través de un tubo neumático en el cual se realiza una inyección de aire con un volumen constante de 2.4 m³/min y a velocidad entre 2-3 m/s. La longitud del tubo evaluado es de 350 m desde el del área de toma de muestras hasta el laboratorio, por lo que el tiempo de arribo de las muestras al laboratorio es de 1.9 a 2.9 min (Imagen 1). Con las características indicadas, el proveedor se asegura de que las muestras transportadas por este medio mantienen su integridad analítica y no sufren alteraciones (hemólisis) que afecten el resultado de los estudios solicitados para su proceso.

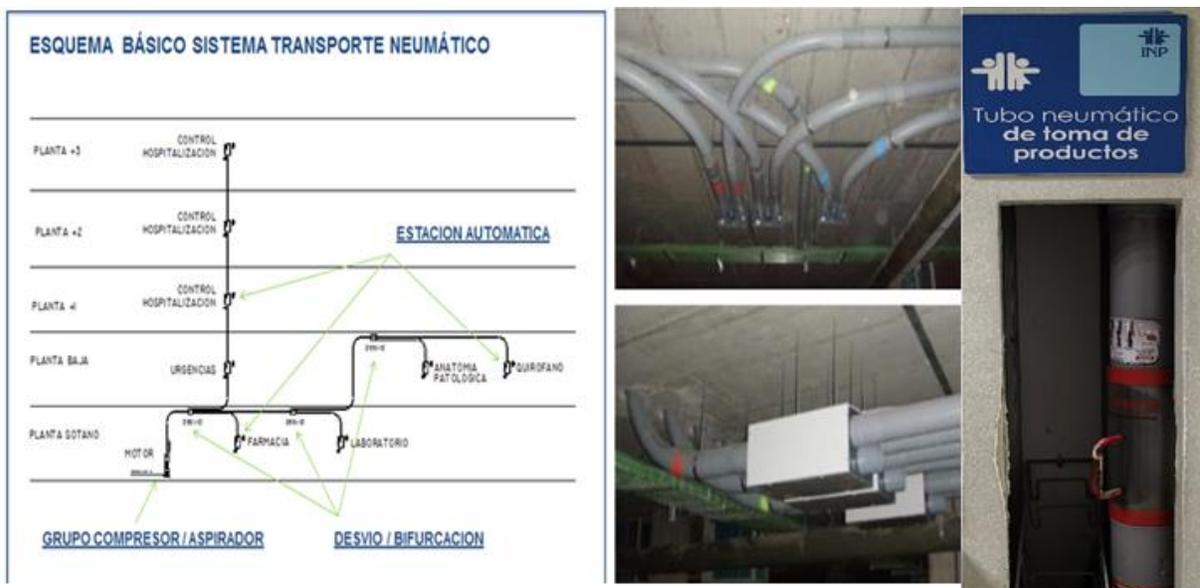


Imagen 1. Esquema del sistema neumático de envíos de Toma de productos.

La llegada a la estación de destino es a velocidad controlada y la cápsula se descarga en una mesa o compartimento. Se mantiene controlada la velocidad, la aceleración y

frenado de todos los envíos. Este sistema de transporte es apto y compatible para el envío de sangre y muestras clínicas sin sufrir ninguna alteración durante el transporte dado que el sistema garantiza la no existencia de intercambios de aire entre servicios y la salida del aire del transporte se efectúa en zonas de extracción, por encima del falso techo.

➤ **Pruebas para gases, oximetría, electrolitos y metabolitos por gasometría**

Para evaluar el efecto del SNE sobre las muestras sanguíneas para gasometría, fueron recolectadas con Jeringa para gases arteriales BD Preset Eclipse 3 mL 23G x 25mm x, 3G x 25mm (Ca²⁺ LH ~80 I.U., Ref. 364391), para la extracción venosa y siguiendo los procedimientos internos con las precauciones que se requieren para evitar la coagulación y alteración de los gases.

Una vez extraídas las muestras con el volumen mínimo recolectado y recomendado por el fabricante (1.6 mL por duplicado), se identificaron para su análisis en sitio y para el transporte al laboratorio por el SNE.

Se aseguró que no hubiera burbujas en la jeringa al momento de la recolección y luego de ser homogenizadas por inversión 5 veces y 5 veces más entre las palmas (Imagen 2) sin que se tocara directamente el área donde se encontraba la sangre para asegurar una correcta mezcla con el anticoagulante, se procedió a analizar las muestras en sitio y, simultáneamente, se enviaron al Laboratorio a través del SNE para su proceso.

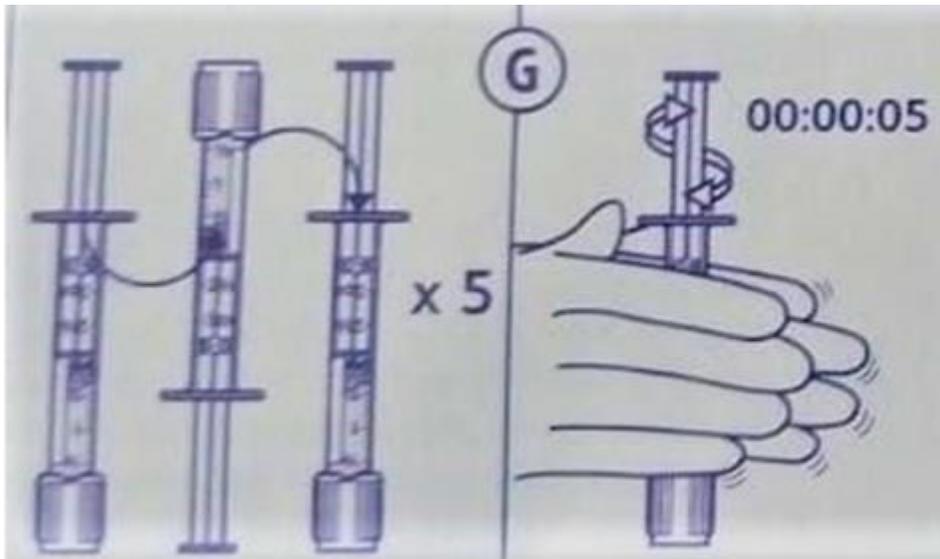


Imagen 2. Homogenizado de muestra.

El tiempo entre la recolección de las muestras y su análisis, fue menor a 15 minutos, de acuerdo con los procedimientos verificados y establecidos en el Laboratorio. Los instrumentos utilizados fueron: en el sitio de toma, Gasómetro ABL90 Flex (Radiometer, Copenhague, Dinamarca) (Imagen 3) y para el análisis de las muestras enviadas al laboratorio, se utilizó el Gasómetro ABL 800 FLEX (Radiometer, Copenhague, Dinamarca) (Imagen 4).



Imagen 3. Gasómetro ABL 90 FLEX y una jeringa para gasometría siendo procesada en el equipo.



Imagen 4. Gasómetro ABL 800 FLEX y una jeringa para gasometría siendo procesada en el equipo.

Es importante indicar que ambos modelos de equipos fueron previamente verificados y correlacionados por el Laboratorio en el momento de su instalación dado que, por el volumen de muestras recibidas en el mismo, éstas pueden ser analizadas en cualquiera de los 4 equipos disponibles en el área sin que implique una diferencia significativa entre los resultados.

➤ **Análisis estadístico**

El software utilizado para el análisis estadístico fue Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO (versión 2210 compilación 16.0.15726.20188) de 64 bit, el método empleado fue el de Bland-Altman, para comparar las medias de las diferencias de cada pareja de resultados con lo que se obtuvieron los gráficos para cada parámetro de la gasometría.

Se estimaron los intervalos con el límite bajo y alto al 95% de confianza, el sesgo para cada parámetro y se comparó con los requisitos de calidad (metas analíticas) establecidos por el Laboratorio ya que en éste se cuenta con un sistema de gestión de control de calidad de 3ª opinión y los requisitos son establecidos con base en el desempeño analítico de cada equipo así como de los resultados obtenidos en el Programa de Evaluación Externa de la Calidad trabajó bajo el sistema de control de calidad y requisitos, con lo que se estableció la diferencia clínicamente significativa.

Resultados

Se extrajeron 81 muestras sanguíneas venosas por duplicado (total 162 muestras), provenientes de 25 personas de sexo masculino y 56 del femenino, en un rango de edad entre 18 a 72 años, 81 muestras fueron analizadas en el sitio de toma de muestra y las otras 81 muestras, fueron enviadas al laboratorio por el SNE para su análisis inmediato.

Los gráficos de Bland-Altman se construyeron con los datos obtenidos de las gasometrías de cada voluntario, los resultados se encuentran en el Anexo 1: en las

Tablas 1-3, los promedios y diferencias para cada parámetro. En la Tabla 4 están contenidos los promedios de las diferencias, desviación estándar, intervalos de confianza al 95% y sesgos para cada parámetro. No se eliminó ningún dato para mantener los resultados en condiciones muy cercanas a las de trabajo diario.

Para graficar se tomaron los valores del promedio de cada pareja de datos en el eje “x” y en el eje “y” las diferencias entre los valores obtenidos analizados en sitio de toma con los que se obtuvieron en el laboratorio de las muestras enviadas por el SNE. En los gráficos, se tiene la media de las diferencias para cada parámetro, los límites bajo y alto del comportamiento observado en la población analizada correspondiente a un nivel de confianza del 95 %, así como la desviación estándar.

Se realizó el análisis estadístico de datos mediante la metodología de Bland-Altman considerando un nivel de confianza de 95% y se compararon las muestras que fueron transportadas por el SNE tomado como referencia de muestras analizadas en sitio de toma para las mismas variables del perfil de gasometría, con la intención de identificar la existencia de una posible diferencia entre el tratamiento al que fueron sometidas las muestras dentro del tubo neumático previo a su análisis. Con esta metodología, se realizó la comparación de ambos métodos de proceso.

La figura 1 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del pH de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del pH medido en el sitio de toma con el pH que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. Cuenta con 3 líneas horizontales: la línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del pH, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 2 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del pH obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del pH de los equipos ABL 90 y ABL 800.

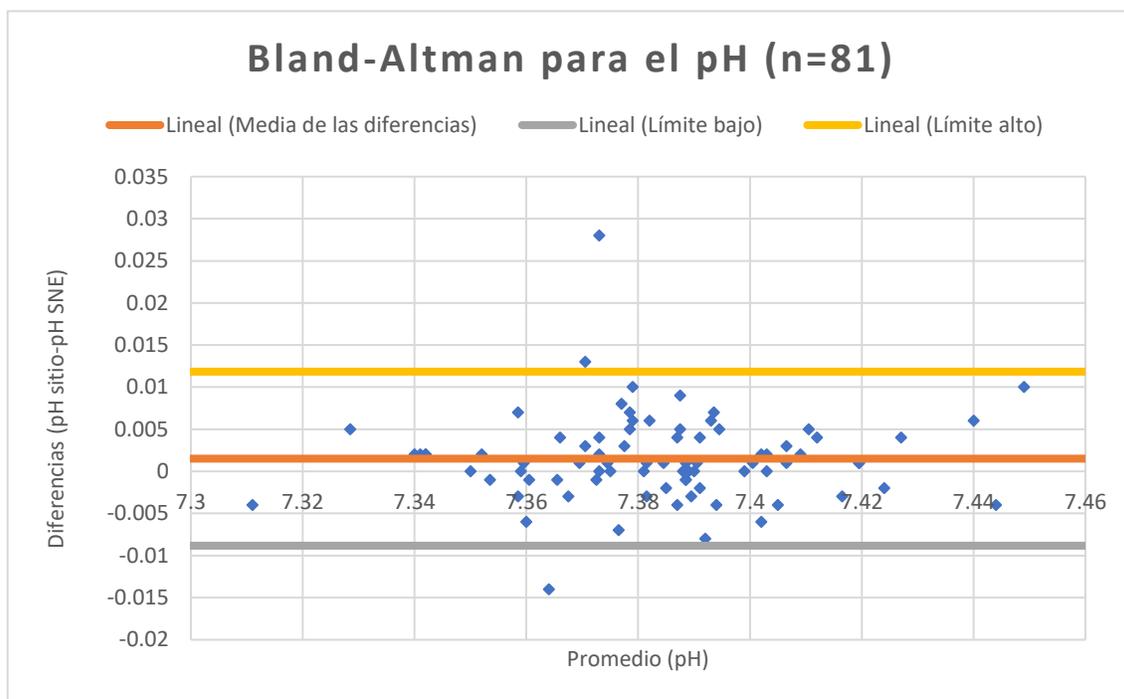


Figura 1. Gráfico Bland-Altman para el parámetro pH.

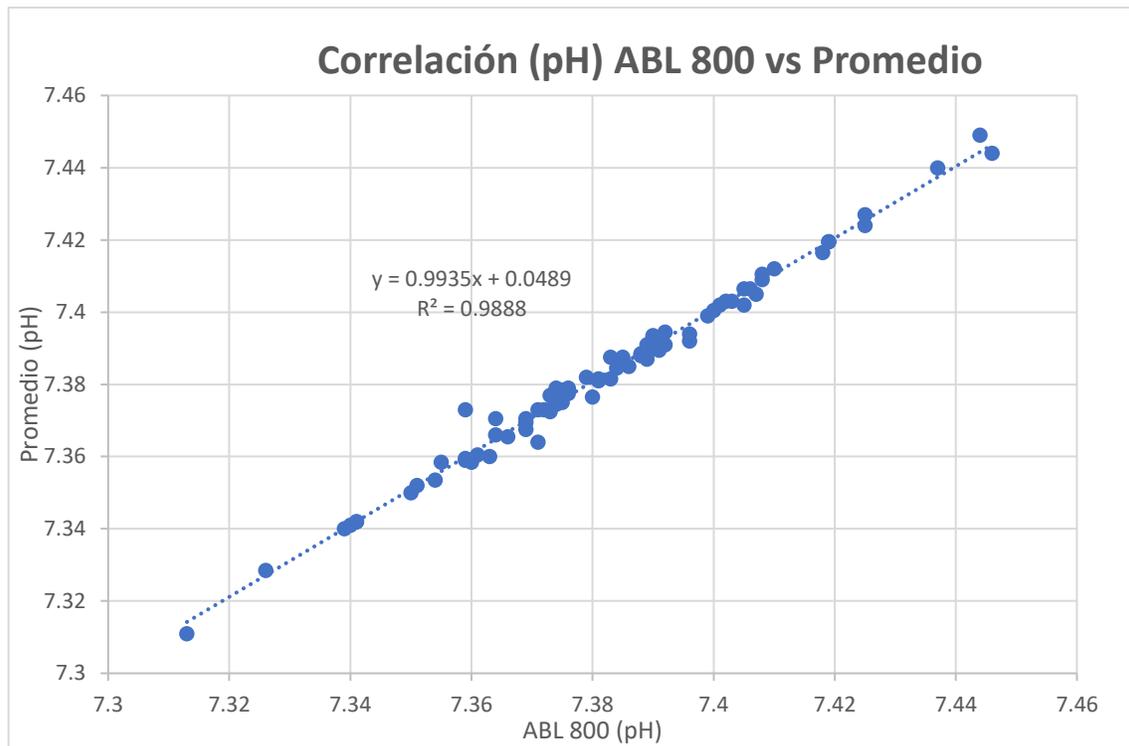


Figura 2. Gráfico de correlación para el parámetro pH.

La figura 3 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del pCO₂ de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del pCO₂ medido en el sitio de toma con el pCO₂ que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del pCO₂, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 4 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del pCO₂ obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del pCO₂ de los equipos ABL 90 y ABL 800.

