



Universidad Latina de Panamá

Facultad de Ingeniería

Proyecto final de graduación presentado como requisito para optar por el título de
Licenciatura en Ingeniería biomédica e Instrumentación en la Universidad Latina de Panamá

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA TRATAMIENTOS DE
HEMODIÁLISIS EN EL CENTRO DE ASISTENCIA RENAL RÍO HATO (CARRH), SEGÚN
LA NORMA ISO 23500-2019**

Estudiante:

Erick Orlando Ibarra

C.I.P. 6-722-1191

DIRECTOR:

Ing. Jesús Tapia

Panamá, República de Panamá

2024

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a Dios y a la Virgen por darme la sabiduría de culminar esta investigación.

A mis padres Orlando Ibarra y Edna de Ibarra por ser mi fuente de energía principal para culminar mis estudios.

A mi hermano Edgar por el apoyo brindado siempre, de alguna u otra manera, durante todo este tiempo de estudios universitarios.

A mi novia por el apoyo moral y la ayuda otorgada con datos importantes para desarrollar esta investigación de tesis.

A mis amistades y aquellos compañeros que siempre estuvieron dispuestos a darme su apoyo.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios y a la Virgen por estar siempre a mi lado durante todo este proceso, por nunca dejarme solo y ayudarme a levantar de cada caída hasta cumplir con todos los objetivos necesarios para alcanzar la meta.

A mi familia que siempre me ha dado ese apoyo incondicional y por creer en mí siempre desde el primer día.

De igual manera, agradezco al Ing. Jesús Tapia, quien fue el asesor de esta investigación por el apoyo brindado para desarrollarla.

También mi gratitud va dirigida al Ing. Rogelio Solís y a la Lic. Markeidis Mitre por abrirme las puertas de las instalaciones de la sala de hemodiálisis, y poner a mi disposición los equipos necesarios y el personal para realizar todos los procesos requeridos por esta investigación.

De igual forma, quiero agradecer a todos los profesores de la Universidad Latina de Panamá por brindar su granito de arena durante mi formación como profesional y el apoyo, de alguna u otra manera, en el desarrollo de este tema de investigación.

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Erick Orlando Ibarra Corrales con cédula No. 6-722-1191 estudiante (o participante) graduando (a) de la carrera (o programa) de Licenciatura en Ingeniería Biomédica e Instrumentación declaro bajo la gravedad del juramento que el material que aparece en esta tesis de grado es de mi producción intelectual, en razón de lo cual exoneró a la Universidad Latina de Panamá de cualquier responsabilidad relacionada en este aspecto.

Para que conste firmo la presente declaración el día 2 del mes de septiembre del año 2024.



Firmado _____

Cédula 6-722-1191 _____

Índice General

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Declaración Jurada	4
Introducción	8
Resumen	9
Abstract	10
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	11
1.1 Antecedentes del problema de investigación	12
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Justificación de la investigación.....	14
1.4 Objetivos	15
1.4.1 Objetivos Generales	15
1.4.2 Objetivos Específicos	15
1.5 Alcance y límites de la investigación	16
1.6. Línea de investigación a la que pertenece el estudio	16
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes de investigaciones realizadas en el tema	18
2.2 Bases teóricas	21
2.2.1 Anatomía y fisiología del riñón	21
2.2.2 Enfermedades renales	23
2.2.2.1 Insuficiencia renal aguda	23
2.2.2.2 Insuficiencia renal crónica	24
2.2.2.3 Tratamientos para la insuficiencia renal	25
2.2.3 Tecnologías	27
2.2.4 Calidad de agua para hemodiálisis y planta de tratamiento	30
2.3 Variable	38
2.3.1 Definición conceptual de la variable	38

2.3.2 Definición operacional de la variable	38
2.3.3 Mapa de Variables	39
2.3.4 Glosario de términos	40
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	42
3.1 Tipo y diseño de la investigación	43
3.2 Población y muestreo	44
3.3 Descripción del instrumento	44
3.4 Procedimiento de la Investigación	45
3.4.1 Planteamiento del problema	45
3.4.2 Revisión de la literatura	45
3.4.3 Diseño de la investigación	46
3.4.4 Selección de la muestra	46
3.4.5 Recolección de datos	47
3.4.6 Análisis de datos	47
3.4.7 Interpretación de resultados	48
3.4.8 Informe de resultados	48
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
4.1 Resultados del instrumento aplicado	50
4.1.1 Coeficiente alfa de Cronbach	51
4.1.2 Gráficas de los ítems	51
4.2 Análisis de resultados del instrumento	56
CAPÍTULO 5: PROPUESTA	57
5.1 Introducción	58
5.2 Justificación de la propuesta	58
5.3 Objetivos	58
5.3.1 Objetivo general	58
5.3.2 objetivos específicos	58
5.4 Metas a alcanzar	59