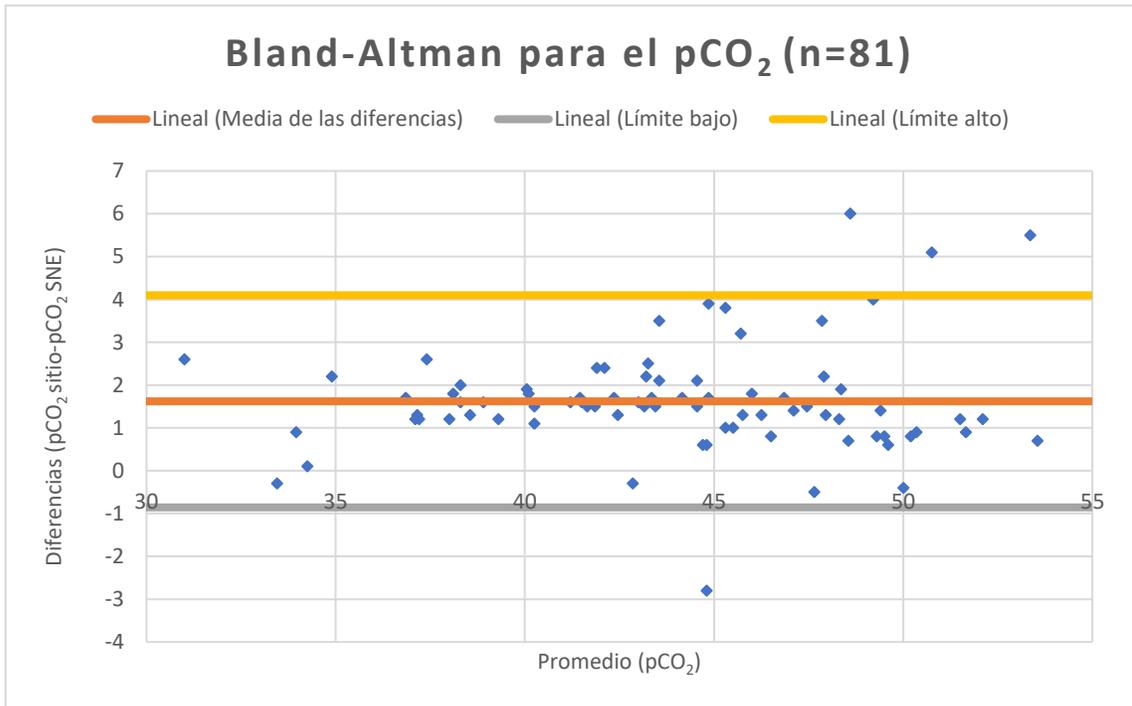


Figura 3. Gráfico Bland-Altman para el parámetro pCO₂.

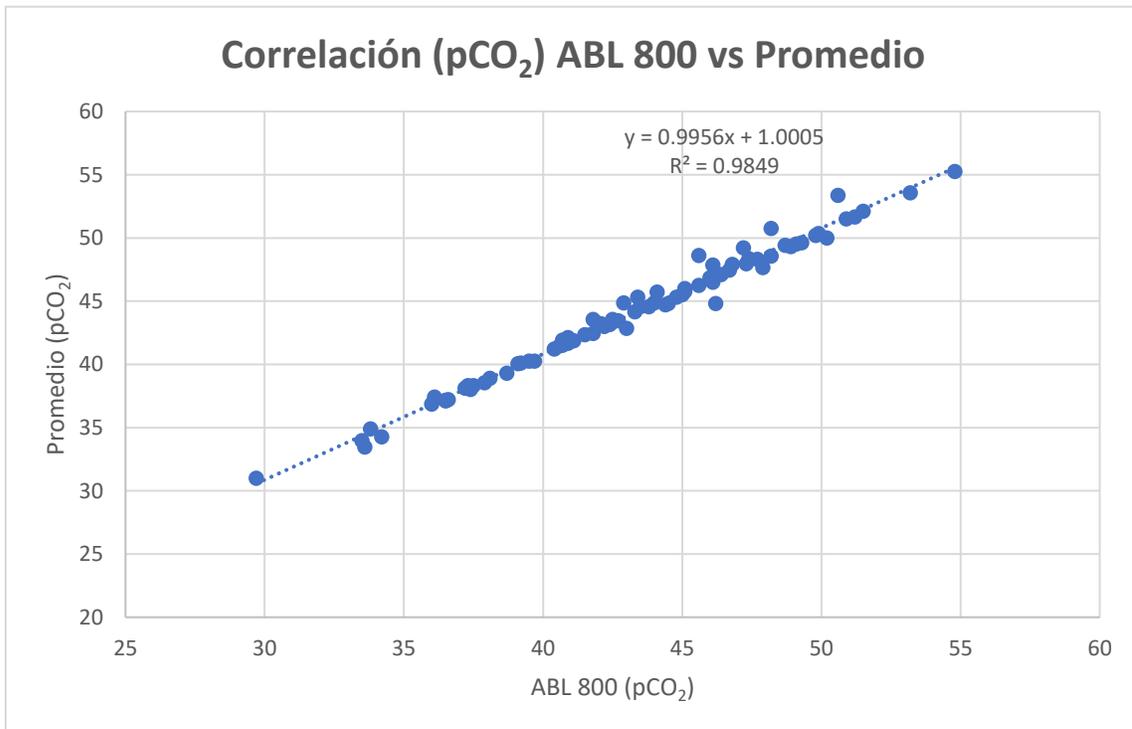


Figura 4. Gráfico de correlación para el parámetro pCO₂.

La figura 5 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del pO_2 de cada pareja de resultados en el eje "x" y sus diferencias entre el resultado del pO_2 medido en el sitio de toma con el pO_2 que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje "y". La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del pO_2 , línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 6 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje "x" los valores del pO_2 obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje "y" el promedio del pO_2 de los equipos ABL 90 y ABL 800.

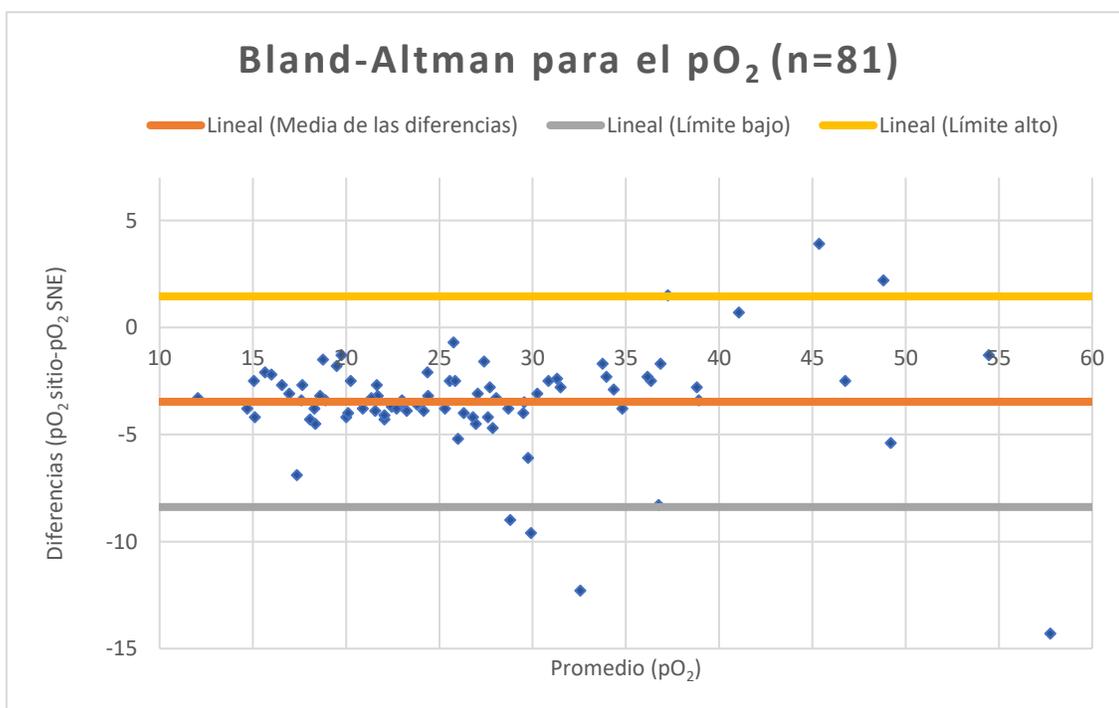


Figura 5. Gráfico Bland-Altman para el parámetro pO_2 .

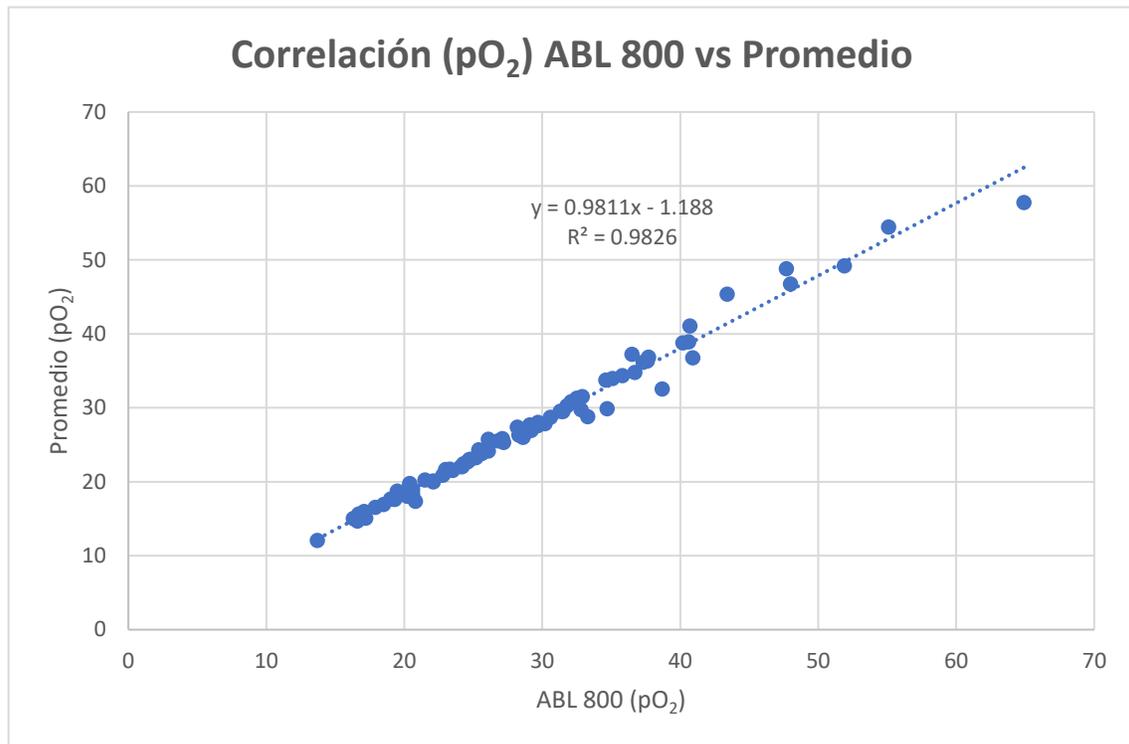


Figura 6. Gráfico de correlación para el parámetro pO₂.

La figura 7 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del ctHb de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del ctHb medido en el sitio de toma con el ctHb que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del ctHb, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 8 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del ctHb obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del ctHb de los equipos ABL 90 y ABL 800.

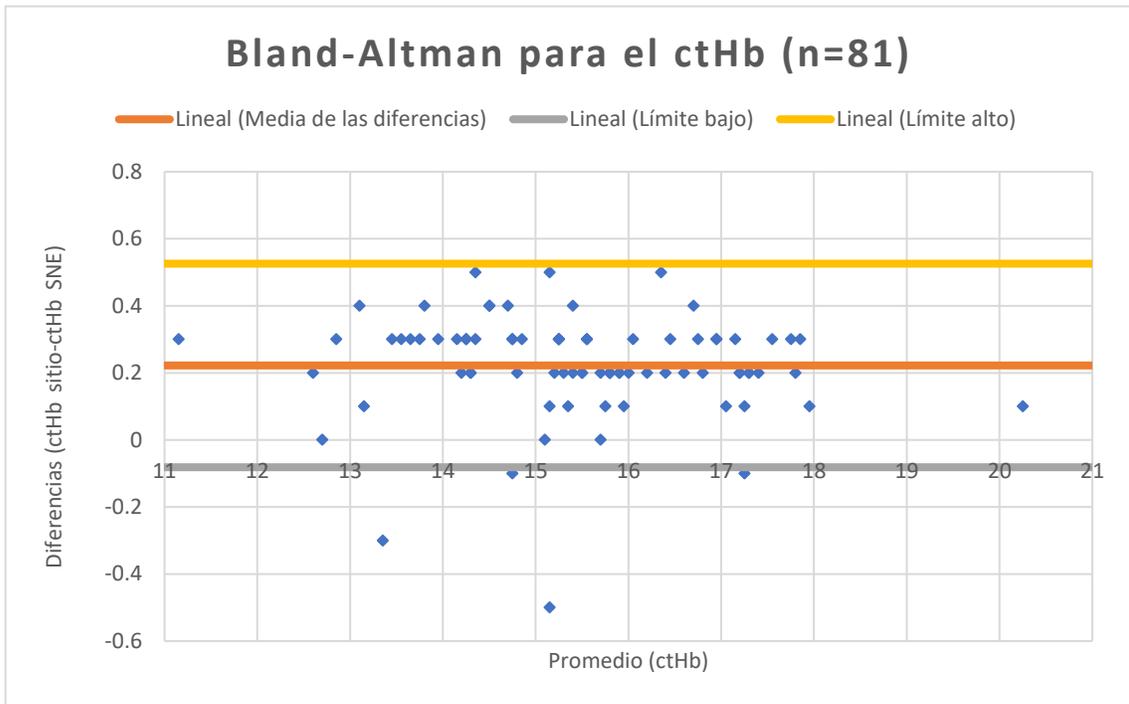


Figura 7. Gráfico Bland-Altman para el parámetro ctHb.



Figura 8. Gráfico de correlación para el parámetro ctHb.

La figura 9 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del FO₂Hb de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del FO₂Hb medido en el sitio de toma con el FO₂Hb que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del FO₂Hb, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 10 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del FO₂Hb obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del FO₂Hb de los equipos ABL 90 y ABL 800.

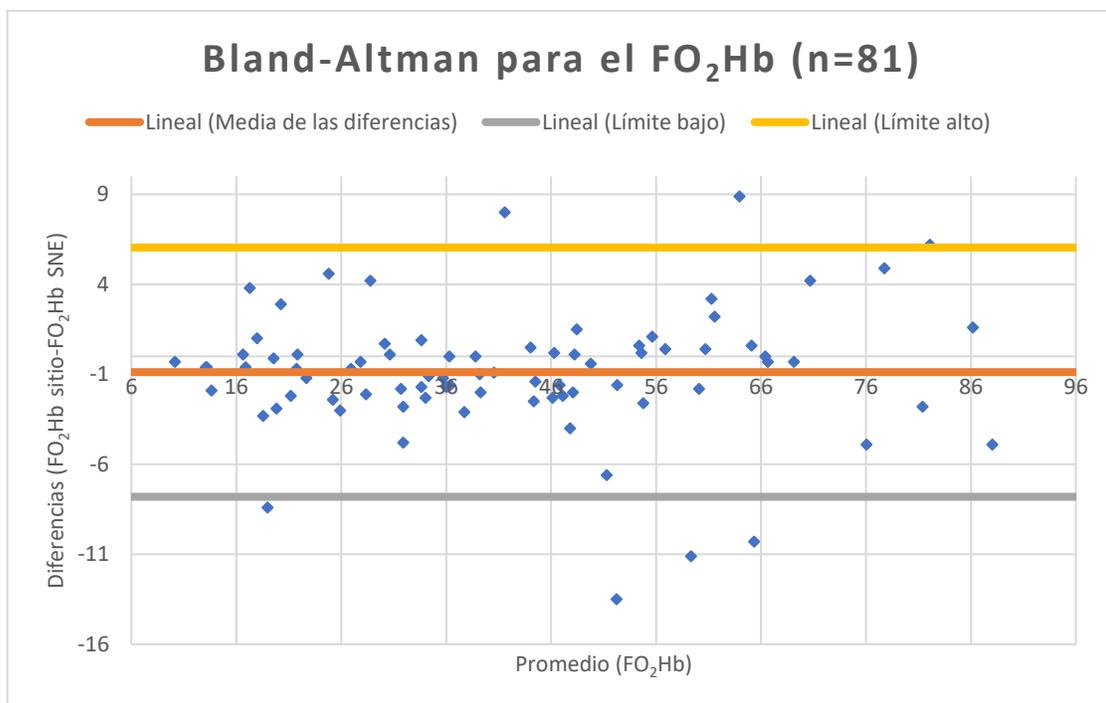


Figura 9. Gráfico Bland-Altman para el parámetro FO₂Hb.