5.5 Beneficios de la propuesta	59
5.6 Cronograma de actividades	59
5.7 Diseño de la propuesta	60
5.7.1 Introducción a la norma ISO 23500-3:2019	60
5.7.2 Primer Objetivo: identificar los niveles bacteriológicos y endotoxinas del agua ultrapura obtenida en el CARRH.	61
5.7.2.1 Sistema doble paso	61
5.7.2.2 Costos-Beneficios de sistemas doble paso	61
5.7.3 Segundo Objetivo: comparar los niveles bacteriológicos y endotoxinas del agua ultrapura versus el agua pura existente en el CARRH.	63
5.7.3.1 Comparación de calidad de agua	63
5.7.3.2 Análisis de la comparación de calidad de agua	63
5.7.4 Tercer Objetivo: validar los resultados obtenidos del agua ultrapura con la norma ISO 23500-2019 que regula la calidad de agua para hemodiálisis.	64
5.7.4.1 Requisitos microbiológicos para agua ultrapura	64
5.7.4.2 Validación de resultados obtenidos	64
5.7.4.3 Mantenimiento preventivo de la planta de ósmosis inversa	65
5.7.4.3.1 Propuesta de mantenimiento preventivo de la planta de ósmosis inversa ..	66
6. CONCLUSIÓN	68
7. RECOMENDACIONES	69
8. BIBLIOGRAFÍA	70
9. ANEXOS	77

Introducción

En Panamá cada día existe un aumento significativo de pacientes con problemas de insuficiencia renal crónica, los cuales necesitan de tratamiento de hemodiálisis o diálisis peritoneal para mantenerse con vida. Estos problemas van ligados a otras complicaciones como hipertensión y diabetes, las cuales son dos enfermedades que cada vez más azotan al país incluyendo personas de todas las edades.

Una gran cantidad de pacientes reciben tratamientos de hemodiálisis en Panamá siendo las provincias de Panamá y Coclé las principales portadoras de esta enfermedad, la cual es provocada por diferentes circunstancias como la calidad de agua que toman, intoxicación o enfermedades como hipertensión y diabetes que afectan el funcionamiento de los riñones.

Es importante ante este aumento, buscar controlar el incremento de esta enfermedad, y a los pacientes que ya la padecen, ofrecerles el mejor servicio posible para mantener su estado de salud, de manera que al no funcionar los riñones, sea por medio de la hemodiálisis que se eliminen esas toxinas urémicas presentes en la sangre de las personas, así como también el exceso de líquido acumulado.

Un buen servicio va a depender de un equipo de personas capacitadas tanto para la atención de los pacientes como también para garantizar el buen funcionamiento de los equipos de hemodiálisis y plantas de tratamientos de agua, siendo esta última muy importante, ya que debe presentar una alta calidad lo cual contribuye a realizar un tratamiento efectivo a los pacientes y evitar una contaminación cruzada en los mismos por presencia de endotoxinas o crecimiento bacteriano en el agua utilizada para tales fines.

Resumen

Esta investigación busca realizar una propuesta en el Centro de Asistencia Renal Rio Hato de adecuación a la planta de ósmosis inversa con un sistema doble paso para mejorar la calidad del agua utilizada en los tratamientos de hemodiálisis, además de un plan de mantenimiento preventivo a dicha planta de tratamiento de agua, que busca mantener la calidad de agua producida, disminuyendo la probabilidad de que exista en el agua de hemodiálisis cualquier crecimiento bacteriano y concentración de endotoxinas. Esto sería de mucha ayuda para los pacientes de manera que no solo les garantiza un tratamiento más efectivo y seguro de hemodiálisis, sino que también les abre las puertas a nuevas tecnologías y terapias como la hemodiafiltración on-line o la diálisis extendida que ofrecen una mayor depuración de la sangre, las cuales requieren una calidad de agua ultrapura para la eficiencia del tratamiento y evitar repercusiones en los pacientes por un líquido de dializado y de sustitución contaminado.

Palabras clave: Hemodiálisis, Hemodiafiltración, Ósmosis, Bacterias, Endotoxinas.

Abstract

This research seeks to make a proposal at the Rio Hato Renal Care Center to adapt the reverse osmosis plant with a double-pass system to improve the quality of the water used in hemodialysis treatments, in addition to a preventive maintenance plan for said water treatment plant, which seeks to maintain the quality of the water produced, decreasing the probability of bacterial growth and endotoxin concentration in the hemodialysis water. This would be very helpful for patients, not only guaranteeing them a more effective and safe hemodialysis treatment, but also opening the door to new technologies and therapies such as online hemodiafiltration or extended dialysis that offer greater blood purification, which require ultrapure water quality for treatment efficiency and to avoid repercussions on patients due to contaminated dialysate and replacement fluid.

Keywords: Hemodialysis, Hemodiafiltration, Osmosis, Bacteria, Endotoxins.

CAPÍTULO 1

1 El Problema

1.1 Antecedentes del Problema de Investigación

De acuerdo con el Instituto Nacional de Salud (NIH) de los Estados Unidos, “la hemodiálisis es un tratamiento clínico empleado para filtrar las toxinas y el agua de la sangre, como lo hacían los riñones cuando estaban sanos”. El tratamiento de diálisis fue propuesto en el año de 1861 por Thomas Graham, quien era profesor de química en la University College de Londres, demostró que se podía conseguir el paso de solutos a través de una membrana semipermeable por medio de gradientes de concentración. Este proceso fisicoquímico Thomas Graham lo nombró diálisis (Saludario, 2020).

En las últimas décadas, ha habido avances significativos en las técnicas de hemodiálisis (HD) que han mejorado la supervivencia y la calidad de vida de los pacientes con enfermedad renal crónica avanzada (ERCA).

Originalmente, las membranas de hemodiálisis estaban diseñadas para eliminar toxinas urémicas de pequeño tamaño a través del transporte difusivo, sin afectar la pérdida de albúmina. Sin embargo, se descubrió que las toxinas de peso molecular mediano estaban relacionadas con algunas de las principales comorbilidades asociadas con la ERCA. Esto llevó al desarrollo de nuevas membranas sintéticas de alto flujo que permiten el transporte convectivo, mejorando así la eliminación de estas moléculas de tamaño mediano. Estas técnicas se conocen como hemodiafiltración en línea (por sus siglas en inglés HDF-OL) y combinan el transporte difusivo y convectivo, lo que resulta en una mayor eliminación de toxinas urémicas de tamaño mediano y se ha asociado con una mejor supervivencia a largo plazo. Es importante destacar que estos avances en las técnicas de hemodiálisis han permitido una mejor depuración de toxinas urémicas de mediano tamaño, lo cual ha demostrado tener un impacto positivo en la supervivencia y calidad de vida de los pacientes con ERCA avanzada (García y de Sequera, 2023).

1.2 Planteamiento del Problema

En Panamá, cada vez más se incrementa la cantidad de personas con insuficiencia renal crónica. Cifras de la Caja de Seguro Social (CSS) indican que cada mes alrededor de 60 a 70 pacientes están siendo diagnosticados nefrópatas e ingresados a las salas de hemodiálisis de los hospitales del país (Tello, 2022).

En el Hospital del Niño Doctor José Renán Esquivel alrededor de 20 pacientes nuevos por año son diagnosticados con síndrome nefrótico, al igual que en el Hospital de Especialidades Pediátricas de la Caja de Seguro Social la edad media al momento del diagnóstico es de 5 años. (McCarthy, 2020).

Esta enfermedad es muy preocupante ya que hoy en día, no solo aumenta el número de personas adultas, sino que también afecta la población infantil, donde se ha reportado un aumento de casos en niños muy pequeños e incluso en infantes de dos meses que ya vienen con problemas renales y otros de edad preescolar, escolar y adolescentes (Tello, 2023).

La presencia, en concentraciones elevadas, de contaminantes en el líquido de diálisis trae como consecuencias la aparición de complicaciones agudas en los pacientes en diálisis. Este tipo de complicaciones tiene características claramente epidémicas, las cuales se pueden contagiar a varios pacientes que se realicen tratamientos en la misma unidad de diálisis. No todos los pacientes obtendrán el mismo nivel de intoxicación ni tienen la misma susceptibilidad a padecer estas complicaciones. Normalmente son secundarias a un funcionamiento ineficaz del sistema de tratamiento del agua, pero han existido casos, en los que contaminantes presentes en el agua potable que superan la capacidad de depuración de la planta de tratamiento, son los causantes del origen de graves epidemias (Pérez y Rodríguez, 2023).

Ante todo, lo planteado anteriormente, surgen algunas interrogantes como:

¿Cómo se puede reducir los niveles bacteriológicos y de endotoxinas en el agua para hemodiálisis?

¿Es posible obtener agua ultrapura con un sistema doble paso con ósmosis portátil en el CARRH?

¿La calidad de agua obtenida cumplirá con la norma ISO 23500-2019 que regula la calidad de agua para hemodiálisis?

1.3 Justificación de la Investigación

Después de proyectos realizados por la Secretaría Nacional de la Ciencia, Tecnología e Innovación, el Dr. Mario Miranda Montenegro, del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Panamá (UP) y miembro del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Senacyt, dio a conocer que la nefropatía endémica mesoamericana cuyo origen se desconoce, está vinculada a diferentes factores físicos, entre ellos mencionó la deshidratación, choques térmicos, factores genéticos y la exposición a sustancias tóxicas de las poblaciones en riesgo. También mencionó que seguirán realizando diferentes proyectos que buscan encontrar las distintas causas de la enfermedad crónica renal en Panamá (SENACYT, 2022).

Con todo esto se ha podido comprender que la calidad de agua para hemodiálisis tiene muchos beneficios para los pacientes que requieren de un tratamiento de sustitución renal; ya que, no solo les va a ayudar a conseguir realizarse diálisis más efectivas, sino que también les abre una serie de oportunidades al poder introducir al país otras tecnologías y equipos que realicen diferentes terapias para sustituir la función de los riñones en pacientes con enfermedad renal crónica.

Otros de los beneficios notables del agua ultrapura sobre pacientes renales crónicos es que disminuye las inflamaciones y uso de eritropoyetina, aumentan la tolerancia a los

tratamientos de hemodiálisis, ayuda a controlar la pérdida de masa muscular y ósea, como también reduce la desnutrición (Diario Salud Reducción, 2021).

Existen nuevas tecnologías las cuales ayudan al paciente a recibir una mayor depuración eliminando las toxinas pequeñas, medianas y de gran tamaño; una de estas tecnologías es la hemodiafiltración en línea que, a diferencia de la hemodiálisis convencional, añade el transporte convectivo de estos solutos. Para realizar esta técnica se necesita un filtro dializador de alto flujo y un equipo que permita crear una buena calidad de líquido de diálisis, donde este va a requerir de agua ultrapura para poder crear este líquido de dializado (Admin, 2023).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Proponer una mejora de la calidad del agua para tratamientos de hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato Según la norma ISO 23500-2019.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ❖ Conocer las tecnologías existentes de procesamiento de agua para hemodiálisis, tanto a nivel nacional como internacional.