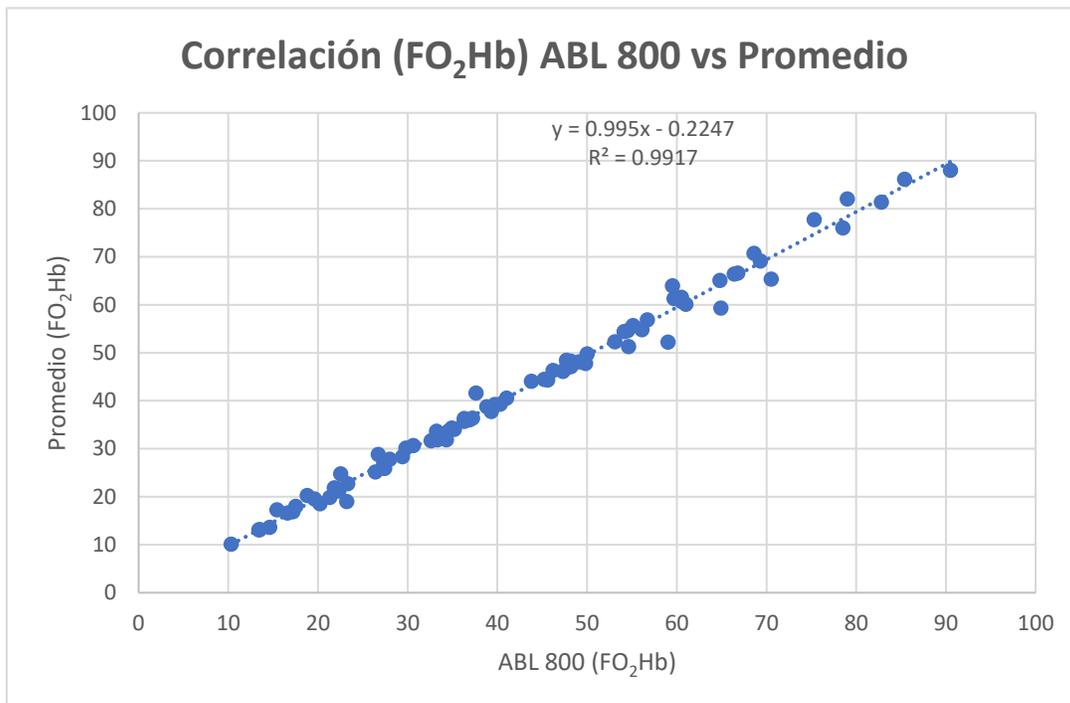


Figura 10. Gráfico de correlación para el parámetro FO₂Hb.

La figura 11 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del FCOHb de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del FCOHb medido en el sitio de toma con el FCOHb que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del FCOHb, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 12 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del FCOHb obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del FCOHb de los equipos ABL 90 y ABL 800.

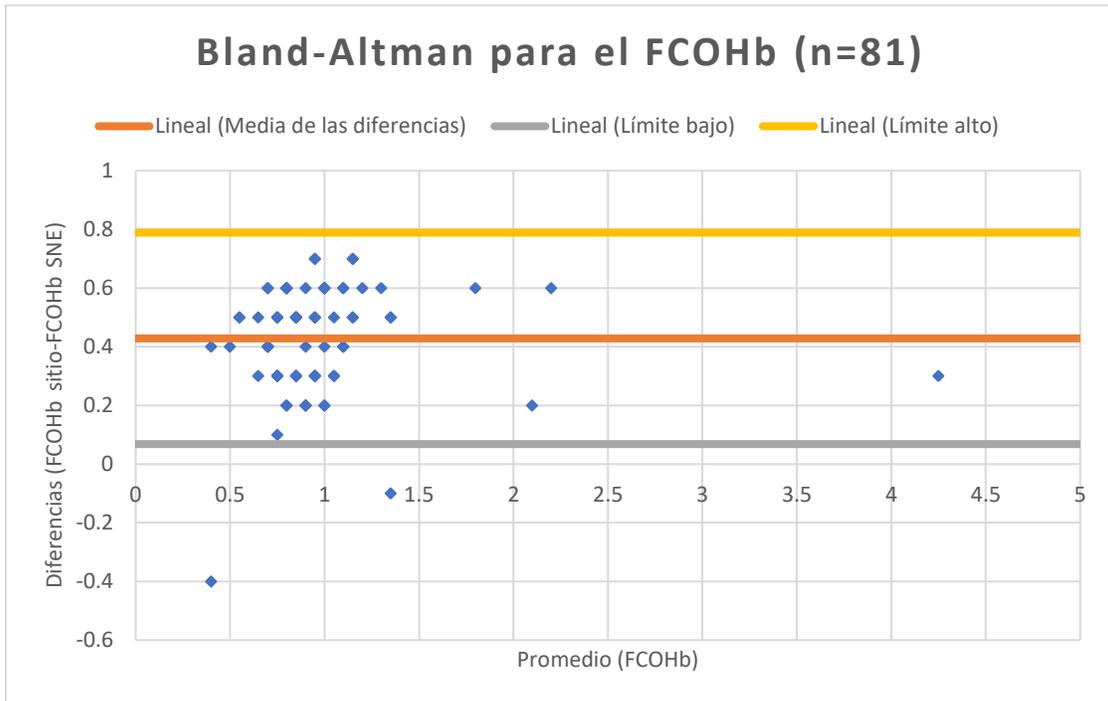


Figura 11. Gráfico Bland-Altman para el parámetro FCOHb.

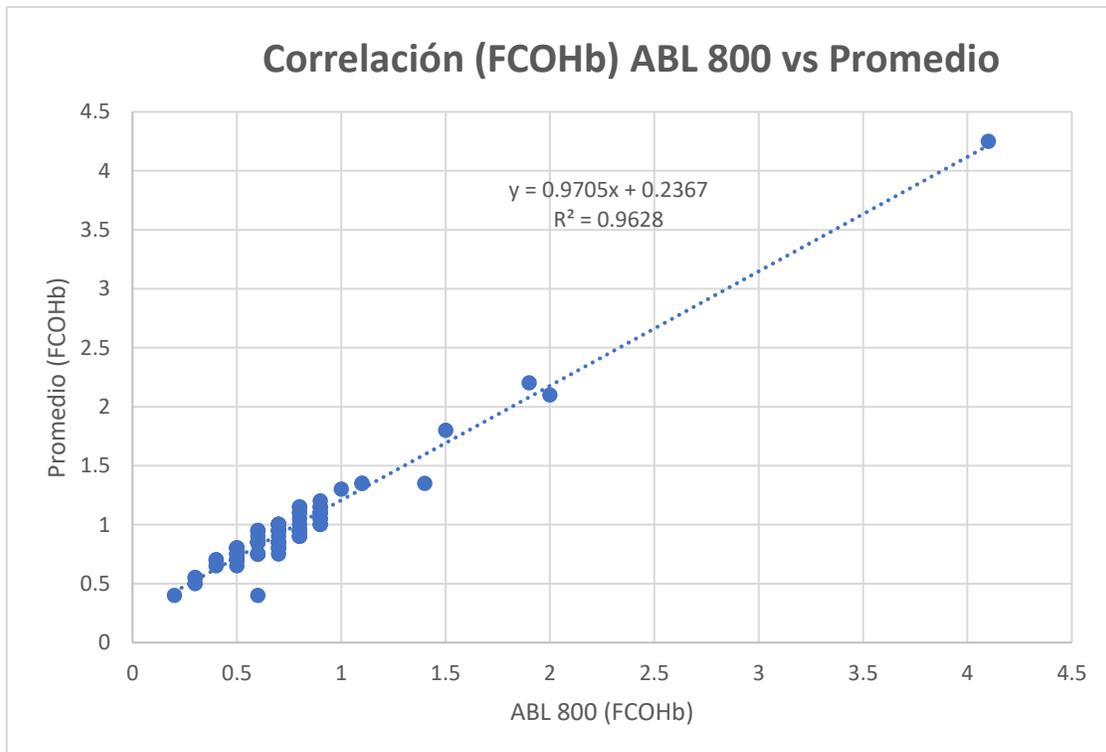


Figura 12. Gráfico de correlación para el parámetro FCOHb.

La figura 13 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del FMetHb de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del FMetHb medido en el sitio de toma con el FMetHb que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del FMetHb, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 14 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del FMetHb obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del FMetHb de los equipos ABL 90 y ABL 800.

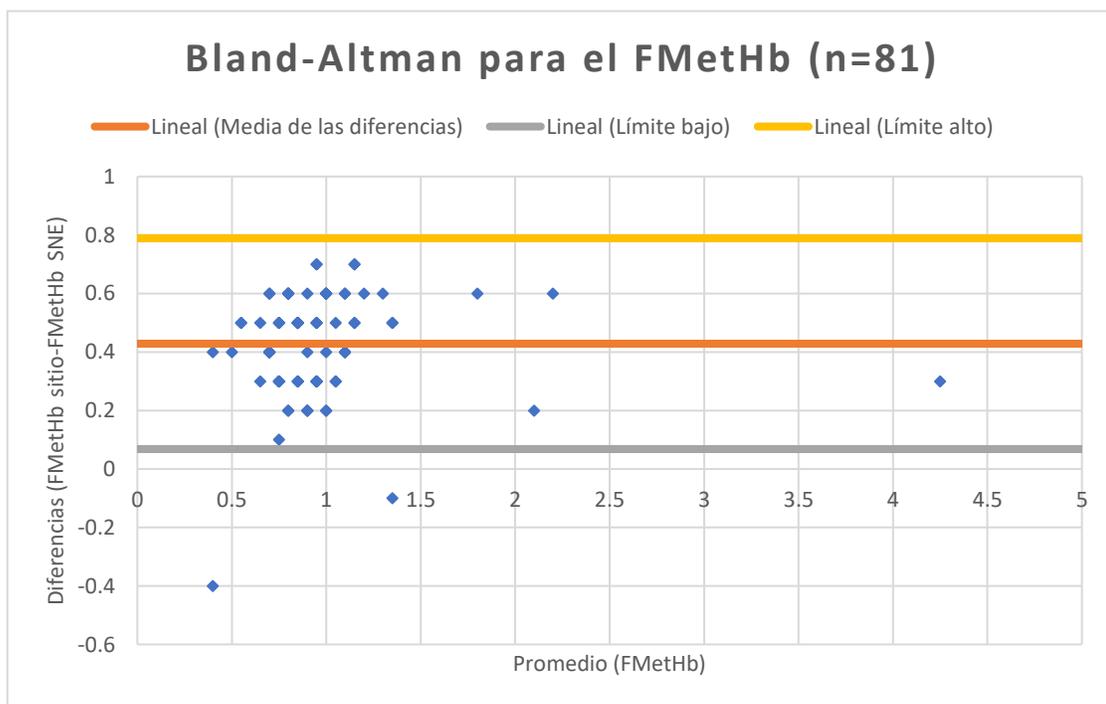


Figura 13. Gráfico Bland-Altman para el parámetro FMetHb.

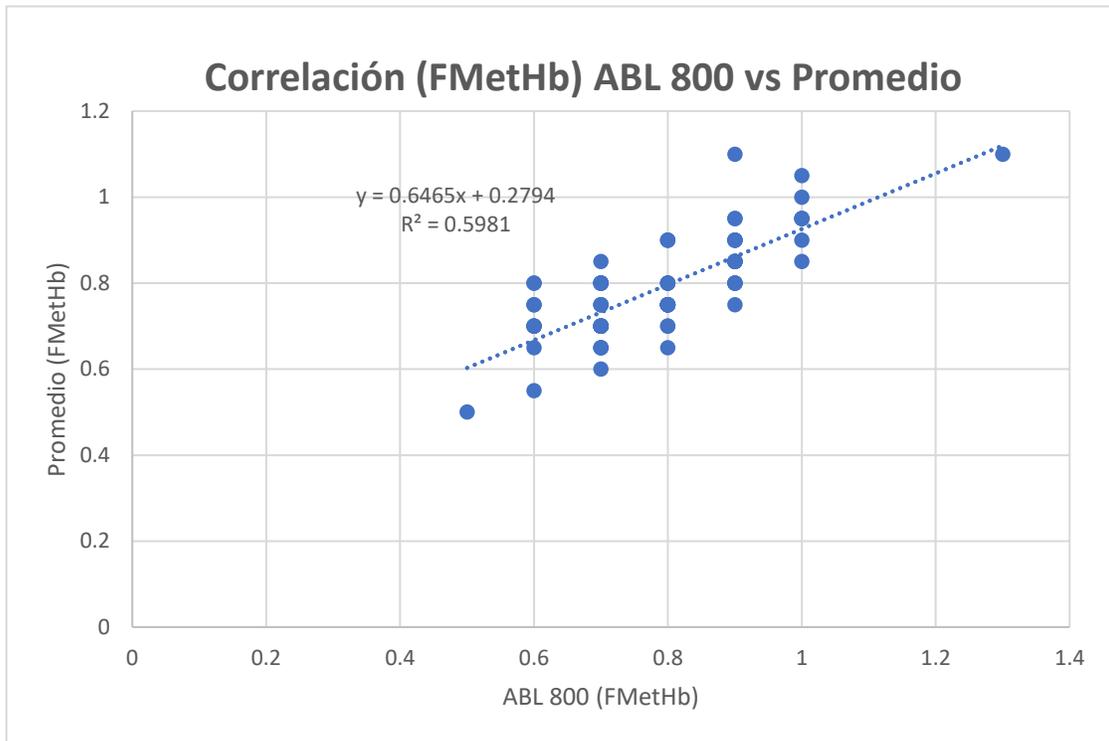


Figura 14. Gráfico de correlación para el parámetro FMetHb.

La figura 15 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del cNa^+ de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del cNa^+ medido en el sitio de toma con el cNa^+ que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del cNa^+ , línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 16 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del cNa^+ obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del cNa^+ de los equipos ABL 90 y ABL 800.

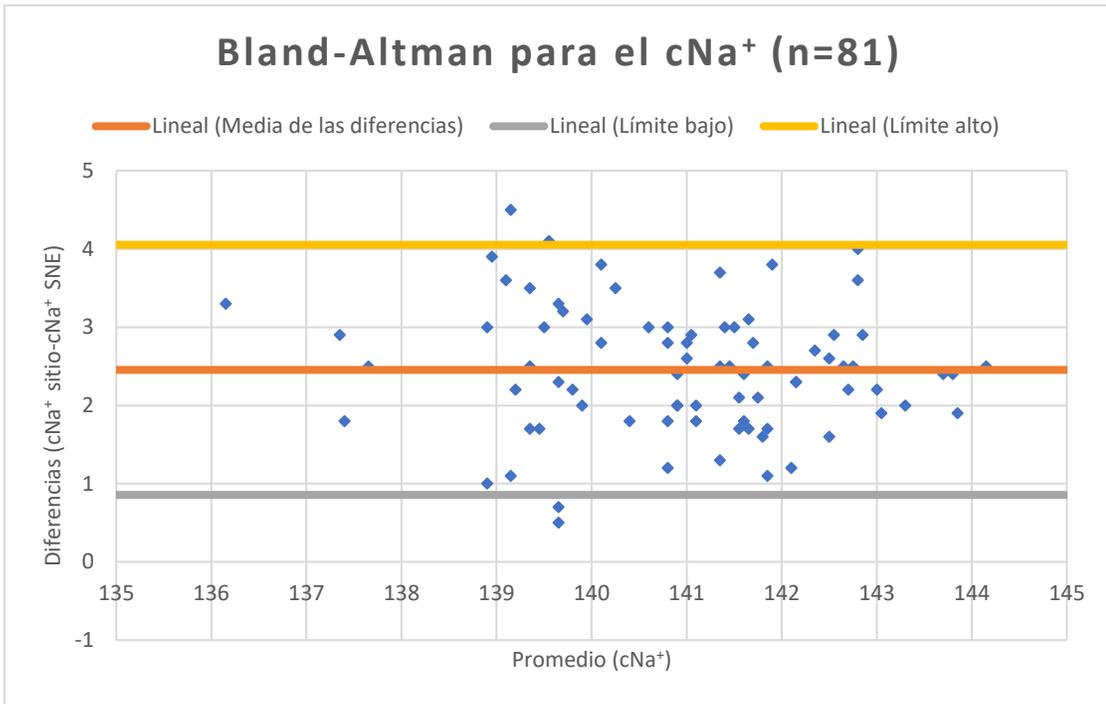


Figura 15. Gráfico Bland-Altman para el parámetro cNa⁺.

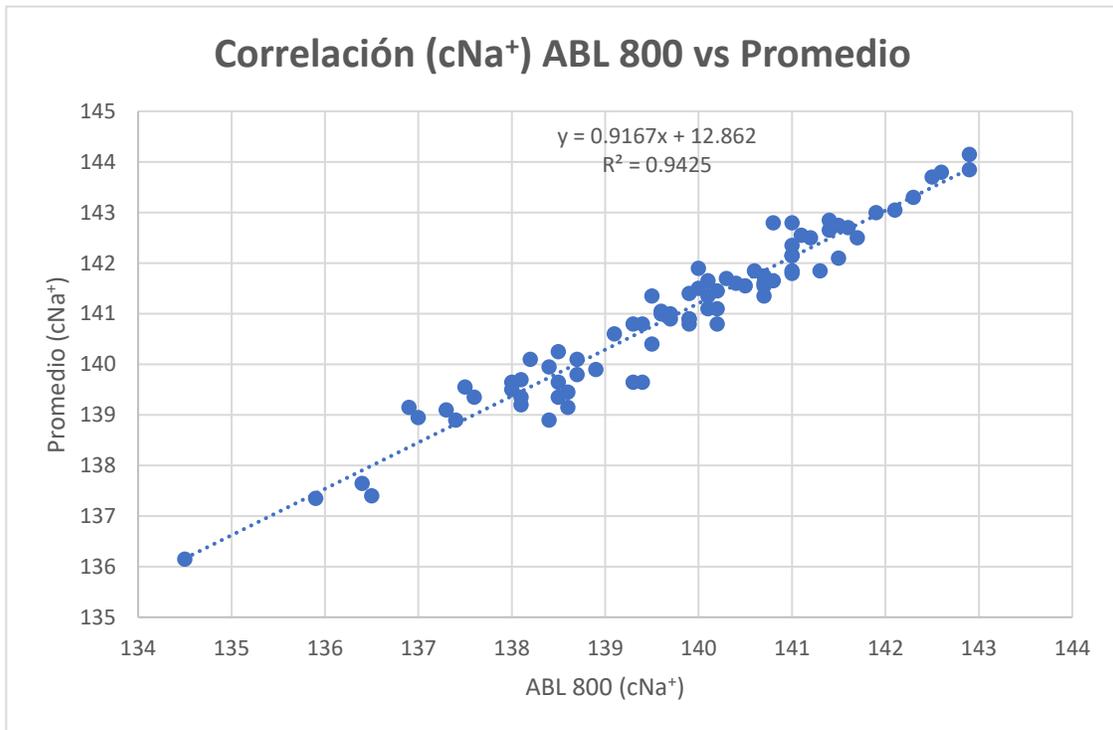


Figura 16. Gráfico de correlación para el parámetro cNa⁺.

La figura 17 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del cK^+ de cada pareja de resultados en el eje "x" y sus diferencias entre el resultado del cK^+ medido en el sitio de toma con el cK^+ que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje "y". La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del cK^+ , línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 18 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje "x" los valores del cK^+ obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje "y" el promedio del cK^+ de los equipos ABL 90 y ABL 800.

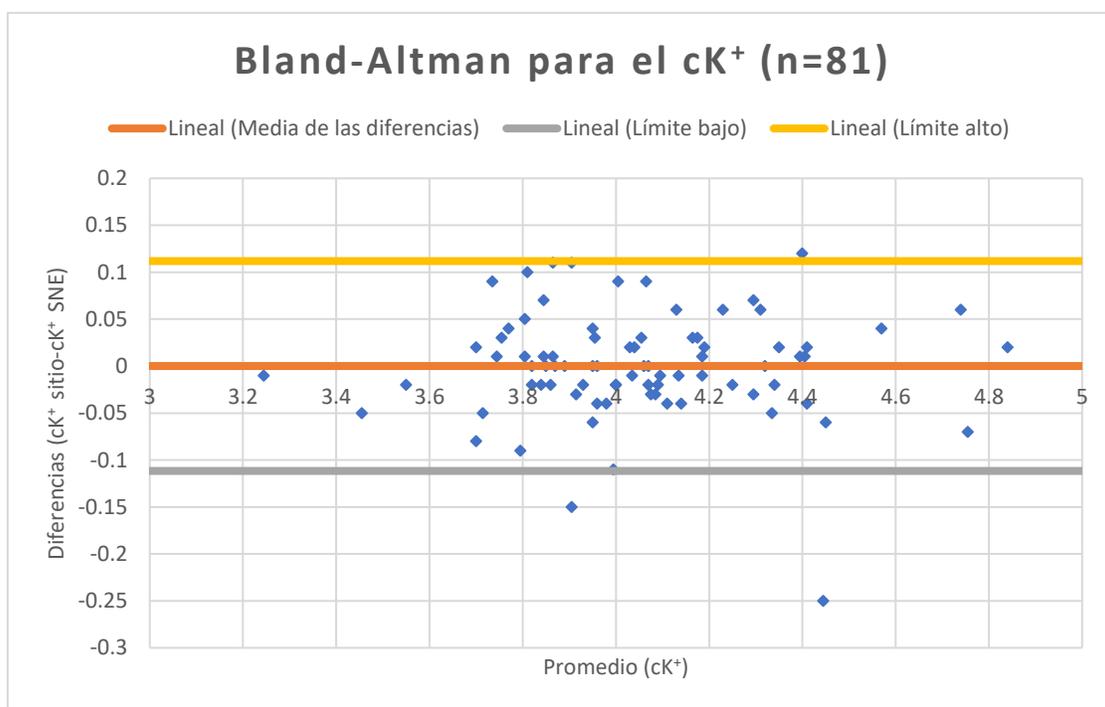


Figura 17. Gráfico Bland-Altman para el parámetro cK^+ .

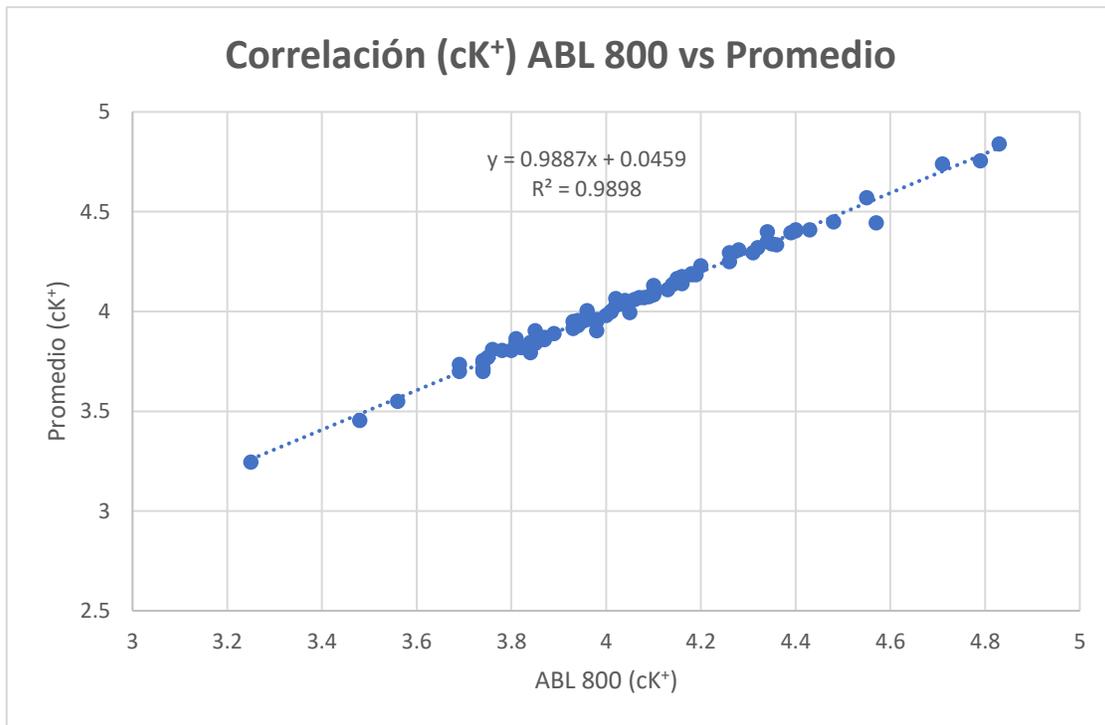


Figura 18. Gráfico de correlación para el parámetro cK⁺.

La figura 19 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del cCl⁻ de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del cCl⁻ medido en el sitio de toma con el cCl⁻ que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del cCl⁻, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 20 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del cCl⁻ obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del cCl⁻ de los equipos ABL 90 y ABL 800.

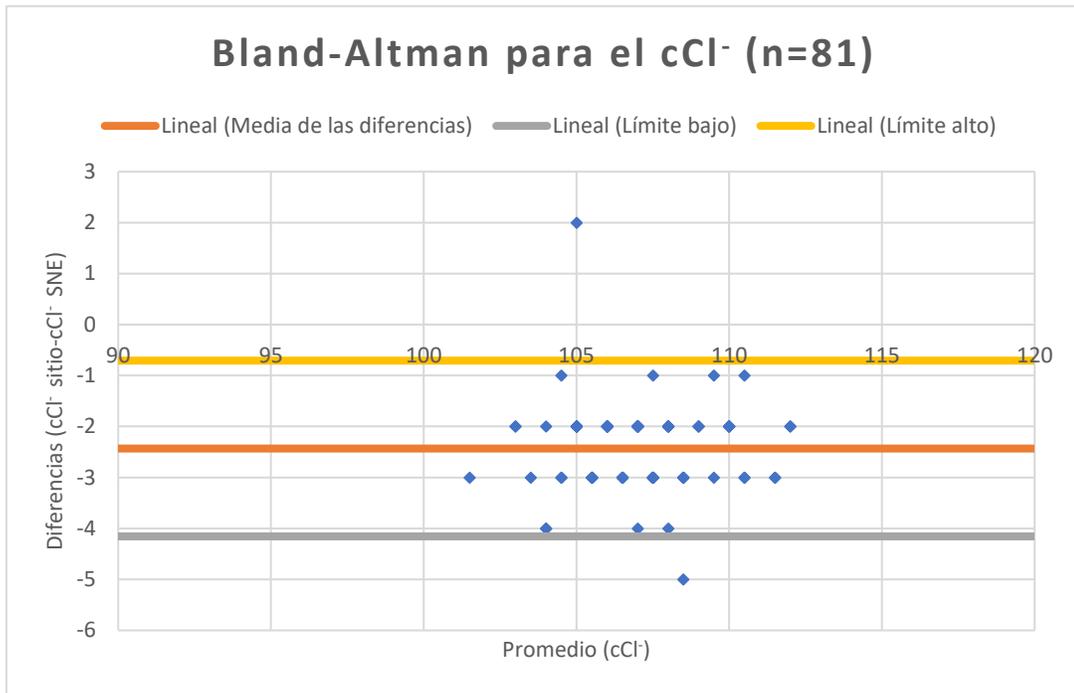


Figura 19. Gráfico Bland-Altman para el parámetro cCl⁻.

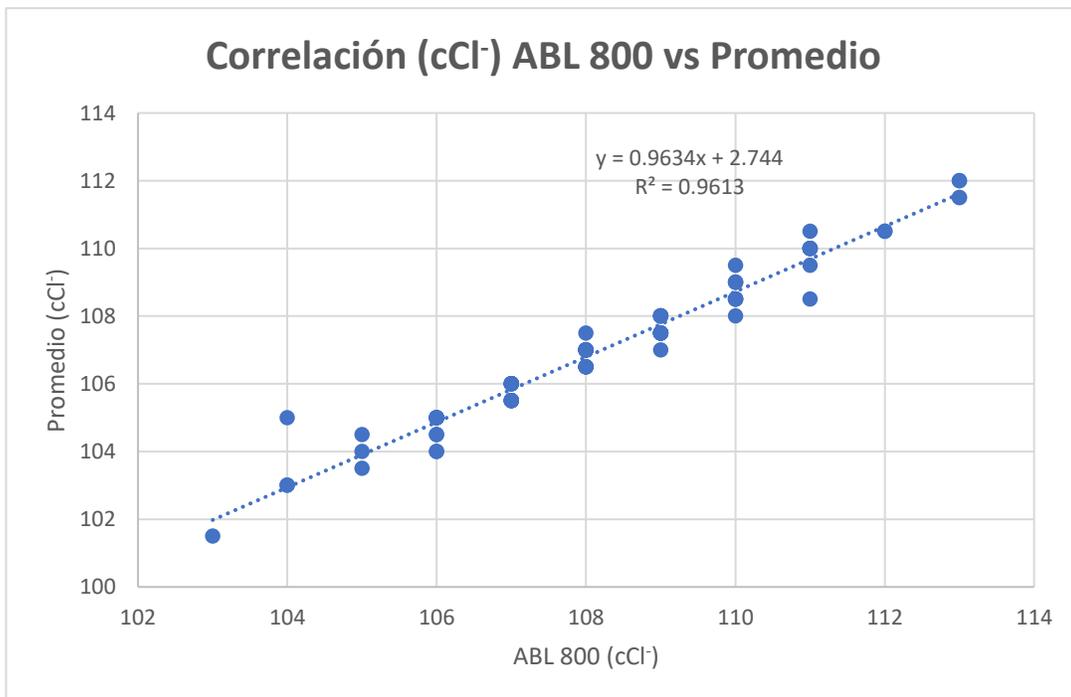


Figura 20. Gráfico de correlación para el parámetro cCl⁻.

La figura 21 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del cCa^{2+} de cada pareja de resultados en el eje "x" y sus diferencias entre el resultado del cCa^{2+} medido en el sitio de toma con el cCa^{2+} que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje "y". La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del cCa^{2+} , línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 22 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje "x" los valores del cCa^{2+} obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje "y" el promedio del cCa^{2+} de los equipos ABL 90 y ABL 800.