- ❖ Diagnosticar la situación actual del agua para hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato.

- ❖ Proponer un sistema de tratamiento y mantenimiento preventivo en la planta de ósmosis inversa para mejorar la calidad del agua para hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato.

1.5 Alcance y límites de la investigación

Este proyecto consiste en la evaluación del agua ultrapura: las muestras de agua y el sistema de doble paso que se ejecutará para obtenerla, se llevará a cabo en el Centro de Asistencia Renal Río Hato en un período de 7 meses. En esta investigación no se estudiarán a fondo los beneficios y causas en los pacientes ni la calidad del agua en el resto del país, lo cual queda para estudios próximos.

1.6 Línea de investigación a la que pertenece el estudio

El estudio presentado pertenece a la línea de investigación en ciencias de la salud, específicamente en el tema de ingeniería biomédica el cual se intitula así: Proponer mejora de la calidad del agua para tratamientos de hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato según la norma ISO 23500-2019.

CAPÍTULO 2

2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes de investigaciones realizadas en el tema

La tesis titulada, Desarrollo Sistemático en la Prevención de Fallas en las Máquinas de Hemodiálisis del Hospital Dra. Susana Jones Cano, fue desarrollada por Lisseth Pitti en el año 2023. El objetivo general de esta tesis era proponer un sistema para la prevención de fallas en las máquinas de hemodiálisis del hospital Dra. Susana Jones Cano; y los objetivos específicos, diagnosticar las máquinas de hemodiálisis existentes en la unidad de diálisis del hospital Dra. Susana Jones Cano, determinar los procedimientos necesarios para la prevención de fallas de los equipos operativos para hemodiálisis, desarrollar un sistema para la prevención de fallas en las máquinas de hemodiálisis del hospital Dra. Susana Jones Cano. El resultado de esta tesis fue una propuesta donde se busca analizar las fallas más comunes tratando de optimizar el servicio de hemodiálisis en dicho hospital y mejorar los mantenimientos preventivos y correctivos de las máquinas. Como conclusión, esta tesis con su propuesta, busca optimizar el funcionamiento de los equipos en estas salas de hemodiálisis del hospital Dra. Susana Jones Cano, de manera que al estar en buenas condiciones las máquinas permitirán realizar de forma fluida todos los tratamientos que se requieren para cubrir la cantidad de pacientes que reciben este servicio.

En la Universidad La Salle, Nick Peñaloza y Santiago Morales (2019) realizaron la tesis nombrada, Propuesta para la Reutilización de Agua de Rechazo del Proceso de Ósmosis Inversa del Tratamiento de Hemodiálisis en un Hospital de Tercer Nivel. El objetivo general fue proponer alternativas de reúso para el agua de rechazo del proceso de ósmosis inversa de la unidad de hemodiálisis en un hospital de tercer nivel. Como objetivos específicos tenía identificar las condiciones y características de los usos del agua relacionados con el sistema de ósmosis inversa mediante la realización de un diagnóstico, proponer usos del agua a partir de la información del diagnóstico empleando una matriz de calificación, determinar el dimensionamiento de las unidades y los requerimientos de la alternativa seleccionada. El resultado de esta tesis luego de analizar por medio de resultados de

laboratorio las condiciones del agua, fue que ella se encontraba apta para ser reutilizada y evitar la pérdida de la misma. En conclusión, el agua de rechazo de la planta de ósmosis inversa es comparable con el agua potable ya que presentan características fisicoquímicas similares, lo cual fue comprobado con los resultados de laboratorio y la misma puede ser almacenada y utilizada para regar áreas verdes, entre otros usos.

Diseño de un Protocolo de Mantenimiento Preventivo para el Área de Procesamiento de Agua Utilizada en Máquinas de Hemodiálisis, fue una tesis realizada por Evelyn Herazo en el 2021, en la Universidad del Rosario (Colombia). El Objetivo General era diseñar un protocolo de mantenimiento preventivo para el área de procesamiento de agua utilizada en máquinas de hemodiálisis. Los objetivos específicos de esta tesis fueron el diseño de procesos de lavado y desinfección a todos los componentes del área de procesamiento de agua, elaborar una rutina de mantenimiento preventivo, predictivo e inspección de parámetros para toda el área de procesamiento de agua, elaborar diferentes formatos de diligenciamiento para llevar un control de los mantenimientos, fallas y reparaciones del área de procesamiento de agua. Los resultados obtenidos después de realizar una encuesta y estudio de diferentes hospitales que cuentan con equipos de hemodiálisis fue ver la necesidad de diseñar un protocolo de mantenimiento preventivo para las plantas de ósmosis inversas en las salas de hemodiálisis para tener una mejor calidad de agua para dichos tratamientos. En conclusión, el protocolo realizado será de mucha ayuda para las personas que realicen el mantenimiento preventivo de estas salas, para que cuenten con un pretratamiento eficiente ayudando así, a prolongar el tiempo de vida de las membranas de la ósmosis inversa.