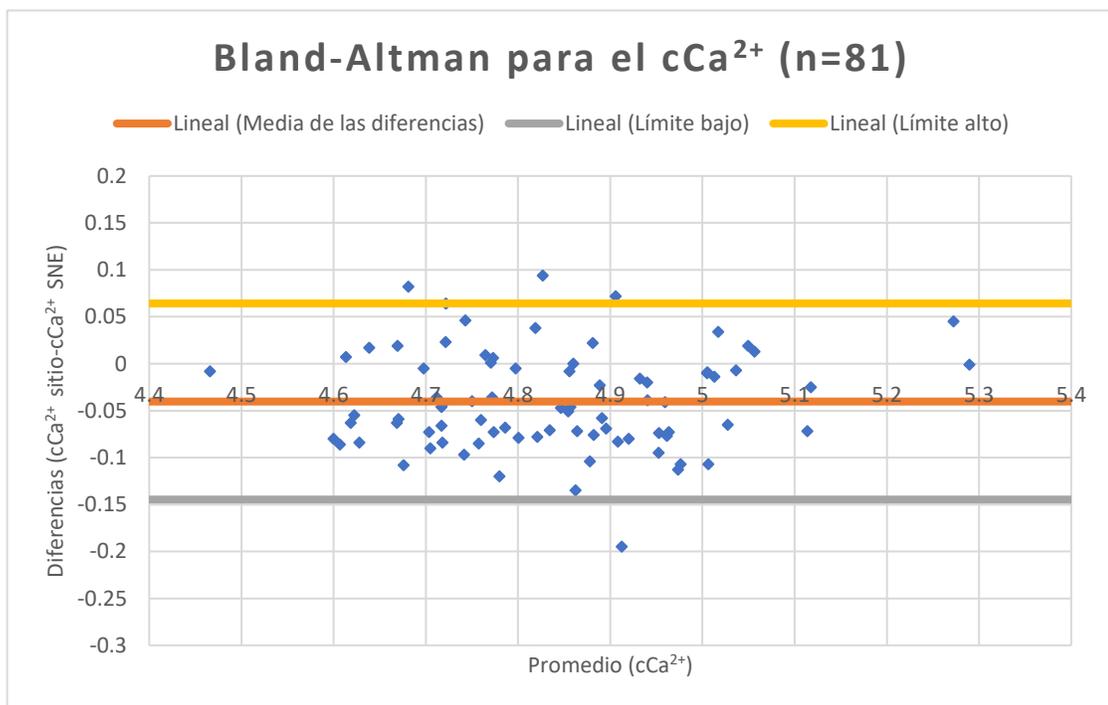


Figura 21. Gráfico Bland-Altman para el parámetro cCa^{2+} .

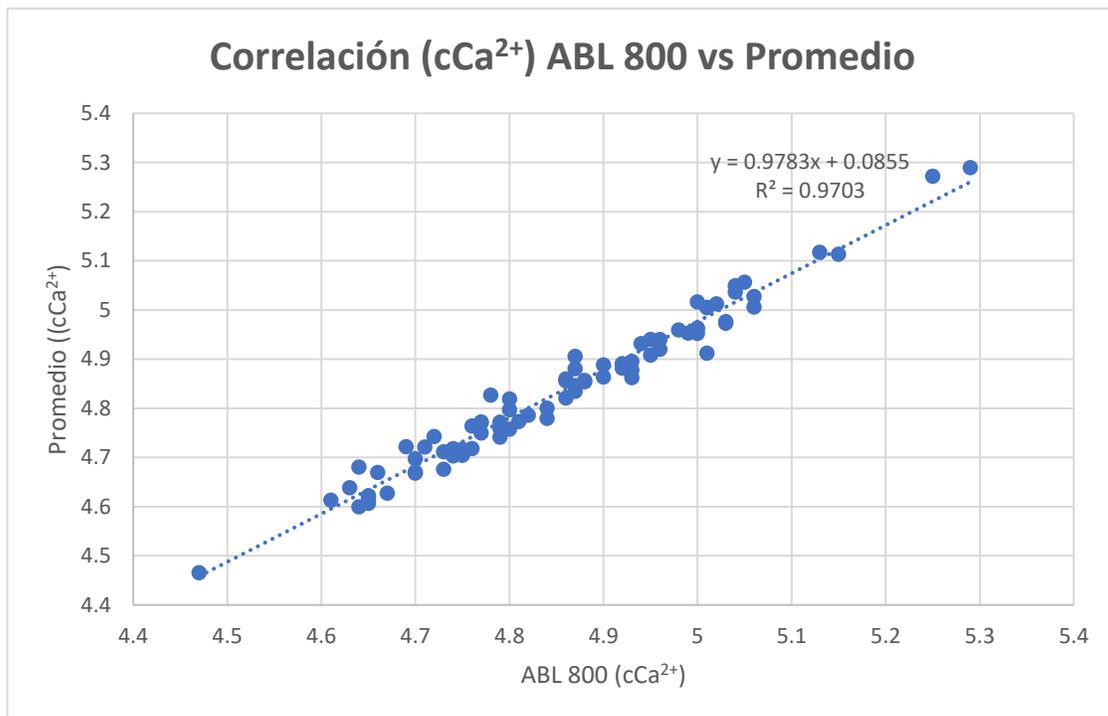


Figura 22. Gráfico de correlación para el parámetro cCa²⁺.

La figura 23 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del cGlu de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del cGlu medido en el sitio de toma con el cGlu que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del cGlu, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 24 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del cGlu obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del cGlu de los equipos ABL 90 y ABL 800.

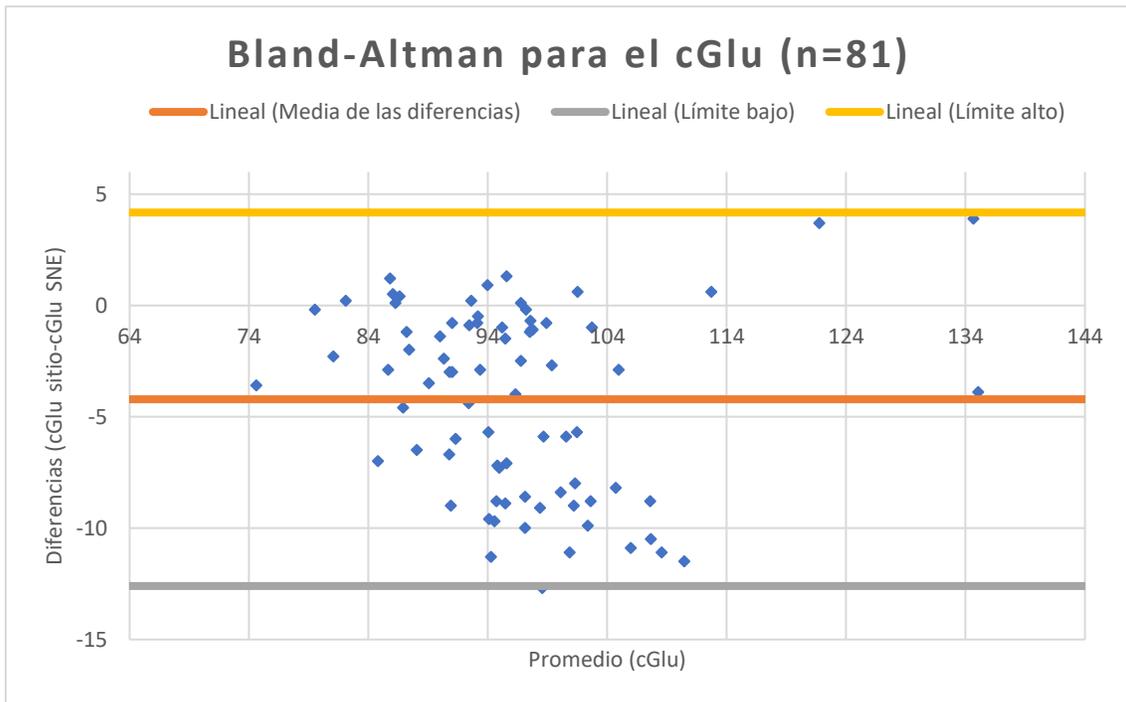


Figura 23. Gráfico Bland-Altman para el parámetro cGlu.

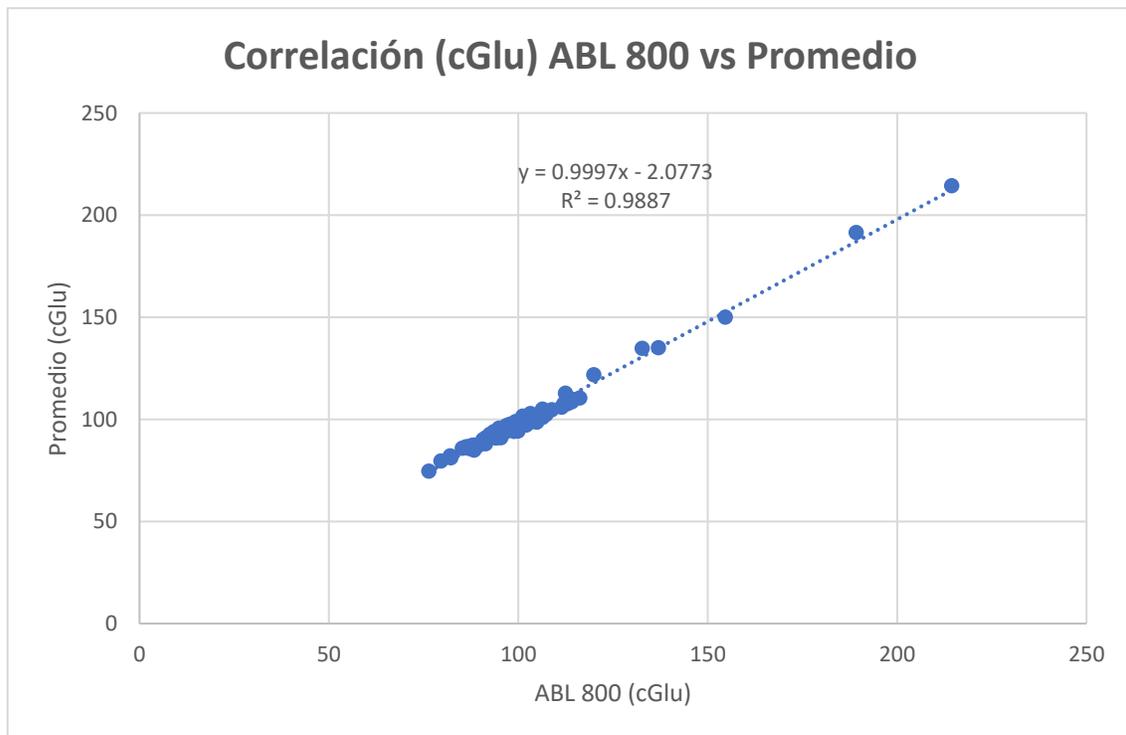


Figura 24. Gráfico de correlación para el parámetro cGlu.

La figura 25 muestra el gráfico Bland-Altman del promedio del cLac de cada pareja de resultados en el eje “x” y sus diferencias entre el resultado del cLac medido en el sitio de toma con el cLac que se obtuvo de muestras transportadas por el SNE en el eje “y”. La línea naranja representa la media calculada de todas las diferencias de los valores del cLac, línea amarilla es el límite alto y línea gris es el límite bajo con un nivel de confianza del 95%. En la figura 26 se observa el gráfico de correlación, donde se graficó en el eje “x” los valores del cLac obtenido del equipo ABL 800 ubicado en el laboratorio y en el eje “y” el promedio del cLac de los equipos ABL 90 y ABL 800.

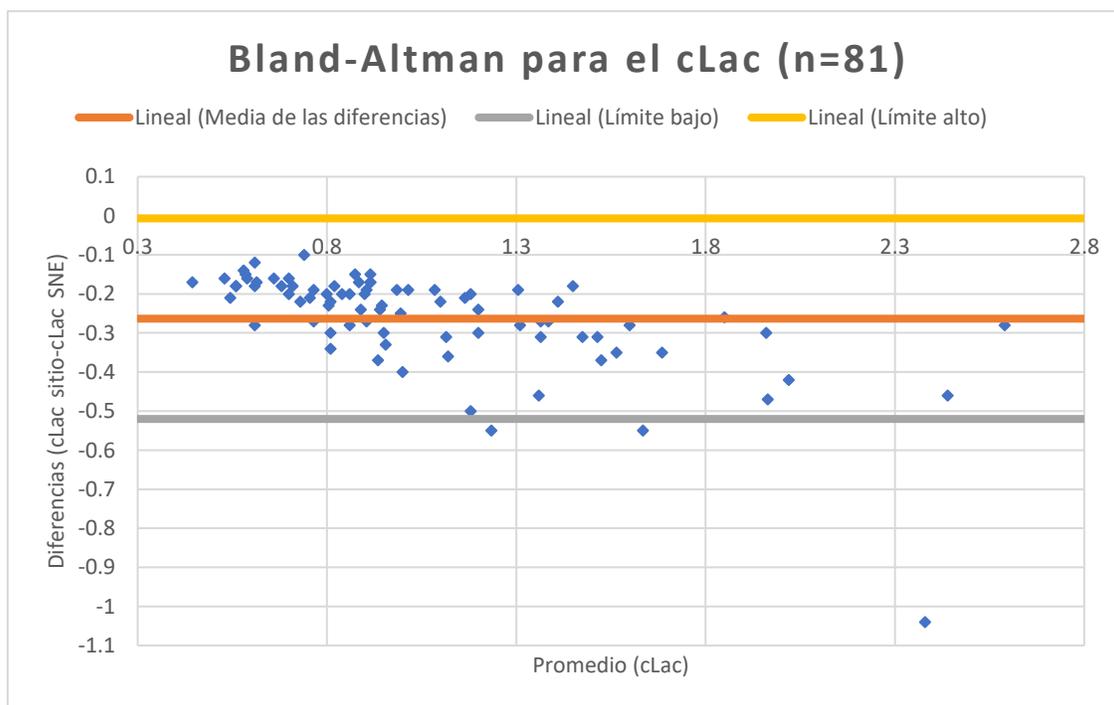


Figura 25. Gráfico Bland-Altman para el parámetro cLac.

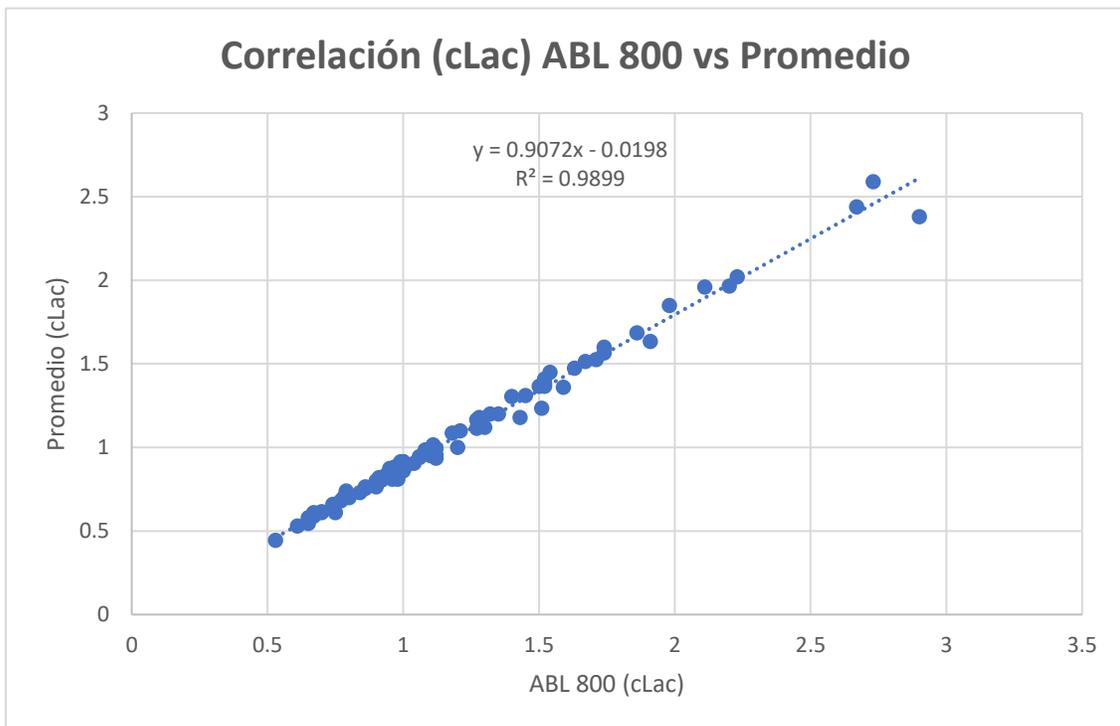


Figura 26. Gráfico de correlación para el parámetro cLac.