Diomedes Vega, en el año 2018 realizó la tesis titulada Evaluación de la Infraestructura de la Sala de Hemodiálisis de Metro 1 (CSS), Basada en la Guía para el Diseño y Construcción de Instalaciones Hospitalarias y Atenciones Médicas de la AIA-FGI, realizado en el 1er semestre del 2018. El objetivo general de esta tesis fue evaluar el diseño de la infraestructura de la Sala de Hemodiálisis de la Sala Metro 1 de la CSS basado en la Guía

para el Diseño y Construcción de Instalaciones Hospitalarias y Atención Médica de la AIA-FGI. Los objetivos específicos fueron describir el diseño de infraestructura actual de la sala de hemodiálisis de la Sala de Metro 1 de la CSS, identificar las características que deben estar presentes en la infraestructura de una sala de hemodiálisis de acuerdo con la Guía para el Diseño y Construcción de Instalaciones Hospitalarias y Atención Médica de la AIA – FGI, elaborar un instrumento de ponderación en cuanto al cumplimiento de los estándares mínimos establecidos que deben estar presentes en el diseño de una Sala de Hemodiálisis basada en la AIA – FGI, aplicar instrumentos de ponderación a la sala de hemodiálisis ubicada en Metro 1, estudiar los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento de captura de información. Se obtuvieron buenos resultados, donde con gráficas se demostró qué tanto cumple Panamá en las infraestructuras necesarias en el área de hemodiálisis; como conclusión, basados en los resultados, se puede ver que Panamá cuenta con infraestructuras que cumple con la guía aplicada AIA-FGI.

En el 2023, Edwin Vanegas, realizó la tesis titulada Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua potable con Osmosis Inversa. El objetivo general de esta tesis fue contribuir a las labores de diseño y montaje para una planta de tratamiento de agua potable con osmosis inversa, con el fin de abastecer un hotel en el municipio de Coveñas. Los dos objetivos específicos fueron determinar los parámetros de diseño para un sistema de osmosis inversa para obtener agua potable y apoyar el diseño de las unidades necesarias para la planta de potabilización según la normativa colombiana. El resultado de esta tesis fue un diseño el cual primero fue simulado para saber la cantidad de membranas y etapas necesarias para el buen procesamiento de dicha agua, el mismo fue hecho para tratar un caudal de 0,51 L/s. En conclusión, este sistema de ósmosis inversa lleva una gran ventaja sobre los sistemas convencionales, de manera que los resultados obtenidos, demuestran la eficiencia en la mejora de la calidad del agua y la desalinización del agua del mar, ayudando a contribuir al suministro de agua potable para las comunidades frente a la escasez mundial.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Anatomía y Fisiología del Riñón

Los riñones son dos órganos de forma ovalada, los cuales miden aproximadamente 11 x 7 x 3 cm y pesan alrededor de 150 g, siendo normalmente el riñón izquierdo algo mayor que el derecho. Están localizados en la zona retroperitoneal, en la pared posterior del abdomen a ambos lados de la columna vertebral, desde la altura de la última vértebra dorsal hasta por encima de la tercera vértebra lumbar. En nuestro lado abdominal derecho, contamos con nuestro hígado, lo que ocasiona que el riñón derecho esté algo más bajo que el izquierdo. (Carracedo y Ramírez, 2020)

Los riñones son unos de los órganos más importantes del cuerpo humano, su unidad funcional es la nefrona, de la cual cuenta con alrededor de 1 a 1.5 millones de nefronas en nuestro cuerpo. El riñón tiene como función principal mantener la homeostasis del medio interno del cuerpo humano. (AMIR,2022)

Figura 1

Nefrona, unidad funcional del riñón.

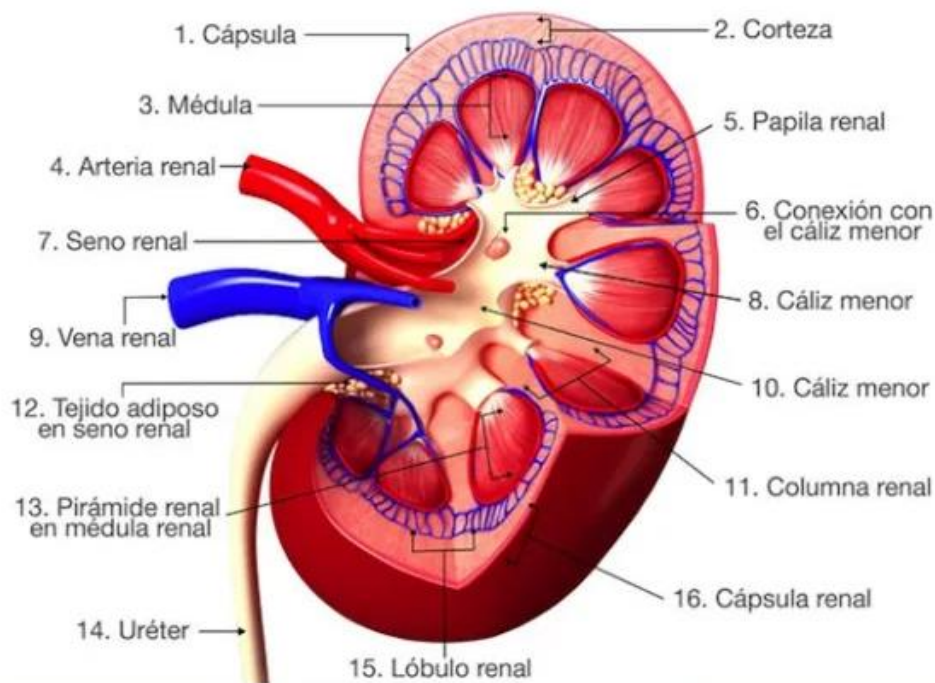


Los riñones son los órganos encargados del filtrado de la sangre, para así de esta manera, eliminar el exceso de líquido presente en ella. Además de filtrar, cumplen otra función específica de producir hormonas que ayudan a mantener la sangre sana y los huesos fuertes.

Una de las consecuencias del mal funcionamiento o deterioro de estos órganos en nuestro cuerpo, es la retención de líquido, afecta la producción de glóbulos rojos y un aumento notable en la presión arterial, llevando a las personas a sufrir accidentes cardiovasculares.

Figura 2

Anatomía externa e interna del riñón.



En los riñones, cada minuto el flujo sanguíneo que llega a los glomérulos renales es de aproximadamente 1200 mililitros de sangre, de los cuales, 650 ml corresponden a plasma sanguíneo y del cual, alrededor de la quinta parte será filtrado en el glomérulo. Esto nos indica que por cada día los riñones filtran más de 60 veces todo el plasma sanguíneo. (Carracedo y Ramírez, 2020)

El cuerpo necesita nutrirse, por ende, al ingerir alimentos debe realizar la metabolización de los mismos, lo que trae como resultado desechos, siendo unos de los principales desechos la urea, que es producto de metabolizar las proteínas. La urea pasa del glomérulo al líquido tubular donde es absorbida y luego pasa a la orina, cumpliéndose así,

por parte de los riñones, la función de filtración y eliminación de desechos del cuerpo. (Preminger, 2023)

2.2.2 Enfermedades

2.2.2.1 Insuficiencia Renal Aguda

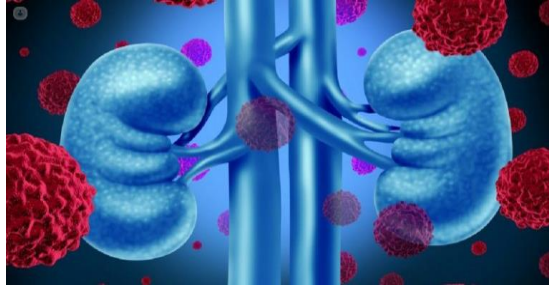
La insuficiencia renal aguda, actualmente conocida como lesión renal aguda (LRA), se basa en un cambio repentino en el funcionamiento de los riñones, una persona puede estar en un estado normal, y en cuestiones de horas poder sufrir una deficiencia en el funcionamiento renal basado en la filtración glomerular. La lesión renal aguda puede ser adquirida tanto fuera como dentro del hospital (pacientes hospitalizados), siendo este caso el más frecuente, con un porcentaje de probabilidad de aproximadamente 20%, donde unas de las principales causas son la isquemia, la medicación, el medio de radiocontraste y la septicemia. En el caso de pacientes que adquieren esta lesión de manera externa a un hospital, rondan en porcentaje 1%, y con una mortalidad de 15% para estos pacientes que adquieren la lesión renal aguda de manera extrahospitalaria. (Schrier, 2009).

Entre las causas de la insuficiencia renal aguda se encuentran tres agrupaciones: la prerrenal o funcional que es ocasionada por hipoperfusión renal, está la intrarrenal o parenquimatoso que se produce por una alteración vascular, glomerular o tubular y el tercer grupo es la posrenal u obstructivo que se lleva a cabo por dificultad al eliminar la orina. (Amir, 2022).

Al momento que un paciente tiene indicios de presentar esta enfermedad, se le deben realizar exámenes de sangre y orina; para analizar si existe una disminución en el volumen de orina y ver en la sangre si existe de manera aumentada la cantidad de urea, creatinina y electrolitos como el potasio. (García, 2024)

Figura 3.

La insuficiencia renal se da cuando existe retención de líquido y deficiente producción de glóbulos rojos.



2.2.2.2 Insuficiencia Renal Crónica

Esta enfermedad es la causa de mayor mortalidad y la misma presenta una gran morbilidad en la población, donde los mismos, presentan una menor calidad de vida en comparación con otras personas. La insuficiencia renal crónica o terminal, en su mayoría de las veces es causada por la hipertensión y diabetes. (Schrier, 2009).

Esta enfermedad se ha convertido en un gran problema de salud pública, de manera que lleva arraigado un elevado costo económico y repercute un cambio en el estilo de vida de los pacientes ocasionado por las terapias sustitutivas que se realizan. (Romero et al., 2019)

La insuficiencia renal crónica se considera al presenciar una dificultad funcional de filtrado en los riñones por más de 3 meses o algunos marcadores como lo son: Albuminuria mayor a 30 mg/ml, alteraciones en el sedimento urinario, alteraciones hidroelectrolíticas u otras alteraciones de origen tubular, alteraciones estructurales, paciente trasplantado renal. Para la dificultad funcional, la podemos considerar al ver resultados de Filtrado glomerular < 60 ml/min/1,73m². (Amir,2022).