Discusión de resultados

Los límites bajo y alto establecieron el intervalo de confianza en la comparación de cada variable en que se esperó que, si no hay diferencias entre los resultados, la mayoría de los puntos graficados estuvieran dentro de ese intervalo. En las Figuras 1-13 se graficaron los límites bajo y alto, y se pudo observar que la mayoría de los datos obtenidos estuvieron dentro del intervalo de confianza calculado para cada analito, esto nos indicó que no existen diferencias clínicamente significativas entre los resultados de las muestras analizadas en sitio comparadas con las transportadas por el SNE para su análisis en el laboratorio. Cuando en el gráfico de Bland-Altman el valor 0 de las diferencias está contenido dentro de los límites alto y bajo, nos informa que no hay una diferencia estadística entre los resultados, pero si se encuentra fuera de

los límites, como fue en el caso de FCOHb, FMetHb, cNa⁺, cCl⁻ y cLac, presentaron una diferencia significativa estadísticamente hablando.

Se realizó el análisis estadístico de datos mediante la metodología de Bland-Altman considerando un nivel de confianza de 95% y se compararon las muestras que fueron transportadas por el SNE tomado como referencia de muestras analizadas en sitio de toma para las mismas variables del perfil de gasometría, con la intención de identificar posibles diferencias entre el tratamiento al que fueron sometidas las muestras dentro del tubo neumático previo a su análisis, realizando así la comparación de ambos métodos de proceso.

También se realizaron los gráficos de correlación entre ambos procedimientos para verificar el comportamiento de los analitos revisados, así como de la posible existencia de diferencia entre los valores del método de referencia respecto al de comparación. En estos gráficos se observó que los datos de las dos variables se relacionan linealmente, a excepción de la FMetHb. Esto puede ser debido a que, considerando que el valor de referencia de este analito es de 0.0 a 1.4% y los resultados obtenidos de las muestras de los sujetos estudiados sólo se representaron con un decimal de definición, no permitió determinar con mayor precisión la correlación entre los métodos, sin embargo, fue posible establecer al menos 6 poblaciones con diferente concentración del analito. Sin embargo, mediante el gráfico de Bland-Altman pudo establecerse que no hubo diferencia de relevancia clínica puesto que todos los resultados se encontraron dentro del intervalo de referencia.

Posteriormente, se realizó el cálculo del sesgo para cada pareja de resultados para obtener el sesgo promedio de cada parámetro. El sesgo está presentado en la Tabla 4 (Anexo 1), donde el valor de referencia fue el cuantificado en el sitio de toma y comprobar que esa diferencia no fuera clínicamente significativa. Lo anterior se cumplió para los sesgos obtenidos en los analitos pH, pCO₂, pO₂, ctHb, FO₂Hb, FCOHb, FMetHb, cNa⁺, cCl⁻, cK⁺, cCa²⁺ y se observó que en el caso de cGlu, fue menor a la su respectiva desviación estándar, indicando que para este analito, la metodología presenta muy buen desempeño en su determinación. Para el caso del parámetro cLac, el sesgo hallado fue mayor a su desviación estándar, por lo que, considerando la naturaleza de labilidad del metabolito, se recurrió a revisar este comportamiento al comparar los datos obtenidos con los de desempeño analítico que presentan los equipos en condiciones de rutina (Anexo 2).

El sesgo de todos los parámetros se compararon con los requisitos de calidad (metas analíticas) establecidos por el Laboratorio ya que en éste se cuenta con un sistema de gestión de control de calidad de 3^a opinión y los requisitos son establecidos con base en el desempeño analítico de cada equipo y analito, así como de los resultados obtenidos en el Programa de Evaluación Externa de la Calidad (Anexo 2), donde al revisar el Error Total Máximo Permitido (Eta) de los analitos del perfil de gasometría, se observó su cumplimiento de acuerdo a las especificaciones de ambos programas, por lo que se puede concluir que no existe diferencias clínicamente significativas que impacte en la toma de la decisión médica respecto al establecimiento del diagnóstico y/o tratamiento de los pacientes.

En la Tabla 5 del Anexo 1, se mostró el porcentaje que representan los puntos que salieron del intervalo de confianza establecido para cada parámetro. Estas diferencias pueden ser propias de la variabilidad biológica, hábitos, enfermedades no mencionadas o sin conocimiento de cada individuo, dificultad entre las tomas de muestras por la anatomía de cada individuo, así como del sistema empleado en la extracción de las muestras de (sistema mariposa) pues, inicialmente, el calibre de la aguja utilizado fue menor (21G x 19 mm/7") por la disponibilidad del material para venas delgadas o de acceso difícil y, posteriormente, se utilizó un calibre mayor (23G x 19mm/ 7"), lo cual permitió realizar una toma de muestra con mayor facilidad y rapidez.

Comparando los resultados obtenidos en este trabajo con un estudio realizado en Canadá donde se evaluó como el SNE afectaba a sus pruebas de química sanguínea, hematología, coagulación y gasometría en el que también compararon el transporte manual contra el SNE. Los resultados que obtuvieron fueron que el SNE no tuvo un impacto en los valores de hemólisis, lipemia e ictericia ($p < 0.05$), pero si en la fosfatasa alcalina ($p = 0.009$), bilirrubina total ($p = 0.027$) y hemoglobina ($p = 0.012$), pero estos tuvieron un sesgo promedio muy bajo que fue entre 0.01% a 2%. Para el caso del potasio ($p = 0.011$), hemoglobina total ($p = 0.033$) y porcentaje de desoxihemoglobina ($p = 0.041$), encontraron una diferencia estadísticamente significativa para el caso de muestras capilares de neonatos pero el sesgo no fue mayor a $\pm 4\%$. Con sus observaciones determinaron que esas variaciones no fueron clínicamente significativas porque el sesgo fue muy bajo y concluyen que su SNE no impactó de

manera significativa en sus resultados (7), situación que se reprodujo en este trabajo para los analitos del perfil de gasometría.

Finalmente, en el objetivo general se planteó la diferencia o alteración clínicamente significativa de los resultados obtenidos, lo cual se refiere al uso o interpretación que el médico hace de los datos que considera clínicamente relevantes para evaluar el resultado de un estudio particular acorde a la condición del paciente en ese momento. Los resultados clínicamente significativos son los que ayudan a mejorar la atención médica y en beneficio de los pacientes (37). Esto es aplicable tanto si se trata de sujetos sanos como de pacientes en estado crítico, por lo que el laboratorio debe validar y/o verificar las metodologías empleadas para garantizar que los datos informados corresponden a la calidad analítica de la muestra y que ésta a su vez, sea el reflejo de la condición del paciente.

Cabe hacer mención que, en el caso del presente estudio, lo indicado como “clínicamente significativo”, se refiere a los resultados de cada parámetro de la gasometría evaluados y que, bajo las condiciones de las metas analíticas establecidas para el desempeño de cada analito en los equipos analizadores, no representan cambio o modificación en la interpretación de éstos para la atención del clínico hacia sus pacientes por lo que la diferencia entre las determinaciones de los equipos analizadores no son relevantes para signifique una disyuntiva en las decisiones clínicas.

En este estudio se trabajó con voluntarios de diferentes edades y siendo trabajadores del Instituto, un estudio posterior utilizando a la población infantil del Instituto puede

ser considerado pues existen condiciones como la leucemia linfocítica crónica, anemia falciforme, esferocitosis hereditaria, en la que los leucocitos o eritrocitos tienen una mayor fragilidad y si el SNE puede tener un efecto importante sobre muestras de este tipo de pacientes los valores de potasio, lactato deshidrogenasa y la hemólisis pueden verse alterados (38; 39), sin embargo, para el caso de las gasometrías venosas y arteriales que se han procesado históricamente en el Laboratorio y que cumplen con los requerimientos preanalíticos establecidos, no ha habido registro acerca de alguna controversia al respecto.

Conclusiones

Se obtuvieron los resultados de las muestras analizadas en el sitio de toma de muestra y los de las transportadas por el sistema neumático de envío (SNE) y, con base en los resultados obtenidos, se observa que no existe diferencia o alteración clínicamente significativa de los analitos estudiados del Perfil de Gasometría conformado por pH, presiones parciales de gases ($p\text{CO}_2$ y $p\text{O}_2$), electrolitos (Na^+ , K^+ , Cl^- y Ca^{2+}), metabolitos (Glu y Lac) y oximetría (tHb, FO₂Hb, FCOHb y FMetHb), según lo observado en los gráficos de Bland-Altman y de correlación de entre las muestras analizadas en el sitio de toma de muestra y las enviadas al laboratorio mediante el SNE, por lo que no representa un efecto negativo sobre la toma de decisiones del clínico para la atención de los pacientes.

Con base en los resultados obtenidos, se corrobora la hipótesis presentada acerca del uso de la vía del Sistema Neumático de Envío, que va desde el área de toma de productos hasta la de proceso de gasometrías en el Laboratorio de Química Clínica y

Urgencias, no representa diferencia clínica mente significativa en los resultados derivados de las muestras que son enviadas por este medio de transporte y se da cumplimiento los objetivos planteados en este trabajo.

Si bien en el análisis de los datos puede observarse la existencia de diferencias estadísticamente significativas, es importante considerar que los resultados obtenidos provenientes de sistemas biológicos están sujetos a diversas variables (intrínsecas y extrínsecas) que pueden incidir en el uso que se dé a su interpretación para la toma de decisiones.

Anexo 1 **Tabla 1.** Resultados del promedio y la diferencia entre cada pareja de datos. pH, pCO₂ (mmHg), pO₂ (mmHg) y ctHb (%).

Promedio (pH)	Diferencia (pH)	Promedio (pCO ₂)	Diferencia (pCO ₂)	Promedio (pO ₂)	Diferencia (pO ₂)	Promedio (ctHb)	Diferencia (ctHb)
7.3765	-0.007	45.3	3.8	32.55	-12.3	17.85	0.3
7.4195	0.001	38.55	1.3	26.95	-4.5	15.55	0.3
7.373	0.028	44.8	-2.8	20.25	-2.5	17.8	0.2
7.449	0.01	33.45	-0.3	48.8	2.2	17.3	0.2
7.444	-0.004	31	2.6	57.75	-14.3	13.95	0.3
7.3705	0.013	47.65	-0.5	15.65	-2.1	15.9	0.2
7.379	0.01	42.85	-0.3	37.25	1.5	13.15	0.1
7.3885	0.001	43.2	2.2	29.9	-9.6	14.25	0.3
7.373	0.002	44.7	0.6	41.05	0.7	15.25	0.3
7.424	-0.002	37.4	2.6	36.75	-8.3	12.85	0.3
7.311	-0.004	55.25	0.9	26	-5.2	17.55	0.3
7.4065	0.001	40.25	1.1	54.45	-1.3	17.2	0.2
7.3875	0.009	44.8	0.6	27.7	-2.8	14.8	0.2
7.3675	-0.003	37.1	1.2	36.35	-2.5	13.8	0.4
7.3815	0.001	50.35	0.9	18.75	-1.5	17.2	0.2
7.39	0	40.05	1.9	17.35	-6.9	14.2	0.2
7.391	-0.002	33.95	0.9	45.35	3.9	15.1	0
7.34	0.002	46.5	0.8	27.6	-4.2	17.05	0.1
7.409	0.002	38.3	2	46.75	-2.5	16.75	0.3
7.387	-0.004	37.15	1.3	29.75	-6.1	15.8	0.2
7.364	-0.014	48.6	6	18.3	-3.8	14.35	0.5
7.381	0	45.7	3.2	18.35	-4.5	11.15	0.3
7.4065	0.003	44.85	3.9	26.8	-4.2	14.25	0.3
7.3785	0.007	44.15	1.7	19.75	-1.3	12.7	0
7.392	-0.008	43.55	3.5	22.05	-4.3	15.25	0.3
7.394	-0.004	38	1.2	49.2	-5.4	15.15	0.5
7.385	-0.002	43.25	2.5	34.35	-2.9	15.5	0.2
7.4165	-0.003	34.25	0.1	31.5	-2.8	15.25	0.3
7.3745	0.001	47.85	3.5	28.05	-3.3	13.65	0.3
7.373	0	49.2	4	23.25	-3.9	16.45	0.3
7.4005	0.001	43.35	1.7	30.85	-2.5	15.8	0.2
7.403	0	41.45	1.7	16.55	-2.7	14.5	0.4
7.412	0.004	43.55	2.1	24.35	-2.1	15.15	-0.5
7.3605	-0.001	50.75	5.1	29.5	-4	15.9	0.2
7.359	0	53.35	5.5	24.4	-3.2	17.95	0.1
7.36	-0.006	41.9	2.4	27.05	-3.1	15.55	0.3
7.402	-0.006	38.9	1.6	30.25	-3.1	15.8	0.2
7.366	0.004	49.3	0.8	23.05	-3.5	17.25	0.1
7.387	0.004	46.85	1.7	27.85	-4.7	15.75	0.1
7.373	0.004	48.3	1.2	23	-3.4	14.75	0.3
7.3705	0.003	46.25	1.3	18.9	-3.4	14.85	0.3
7.403	0.002	42.45	1.3	25.3	-3.8	17.15	0.3
7.342	0.002	51.5	1.2	12.05	-3.3	16.2	0.2
7.4105	0.005	41.65	1.5	24.15	-3.9	13.55	0.3
7.375	0	43.45	1.5	20.9	-3.8	14.75	0.3
7.3845	0.001	44.55	1.5	26.3	-4	12.6	0.2
7.44	0.006	36.85	1.7	36.15	-2.3	14.3	0.2
7.3885	-0.001	41.5	1.6	33.95	-2.3	15.4	0.2
7.3785	0.005	47.45	1.5	20	-4.2	14.5	0.4
7.3885	-0.001	38.1	1.8	22.05	-4.1	14.35	0.3
7.3725	-0.001	45.75	1.3	23.8	-3.6	17.75	0.3
7.4195	0.001	40.1	1.8	22.45	-3.7	15.3	0.2
7.389	0	43	1.6	34.8	-3.8	15.7	0
7.3875	0.005	47.95	1.3	20.1	-4	15.4	0.4
7.3935	0.007	42.1	2.4	25.55	-2.5	15.7	0.2
7.391	0.004	44.85	1.7	22.7	-3.8	16.05	0.3
7.3775	0.003	45.5	1	25.85	-2.5	17.4	0.2
7.342	0.002	50.2	0.8	14.7	-3.8	16.35	0.5
7.3585	-0.003	47.9	2.2	28.8	-9	16.95	0.3
7.427	0.004	39.3	1.2	21.55	-3.9	13.1	0.4
7.3905	0.001	37.2	1.2	33.75	-1.7	16	0.2
7.3895	-0.003	41.2	1.6	38.8	-2.8	16.95	0.3
7.3945	0.005	45.3	1	21.7	-3.2	13.75	0.3
7.3655	-0.001	44.55	2.1	36.85	-1.7	17.25	-0.1
7.382	0.006	46	1.8	16	-2.2	14.75	-0.1
7.377	0.008	47.1	1.4	15.05	-2.5	13.35	-0.3
7.3585	0.007	50	-0.4	17.6	-3.4	14.7	0.4
7.402	0.002	38.3	1.6	17.65	-2.7	14.15	0.3
7.393	0.006	43.15	1.5	27.4	-1.6	14.3	0.2
7.3595	0.001	48.55	0.7	21.65	-2.7	17.3	0.2
7.388	0	49.6	0.6	25.75	-0.7	20.25	0.1
7.3535	-0.001	49.5	0.8	16.95	-3.1	15.35	0.1
7.3695	0.001	42.35	1.7	28.7	-3.8	13.45	0.3
7.379	0.006	48.35	1.9	19.5	-1.8	15.95	0.1
7.352	0.002	52.1	1.2	18.05	-4.3	16.4	0.2
7.3285	0.005	53.55	0.7	15.1	-4.2	15.2	0.2
7.3815	-0.003	41.85	1.5	38.9	-3.4	15.5	0.2
7.35	0	49.4	1.4	29.55	-3.5	16.6	0.2
7.399	0	40.25	1.5	21.35	-3.3	15.15	0.1
7.341	0.002	51.65	0.9	18.6	-3.2	16.8	0.2
7.405	-0.004	34.9	2.2	31.3	-2.4	16.7	0.4

Tabla 2. Resultados del promedio y la diferencia entre cada pareja de datos. FO₂Hb (%), FCOHb (%), FMetHb (%) y cNa⁺ (mmol/L).