Con el tiempo los factores causantes de la enfermedad crónica renal han ido variando; la glomerulonefritis se consideraba la principal causa de la enfermedad renal, ahora es

considerada la tercera causa, ocupando el primer lugar la nefropatía diabética como la principal causa hoy día, de las enfermedades renales, especialmente en los países desarrollados; seguida está la nefropatía hipertensiva como la segunda principal causa de esta enfermedad. (Romero et al., 2019)

Según el Dr. Pedro Pinheiro (2022), la insuficiencia renal crónica se divide en 5 estadios diferentes basados en la tasa de filtración glomerular.

- Estadio 1: con una tasa por encima de los 90 ml/min, pero con alguna enfermedad adicional como diabetes, hipertensión o riñones poliquísticos, entre otras.
- Estadio 2: presenta una tasa entre 60 ml y 89 ml por minuto.
- Estadio 3: pacientes con tasa entre 30 ml y 59 ml por minutos.
- Estadio 4: tasa de filtración en un rango de 15 ml a 29 ml por minuto.
- Estadio 5: filtración glomerular inferior a 15 ml/min.

2.2.2.3 Tratamientos para la Insuficiencia Renal

- Trasplante de riñón: esta es una de las mejores opciones para personas que presentan una insuficiencia renal crónica, en lo cuales sus riñones se encuentran disfuncionales; la limitante de esta solución en nuestro país, pese a que ayuda a prolongar el tiempo de vida de los pacientes, es encontrar al donante de dicho órgano. Esta opción de tratamiento también va a depender de las condiciones que presenta el paciente. (Malkina, 2023).

El tipo de trasplante se clasifica según el donante:

- Donante vivo: este tipo de trasplante es con personas que ceden su órgano de manera voluntaria, ya sea un familiar o amigo. Previamente se deben realizar una serie de exámenes médicos tanto al donante como al paciente para asegurar una viabilidad de la donación y su compatibilidad con el paciente.

- Donante fallecido: este puede ser de dos tipos, de muerte encefálica o corazón parado; si la familia está de acuerdo con la donación, se realiza una revisión para confirmar la viabilidad de los órganos a trasplantar. (Diekmann y Musquera, 2021)
- Diálisis Peritoneal: el primer tratamiento de manera portátil para insuficiencia renal crónica es la diálisis peritoneal, la cual, aunque maneje pocos volúmenes de líquido, es de mucha ayuda para los pacientes, de manera que crea autonomía en ellos, un estilo de vida diferente a las personas que se realizan tratamientos de hemodiálisis convencional. (Schrier, 2009).

La diálisis tiene como función principal la eliminación de toxinas presentes en la sangre, como también la eliminación del exceso de agua y algunos electrolitos como sodio y potasio, que se acumulan por defectos en el funcionamiento de los riñones. (García, 2023)

- Hemodiálisis: para la realización de este tratamiento se requiere de un centro hospitalario, equipado con la máquina de hemodiálisis, el suministro de agua e insumos necesarios utilizados para preparar el líquido utilizado para dializar al paciente; además, el paciente necesita tener un acceso vascular como un catéter o una fístula arteriovenosa. Aunque este tratamiento es de mucha ayuda para los pacientes, lleva a una de las principales causas de muerte que son las enfermedades cardiovasculares. (AMIR, 2022).

Para realizar la terapia de hemodiálisis existen tres tipos de accesos vasculares para los pacientes, los cuales son:

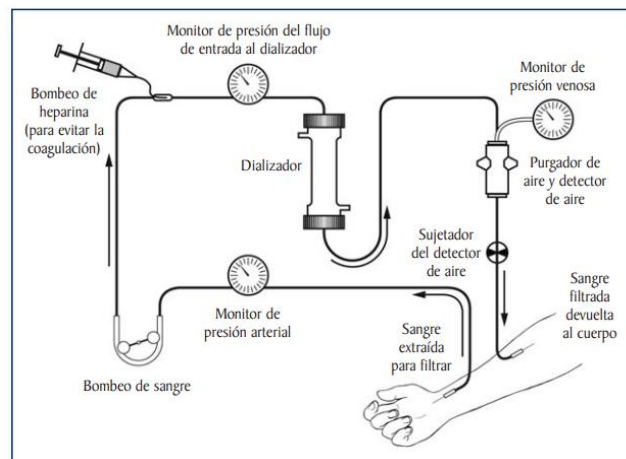
- fístulas arteriovenosas: es una conexión que se realiza entre una arteria y una vena, normalmente se coloca en el brazo que la persona menos utiliza.

- injerto arteriovenoso: es utilizado en personas con vasos sanguíneos de menor diámetro, en el cual se utiliza un cilindro sintético flexible para crear esa unión entre arteria y vena.
- catéter: es una especie de cánula que se le introduce al paciente por una vena grande del cuello, esta cánula cuenta con dos extensiones en el exterior que serían la línea arterial y la venosa.

Los pacientes necesitan ser evaluados por medio de ultrasonidos doppler para determinar qué tipo de acceso vascular necesitan. (Mayoclinic, 2023)

Figura 4

Circuito extracorpóreo utilizado para tratamientos de hemodiálisis.