Promedio (FO ₂ Hb)	Diferencia (FO ₂ Hb)	Promedio (FCOHb)	Diferencia (FCOHb)	Promedio (FMetHb)	Diferencia (FMetHb)	Promedio (cNa ⁺)	Diferencia (cNa ⁺)
59.35	-11.1	1.1	0.4	0.7	0	141.55	2.1
46.8	-1.6	1.05	0.3	0.9	-0.2	138.9	1
28.8	4.2	0.85	0.5	0.65	-0.1	140.8	1.8
82.1	6.2	1	0.2	0.8	-0.2	141.55	1.7
88.05	-4.9	0.9	0.2	0.65	-0.1	139.35	1.7
17.3	3.8	0.85	0.5	0.75	-0.1	143.85	1.9
63.95	8.9	0.75	0.3	0.8	0	142.7	2.2
52.25	-13.5	0.85	0.3	0.8	0	139.95	3.1
70.7	4.2	1.1	0.4	0.75	-0.3	141.85	1.7
65.35	-10.3	0.85	0.3	0.85	-0.1	143.3	2
37.75	-3.1	0.85	0.5	0.75	-0.1	143	2.2
86.2	1.6	1	0.2	0.75	-0.1	140.1	2.8
48.45	1.5	0.85	0.3	0.85	-0.1	142.5	1.6
61.6	2.2	0.9	0.4	0.7	0	141.1	1.8
21.85	0.1	0.65	0.5	0.8	-0.2	142.55	2.9
19	-8.4	0.4	0.4	0.95	0.1	137.35	2.9
77.75	4.9	1.35	-0.1	0.75	-0.1	142.15	2.3
44.35	-2.5	0.7	0.4	0.7	-0.2	142.5	2.6
76.05	-4.9	0.9	0.2	0.75	0.1	138.95	3.9
51.3	-6.6	2.1	0.2	0.8	-0.2	138.9	3
21.2	-2.2	0.5	0.4	0.8	-0.2	142.8	4
18.55	-3.3	0.65	0.3	0.9	0	139.5	3
47.8	-4	4.25	0.3	0.75	-0.1	141.7	2.8
24.8	4.6	0.7	0.4	0.7	0	139.7	3.2
31.9	-4.8	0.9	0.2	0.85	-0.1	140.1	3.8
81.4	-2.8	0.75	0.1	0.65	-0.1	139.15	4.5
60.7	0.4	0.95	0.3	0.75	-0.1	139.1	3.6
56.9	0.4	0.8	0.2	0.7	-0.2	140.25	3.5
46.3	0.2	0.75	0.3	0.9	0	141.35	3.7
35.7	-1.2	0.75	0.3	0.6	-0.2	139.35	3.5
55.65	1.1	0.95	0.3	0.85	-0.1	142.8	3.6
16.65	0.1	0.55	0.5	0.95	-0.1	139.55	4.1
38.8	0	0.8	0.2	0.95	-0.1	136.15	3.3
46.15	-2.3	0.4	-0.4	1.1	-0.4	141.9	3.8
36.3	0	0.7	0.4	0.65	-0.3	141.85	2.5
44.05	0.5	0.95	0.3	0.75	-0.1	137.4	1.8
54.4	0.6	0.75	0.3	0.85	-0.3	140.9	2
34.35	-1.1	1.05	0.5	0.7	0	139.45	1.7
47.1	-2.2	1.15	0.7	0.7	0	140.6	3
33.65	0.9	0.7	0.6	1	0	141.85	1.1
22.7	-1.2	0.9	0.6	0.8	0.2	141.05	2.9
40.55	-0.9	1.3	0.6	0.7	0	141.65	3.1
10.15	-0.3	1.35	0.5	0.8	0.2	144.15	2.5
36.05	-1.7	1.35	0.5	0.8	0.2	141	2.8
28.35	-2.1	0.8	0.6	0.9	0.2	143.7	2.4
39.3	-2	1.15	0.5	0.9	0	140.9	2.4
65.1	0.6	2.2	0.6	0.7	0	137.65	2.5
54.8	-2.6	1	0.6	0.65	0.1	143.8	2.4
25.9	-3	0.75	0.5	0.8	0.4	140.8	2.8
31.9	-2.8	0.85	0.5	0.7	0.2	139.8	2.2
36.4	-1.6	0.85	0.5	0.7	0	141.35	2.5
33.65	-1.7	1	0.4	0.9	0.2	141.45	2.5
60.1	-1.8	1.15	0.7	0.5	0	141.75	2.1
25.2	-2.4	0.8	0.6	0.85	0.3	142.65	2.5
44.5	-1.4	1.05	0.3	0.85	-0.1	139.65	0.5
34.05	-2.3	0.95	0.5	0.7	0.2	142.75	2.5
39.2	-1	1.1	0.6	0.7	0.2	139.2	2.2
13.1	-0.6	0.7	0.4	0.8	0.2	141.8	1.6
52.3	-1.6	1	0.6	0.7	0	139.65	0.7
31.7	-1.8	0.95	0.5	0.75	0.3	143.05	1.9
61.3	3.2	1	0.6	0.75	-0.1	141.6	1.8
69.15	-0.3	1	0.6	0.55	-0.1	141.1	2
27.85	-0.3	0.8	0.6	1.1	0.4	141.65	1.7
66.65	-0.3	1.15	0.5	0.75	-0.1	140.8	3
18	1	0.7	0.4	0.95	0.1	141.4	3
13.2	-0.6	0.55	0.5	0.9	0.2	139.65	3.3
20.25	2.9	0.75	0.5	0.8	0.2	142.1	1.2
19.55	-0.1	0.7	0.6	0.8	0.4	141.35	1.3
48.25	0.1	1.1	0.4	0.75	-0.1	139.9	2
30.15	0.7	0.8	0.6	0.8	0	141.6	2.4
41.6	8	1.1	0.6	0.7	0	140.8	1.2
16.9	-0.6	1.8	0.6	1.05	0.1	140.4	1.8
48.1	-2	1	0.6	0.7	0.2	139.65	2.3
26.95	-0.7	0.95	0.3	0.9	0	142.35	2.7
19.85	-2.9	0.75	0.5	0.8	0.2	141.5	3
13.65	-1.9	0.85	0.5	0.75	0.3	142.15	2.3
66.4	0	0.95	0.7	0.7	0	139.35	2.5
49.8	-0.4	1.2	0.6	0.75	-0.1	140.9	2
30.65	0.1	0.8	0.6	0.95	-0.1	139.15	1.1
21.75	-0.7	0.95	0.5	0.8	0	141	2.6
54.6	0.2	0.95	0.7	0.75	0.1	142.85	2.9

Tabla 3. Resultados del promedio y la diferencia entre cada pareja de datos. cK⁺ (mmol/L), cCl⁻ (mmol/L), cCa²⁺ (mg/dL), cGlu (mg/dL) y cLac (mmol/L)

Promedio (cK ⁺)	Diferencia (cK ⁺)	Promedio (cCl ⁻)	Diferencia (cCl ⁻)	Promedio (cCa ²⁺)	Diferencia (cCa ²⁺)	Promedio (cGlu)	Diferencia (cGlu)	Promedio (cLac)	Diferencia (cLac)
4.405	0.01	107.5	-3	4.7975	-0.005	93.35	-2.9	0.81	-0.34
3.795	-0.09	103	-2	4.7645	0.009	214.3	-0.2	2.44	-0.46
4.57	0.04	106	-2	4.94	-0.02	99.35	-2.7	2.38	-1.04
3.745	0.01	109	-2	4.6975	-0.005	104.95	-2.9	0.935	-0.37
4.13	0.06	108	-2	4.7215	0.023	191.5	4.6	2.02	-0.42
4.755	-0.07	109.5	-3	4.8885	-0.023	92.45	-0.9	1.235	-0.55
3.455	-0.05	109	-2	5.2725	0.045	121.75	3.7	1.565	-0.35
4.065	0.09	107.5	-3	4.7705	0.001	81.05	-2.3	0.61	-0.28
4.32	0	107.5	-1	4.86	0	90	-1.4	0.86	-0.2
3.865	0.11	110	-2	5.017	0.034	98.9	-0.8	1.12	-0.36
4.4	0.12	107.5	-3	5.0365	-0.007	95.45	-1.5	2.59	-0.28
3.7	0.02	106	-2	4.681	0.082	91	-0.8	1.2	-0.3
4.34	-0.02	108.5	-3	4.712	-0.036	97.55	-0.7	1.18	-0.5
3.95	0.04	112	-2	5.2895	-0.001	101.5	0.6	0.905	-0.19
3.7	-0.08	104.5	-3	4.6695	0.019	90.3	-2.4	0.545	-0.21
3.81	0.1	106.5	-3	4.881	0.022	79.5	-0.2	1.36	-0.46
3.915	-0.03	112	-2	4.9405	-0.039	97.5	-1.2	0.875	-0.15
3.77	0.04	108	-2	4.8955	-0.069	96.75	-2.5	0.955	-0.33
3.715	-0.05	107.5	-3	4.786	-0.068	135.05	-3.9	1.635	-0.55
4.295	0.07	111.5	-3	4.878	-0.104	92.6	0.2	0.73	-0.22
4.445	-0.25	108.5	-5	4.864	-0.072	97.65	-1.1	1.165	-0.21
3.82	-0.02	104	-4	4.7035	-0.073	86.25	0.1	0.81	-0.3
4.35	0.02	108.5	-3	4.9735	-0.113	134.65	3.9	1.31	-0.28
4.14	-0.04	107	-2	4.882	-0.076	87.4	-2	0.53	-0.16
3.905	-0.15	107	-4	5.0055	-0.009	102.7	-1	1.6	-0.28
3.955	0.03	108	-2	4.7185	-0.043	86.05	0.5	0.805	-0.23
3.87	0	105.5	-3	4.8005	-0.079	82.1	0.2	0.615	-0.17
4.185	-0.01	110.5	-3	4.9525	-0.095	95.55	1.3	1.385	-0.27
4.185	0.01	106.5	-3	4.9635	-0.073	86.6	0.4	0.94	-0.24
4.295	-0.03	103.5	-3	5.0275	-0.065	93.95	0.9	0.81	-0.22
3.82	0	108	-4	5.114	-0.072	93.15	-0.5	1.115	-0.31
3.805	0.01	106.5	-3	4.7735	-0.073	85.8	1.2	0.61	-0.18
4.005	0.09	101.5	-3	4.827	0.094	89.05	-3.5	1	-0.4
4.19	0.02	105.5	-3	4.75	-0.04	93.1	-0.8	1.475	-0.31
4.07	0	104	-4	4.9595	-0.041	91	-3	1.965	-0.47
4	-0.02	106.5	-3	4.628	-0.084	90.8	-3	0.905	-0.27
3.89	0	108.5	-3	4.821	-0.078	95.2	-1	0.765	-0.19
4.335	-0.05	106	-2	4.6	-0.08	94.1	-9.6	0.765	-0.27
4.31	0.06	105.5	-3	4.906	0.072	102.35	-9.9	0.915	-0.17
4.41	-0.04	107.5	-3	4.932	-0.016	94.95	-7.3	0.82	-0.18
4.04	0.02	107.5	-3	4.819	0.038	97.1	-8.6	0.58	-0.14
3.755	0.03	107.5	-3	4.6135	0.007	100.85	-11.1	0.68	-0.18
4.74	0.06	110	-2	5.005	-0.01	94.8	-7.2	0.7	-0.16
4.055	0.03	107.5	-3	4.466	-0.008	100.1	-8.4	0.8	-0.2
4.395	0.01	110.5	-3	4.856	-0.008	88.05	-6.5	1.45	-0.18
3.95	0	105.5	-3	4.743	0.046	84.8	-7	0.915	-0.15
3.845	0.01	105.5	-3	4.722	0.064	107.6	-8.8	1.305	-0.19
3.84	-0.02	110	-2	4.607	-0.086	97.1	-10	0.9	-0.2
4.84	0.02	105	-2	4.857	-0.046	104.7	-8.2	1.515	-0.31
3.55	-0.02	110	-2	4.6185	-0.063	90.75	-6.7	0.59	-0.16
4.09	-0.02	107	-2	4.6705	-0.059	107.65	-10.5	1.085	-0.19
3.865	0.01	109.5	-1	4.6225	-0.055	94.7	-8.8	1.015	-0.19
4.11	-0.04	108.5	-3	4.92	-0.08	94.55	-9.7	0.71	-0.18
4.035	-0.01	106	-2	4.891	-0.058	101.3	-8	0.885	-0.17
4	-0.02	105	2	4.9125	-0.195	85.65	-2.9	0.74	-0.1
4.25	-0.02	108	-2	4.76	-0.06	94.05	-5.7	0.585	-0.15
3.96	-0.04	105	-2	4.7575	-0.085	108.55	-11.1	0.84	-0.2
4.03	0.02	107	-2	5.0065	-0.107	96.3	-4	1.525	-0.37
3.95	-0.06	106	-2	4.676	-0.108	101.2	-9	0.61	-0.12
3.98	-0.04	109	-2	4.8345	-0.071	92.4	-4.4	0.66	-0.16
3.93	-0.02	110	-2	4.705	-0.09	101.45	-5.7	0.995	-0.25
4.085	-0.03	107	-2	4.78	-0.12	95.45	-8.9	1.365	-0.27
4.07	-0.02	105	-2	4.772	-0.036	95.55	-7.1	0.89	-0.24
3.805	0.05	106.5	-3	4.7415	-0.097	97.2	-0.2	1.41	-0.22
3.735	0.09	104.5	-1	5.013	-0.014	87.2	-1.2	0.86	-0.28
3.905	0.11	103	-2	4.773	0.006	97.75	-1.1	0.985	-0.19
4.45	-0.06	104	-2	4.9615	-0.077	100.55	-5.9	1.685	-0.35
4.075	-0.03	110.5	-1	4.9085	-0.083	86.9	-4.6	0.56	-0.18
4.23	0.06	107	-2	5.0495	0.019	112.7	0.6	0.56	-0.18
4.135	-0.01	106	-2	4.953	-0.074	102.6	-8.8	1.1	-0.22
3.995	-0.11	104.5	-3	4.717	-0.066	98.55	-12.7	0.95	-0.3
4.095	-0.01	106	-2	4.8545	-0.051	90.9	-9	0.915	-0.17
3.85	0	108	-2	4.6685	-0.063	98.65	-5.9	1.18	-0.2
3.845	0.07	105	-2	4.718	-0.084	96.75	0.1	0.755	-0.21
4.175	0.03	105.5	-3	5.1175	-0.025	91.3	-6	1.2	-0.24
4.41	0.02	107	-2	4.9765	-0.107	74.6	-3.6	1.365	-0.31
3.245	-0.01	105	-2	4.6385	0.017	98.35	-9.1	1.96	-0.3
4.06	0	107	-2	4.8625	-0.135	110.45	-11.5	0.945	-0.23
3.86	-0.02	107	-2	4.717	-0.046	94.25	-11.3	0.7	-0.2
3.96	0	105	-2	4.8465	-0.047	105.95	-10.9	0.445	-0.17
4.165	0.03	111.5	-3	5.0565	0.013	149.95	-9.3	1.85	-0.26

Tabla 4. Resultados del promedio de las diferencias y su desviación estándar, utilizados para calcular el límite bajo y alto con un nivel de confianza del 95% para los parámetros de la gasometría.

Parámetro de gasometría	Unidad de medida	Promedio de las diferencias	Desviación estándar	Límite bajo	Límite alto	Promedio del Sesgo
pH	-	0.0015	0.0053	-0.0088	0.0118	-0.0002
pCO ₂	mmHg	1.6210	1.2640	-0.8564	4.0984	-0.0360
pO ₂	mmHg	-3.4679	2.5100	-8.3875	1.4517	0.1572
ctHb	g/dL	0.2222	0.1549	-0.0814	0.5259	-0.0144
FO ₂ Hb	%	-0.8790	3.5336	-7.8050	6.0469	0.0313
FCOHb	%	0.4284	0.1839	0.0680	0.7888	-0.3556
FMetHb	%	0.0037	0.1699	-0.3293	0.3367	0.0210
cNa ⁺	mmol/L	2.4543	0.8155	0.8560	4.0527	-0.0173
cK ⁺	mmol/L	0.0001	0.0570	-0.1116	0.1119	0.0001
cCl ⁻	mmol/L	-2.4321	0.8795	-4.1558	-0.7083	0.0230
cCa ²⁺	mg/L	-0.0403	0.0533	-0.1447	0.0642	0.0084
cGlu	mg/dL	-4.2111	4.2786	-12.5972	4.1750	0.0452
cLac	mmol/L	-0.2635	0.1310	-0.5202	-0.0068	0.2982

Tabla 5. Porcentaje de los resultados obtenidos para el gráfico Bland-Altman que está fuera y dentro del límite bajo y alto del intervalo al 95% de confianza.

Parámetros	Resultados fuera del intervalo	Resultados dentro del intervalo
pH	4%	96%
pCO ₂	5%	95%
pO ₂	7%	93%
ctHb	5%	95%
FO ₂ Hb	9%	91%
FCOHb	2%	98%
FMetHb	2%	98%
cNa ⁺	5%	95%
cK ⁺	4%	96%
cCl ⁻	2%	98%
cCa ²⁺	5%	95%
cGlu	1%	99%
cLac	4%	96%

Anexo 2

Laboratorio 171120 INSTITUTO NACIONAL PEDIATRÍA 4		Informe de Bio-Rad Westgard Advisor(TM) Blood Gas Plus EGL Fecha impresa: 17-11-2022				Lote 29570 Cad. Lote: 29-02-2024	
---	--	---	--	--	--	--	--

Nivel	Selección de ET	ET	Error sistemático %	CV	Sigma	Reglas existentes	Reglas propuestas	N	Nivel de detección	Falsos rechazos
pH	EMC (Especificac	0.200	0.000	0.048	4.18	1-3sI2/3-2sIR-4sI3-1 s	1-3sI2/3-2sIR-4sI3-1 s	3	{>= 90%}	2.68%
pCO2	BVOpt bias/ Min im	6.83	0.000	2.14	3.19	1-3sI2/3-2sIR-4sI3-1 sI12-X	1-3sI2/3-2sIR-4sI3-1 sI12-X	3	{>= 50%}	2.78%
pO2	RiliBAK	7.00	0.000	1.43	4.88	1-3s	1-3s	3	{>= 90%}	0.83%
Na+	RiliBAK	3.00	0.000	0.324	9.27	1-5s	1-5s	3	{>= 90%}	0.00%
K+	RiliBAK	4.50	0.000	0.659	6.82	1-5s	1-5s	3	{>= 90%}	0.00%
Cl-	RiliBAK	4.50	0.000	0.553	8.14	1-5s	1-5s	3	{>= 90%}	0.00%
Ca2+	RiliBAK	14.0	0.000	0.298	47.0	1-5s	1-5s	3	{>= 90%}	0.00%

Laboratorio 171120 INSTITUTO NACIONAL PEDIATRÍA 4		Informe de Bio-Rad Westgard Advisor(TM) Blood Gas Plus EGL Fecha impresa: 17-11-2022				Lote 29570 Cad. Lote: 29-02-2024	
---	--	---	--	--	--	--	--

Nivel	Selección de ET	ET	Error sistemático %	CV	Sigma	Reglas existentes	Reglas propuestas	N	Nivel de detección	Falsos rechazos
Gluc	IQMH	7.50	0.000	0.929	8.07	1-5s	1-5s	3	{>= 90%}	0.00%
Lact	SKML	13.3	0.000	1.40	9.50	1-5s	1-5s	3	{>= 90%}	0.00%

Bibliografía

1. Abdollahi, A., Saffar, H., & Saffar, H. (2014). Types and Frequency of Errors during Different Phases of Testing At a Clinical Medical Laboratory of a Teaching Hospital in Tehran, Iran. *North American journal of medical sciences*, 6(5), 224–228. <https://doi.org/10.4103/1947-2714.132941>
2. Lippi, G., Simundic, A. M., Mattiuzzi, C. (2010). Overview on patient safety in healthcare and laboratory diagnostics. *Biochem Med (Zagreb)*, 20, 131-143. <https://doi.org/10.11613/BM.2010.015>
3. Mucito, E. (2020). Panorama de la seguridad del paciente en los laboratorios clínicos de México. *Rev CONAMED*, 25(1), 34-46. <https://dx.doi.org/10.35366/92893>
4. Aakre, K. M., Langlois, M. R., Watine, J., Barth, J. H., Baum, H., Collinson, P., Laitinen, P., & Oosterhuis, W. P. (2013). Critical review of laboratory investigations in clinical practice guidelines: proposals for the description of investigation. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 51(6), 1217–1226. <https://doi.org/10.1515/cclm-2012-0574>
5. Plebani M. (2010). The detection and prevention of errors in laboratory medicine. *Annals of clinical biochemistry*, 47 (Pt 2), 101–110. <https://doi.org/10.1258/acb.2009.009222>
6. Ding, X., Wen, X., Wang, L., Chen, T., Zhou, G., He, H., & Xin, X. (2021). Effects of a pneumatic tube system on the hemolysis of blood samples: a

PRISMA-compliant meta-analysis. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*, 81(5), 343–352.
<https://doi.org/10.1080/00365513.2021.1930140>

7. Pupek, A., Matthewson, B., Whitman, E., Fullarton, R., & Chen, Y. (2017). Comparison of pneumatic tube system with manual transport for routine chemistry, hematology, coagulation and blood gas tests. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 55(10), 1537–1544. <https://doi.org/10.1515/cclm-2016-1157>
8. Fernandes, C. M., Worster, A., Eva, K., Hill, S., & McCallum, C. (2006). Pneumatic tube delivery system for blood samples reduces turnaround times without affecting sample quality. *Journal of emergency nursing*, 32(2), 139–143. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2005.11.013>
9. Guss, D. A., Chan, T. C., & Killeen, J. P. (2008). The impact of a pneumatic tube and computerized physician order management on laboratory turnaround time. *Annals of emergency medicine*, 51(2), 181–185. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2007.03.010>
10. Bolliger, D., Seeberger, M. D., Tanaka, K. A., Dell-Kuster, S., Gregor, M., Zenklusen, U., Grapow, M., Tsakiris, D. A., & Filipovic, M. (2009). Pre-analytical effects of pneumatic tube transport on impedance platelet aggregometry. *Platelets*, 20(7), 458–465. <https://doi.org/10.3109/09537100903236462>

11. Leverett, L. B., Hellums, J. D., Alfrey, C. P., & Lynch, E. C. (1972). Red blood cell damage by shear stress. *Biophysical journal*, 12(3), 257–273. [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(72\)86085-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(72)86085-5)
12. Kara, H., Bayir, A., Ak, A., Degirmenci, S., Akinci, M., Agacayak, A., Marcil, E., & Azap, M. (2014). Hemolysis associated with pneumatic tube system transport for blood samples. *Pakistan journal of medical sciences*, 30(1), 50–58. <https://doi.org/10.12669/pjms.301.4228>
13. Wallin, O., Söderberg, J., Grankvist, K., Jonsson, P. A., & Hultdin, J. (2008). Preanalytical effects of pneumatic tube transport on routine haematology, coagulation parameters, platelet function and global coagulation. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 46(10), 1443–1449. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2008.288>
14. Collinson, P. O., John, C. M., Gaze, D. C., Ferrigan, L. F., & Cramp, D. G. (2002). Changes in blood gas samples produced by a pneumatic tube system. *Journal of clinical pathology*, 55(2), 105–107. <https://doi.org/10.1136/jcp.55.2.105>
15. Victor Peter, J., Patole, S., Joseph Fleming, J., Selvakumar, R., & Graham, P. L. (2011). Agreement between paired blood gas values in samples transported either by a pneumatic system or by human courier. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 49(8), 1303–1309. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2011.611>

16. Bonini, P., Plebani, M., Ceriotti, F., & Rubboli, F. (2002). Errors in laboratory medicine. *Clinical chemistry*, 48(5), 691–698.
17. Thelen, M., & Huisman, W. (2018). Harmonization of accreditation to ISO15189. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 56(10), 1637–1643.
<https://doi.org/10.1515/cclm-2017-0820>
18. van Wijk, X., Leanse, J., Poinier, A., Uriel, N., O'Connor, M., Weber, S., Tesic, V. & Staneva, I. (2020). A root cause analysis of 'falsely elevated' oxygen saturation: investigation of pneumatic tube transport and differences between estimated and measured saturation in a critical patient population. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 58(3), e72-e74.
<https://doi.org/10.1515/cclm-2019-0776>
19. McKane, M. H., Southorn, P. A., Santrach, P. J., Burritt, M. F., & Plevak, D. J. (1995). Sending blood gas specimens through pressurized transport tube systems exaggerates the error in oxygen tension measurements created by the presence of air bubbles. *Anesthesia and analgesia*, 81(1), 179–182.
<https://doi.org/10.1097/00000539-199507000-00037>
20. Zanner, R., Moser, N., Blobner, M., & Lupp, P. B. (2006). Transport von Blutgasproben: Ist die Rohrpost sicher? [Transport of blood gas samples: is the pneumatic tube system safe?]. *Der Anaesthetist*, 55(10), 1099–1104.
<https://doi.org/10.1007/s00101-006-1069-5>
21. Adcock, D. M., Favaloro, E. J., & Lippi, G. (2016). Critical pre-examination variables in the hemostasis laboratory and their quality indicators. *Clinical*

biochemistry, 49(18), 1315–1320.

<https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2016.08.022>

22. Magnette, A., Chatelain, M., Chatelain, B., Ten Cate, H., & Mullier, F. (2016). Pre-analytical issues in the haemostasis laboratory: guidance for the clinical laboratories. *Thrombosis journal*, 14, 49. <https://doi.org/10.1186/s12959-016-0123-z>
23. Nybo, M., Lund, M. E., Titlestad, K., & Maegaard, C. U. (2018). Blood Sample Transportation by Pneumatic Transportation Systems: A Systematic Literature Review. *Clinical chemistry*, 64(5), 782–790. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2017.280479>
24. Le Quellec, S., Paris, M., Nougier, C., Sobas, F., Rugeri, L., Girard, S., Bordet, J. C., Négrier, C., & Dargaud, Y. (2017). Pre-analytical effects of pneumatic tube system transport on routine haematology and coagulation tests, global coagulation assays and platelet function assays. *Thrombosis research*, 153, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2016.12.022>
25. Stangerup, I., Broell, F., Hoop, J. V., & Sennels, H. P. (2021). Pneumatic tube validation: Reducing the need for donor samples by integrating a vial-embedded data logger. *Annals of clinical biochemistry*, 58(4), 280–288. <https://doi.org/10.1177/0004563221992822>
26. Thalén, S., Forsling, I., Eintrei, J., Söderblom, L., & Antovic, J. P. (2013). Pneumatic tube transport affects platelet function measured by multiplate electrode aggregometry. *Thrombosis research*, 132(1), 77–80. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2013.04.020>

27. Tiwari, A. K., Pandey, P., Dixit, S., & Raina, V. (2011). Speed of sample transportation by a pneumatic tube system can influence the degree of hemolysis. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 50(3), 471–474. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2011.779>
28. Cakirca, G., & Erdal, H. (2017). The Effect of Pneumatic Tube Systems on the Hemolysis of Biochemistry Blood Samples. *Journal of emergency nursing*, 43(3), 255–258. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2016.09.007>
29. Lippi, G., Plebani, M., Di Somma, S., & Cervellin, G. (2011). Hemolyzed specimens: a major challenge for emergency departments and clinical laboratories. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 48(3), 143–153. <https://doi.org/10.3109/10408363.2011.600228>
30. Heireman, L., Van Geel, P., Musger, L., Heylen, E., Uyttenbroeck, W., & Mahieu, B. (2017). Causes, consequences and management of sample hemolysis in the clinical laboratory. *Clinical biochemistry*, 50(18), 1317–1322. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2017.09.013>
31. Kalra J. (2004). Medical errors: impact on clinical laboratories and other critical areas. *Clinical biochemistry*, 37(12), 1052–1062. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2004.08.009>
32. Green S. F. (2013). The cost of poor blood specimen quality and errors in preanalytical processes. *Clinical biochemistry*, 46(13-14), 1175–1179. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2013.06.001>
33. Kitchen, S., Adcock, D. M., Dauer, R., Kristoffersen, A. H., Lippi, G., Mackie, I., Marlar, R. A., & Nair, S. (2021). International Council for

- Standardization in Haematology (ICSH) recommendations for processing of blood samples for coagulation testing. *International journal of laboratory hematology*, 43(6), 1272–1283. <https://doi.org/10.1111/ijlh.13702>
34. Mullins, G. R., & Bruns, D. E. (2017). Air bubbles and hemolysis of blood samples during transport by pneumatic tube systems. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, 473, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2017.08.008>
35. Mullins, G. R., Harrison, J. H., & Bruns, D. E. (2016). Smartphone monitoring of pneumatic tube system-induced sample hemolysis. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, 462, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2016.08.011>
36. Arbiol-Roca, A., Imperiali, C. E., Dot-Bach, D., Valero-Politi, J., & Dastis-Arias, M. (2020). Stability of pH, Blood Gas Partial Pressure, Hemoglobin Oxygen Saturation Fraction, and Lactate Concentration. *Annals of laboratory medicine*, 40(6), 448–456. <https://doi.org/10.3343/alm.2020.40.6.448>
37. Sharma H. (2021). Statistical significance or clinical significance? A researcher's dilemma for appropriate interpretation of research results. *Saudi journal of anaesthesia*, 15(4), 431–434. https://doi.org/10.4103/sja.sja_158_21
38. Ruddy, K. J., Wu, D., & Brown, J. R. (2008). Pseudohyperkalemia in chronic lymphocytic leukemia. *Journal of clinical oncology: official journal of the American Society of Clinical Oncology*, 26(16), 2781–2782. <https://doi.org/10.1200/JCO.2008.16.3014>

39. Kavsak, P. A., Mansour, M., Wang, L., Campeau, S., Clark, L., Brooks, D., & Trus, M. (2012). Assessing pneumatic tube systems with patient-specific populations and laboratory-derived criteria. *Clinical chemistry*, 58(4), 792–795. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2011.179044>