2.2.3 Tecnologías

En la actualidad, una de las técnicas más efectivas en tratamientos para pacientes con insuficiencia renal crónica es la hemodiafiltración on-line (HDF- OL), esta tecnología se basa en el transporte de moléculas pequeñas, medianas y de gran tamaño; todo esto es posible por sus dos transportes moleculares que realizan que son el difusivo y convectivo utilizando un filtro dializador de alto flujo, lo que ayuda a eliminar las moléculas que no son posibles de eliminar en la hemodiálisis convencional. La hemodiafiltración en línea es muy

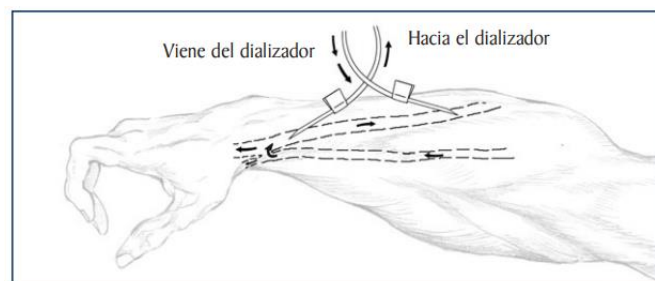
segura, ya que ayuda a mantener el equilibrio hemodinámico del paciente durante la sesión gracias al líquido de sustitución post dilucional que genera, además ayuda a su supervivencia.

Para utilizar esta técnica de Hemodiafiltración On-Line es necesario utilizar membranas de alta permeabilidad para eliminar las moléculas medianas y de gran tamaño, como también disponer de una calidad de agua ultrapura para obtener un líquido de diálisis con los niveles de endotoxinas $<0,03$ UE/ml para mantener seguro al paciente. (Trocoli, 2024)

En Hospital Clinic Barcelona, se ha realizado un estudio que muestra resultados positivos del uso de esta tecnología (HDF-OL), dicho estudio realizado fue denominado Estudio de Supervivencia de Hemodiafiltración On-Line (ESHOL); este estudio constaba de 23 pacientes los cuales fueron escogidos del programa de hemodiálisis, entre ellos eran 17 hombres y 6 mujeres los cuales se encontraban estables. Todos estos pacientes utilizaban fístulas arteriovenosa como acceso vascular para alcanzar flujos más altos, ya que una de las limitantes de esta tecnología para alcanzar altos volúmenes convectivos es el flujo de sangre limitado, por ende, no se debe utilizar catéter o accesos vasculares disfuncionales.

Figura 5.

Acceso vascular, fístula arterio venosa para alto flujo.



Los pacientes de hemodiálisis se deben realizar los tratamientos 3 días a la semana de manera intercalados, para este estudio, se hizo de manera aleatoria, aplicando las sesiones de HDF-OL a la mitad de cada semana, o sea, que se realizaron dos sesiones de hemodiálisis y una de hemodiafiltración On-Line; se les realizaron cinco sesiones a cada paciente manteniendo todos los parámetros, excepto el flujo de sangre (Q_b), que se les fue

variando en cada sesión para ver los resultados del volumen convectivo, utilizando flujos de sangre de 250, 300, 350, 400 y 450 ml/min.(Maduell et al., 2015)

Todas las sesiones se dieron a la perfección sin coagulación en las líneas ni en el dializador, obteniendo buenos resultados de transporte convectivo efectivo en los pacientes con un porcentaje entre el 27% y 33% de la sangre procesada; para ser más exacto, con la variación de los flujos de sangre, se comprobó que por cada 50 ml/min que se aumente en el flujo de sangre, se consigue incrementar el flujo convectivo entre 8 y 12 ml/min, lo cual representa entre 0.50 y 0.75 litros por hora de diálisis.

La hemoconcentración en el dializador, afecta de manera directa conseguir altos volúmenes de transporte convectivo, por ende, es necesario utilizar dializadores diseñados para alto flujo, los cuales cuentan con poros de mayor tamaño. (Maduell et al., 2015)

El líquido de diálisis utilizado en la HDF-OL es el mismo líquido utilizado para sustitución al paciente y es elaborado por agua ultrapura, con la cual se diluye el concentrado de ácido y bicarbonato en polvo; esto nos dice que el líquido de dializado debe tener los niveles de endotoxinas por debajo de 0.03 UE/ml y debe ser estéril. Los equipos de HDF-OL deben presentar varios filtros hidráulicos de endotoxinas, lo que ayuda a bajar los niveles de las mismas en el líquido de dializado y garantizar esterilidad en él. (Martínez, 2016)

Esta técnica necesita de un buen tratamiento en la planta de agua, así como filtros de seguridad para poder obtener un líquido de dializado ultrapuro para realizarle al paciente tratamientos de alta calidad. En estudios realizados en Cataluña (España), demostraron que la tasa de mortalidad se redujo a un 30% por causas de diferentes índoles, por accidentes cardiovasculares a un 33% y por infecciones a un 55%. (Clínic Barcelona, 2013)

La Hemodiafiltración On-Line contribuye a mantener un control de la hiperfosfatemia, la cual es un trastorno de exceso de fósforos presentes en la sangre. En pacientes de prediálisis, se puede controlar a través de esta técnica los niveles de la proteína beta-2 microglobulina presente en la sangre u orina, la cual es indicadora de un daño renal y utilizada para darle seguimiento a las enfermedades renales. (Pérez et al., 2011)

2.2.4 Calidad de Agua para Hemodiálisis y Planta de Tratamiento

La calidad de agua suministrada a los equipos de hemodiálisis va a depender de que tan bueno sea el tratamiento que tenga la misma, debemos conocer los componentes necesarios dentro de una planta de ósmosis para que esta opere de la mejor manera y nos brinde una calidad de agua eficiente y sin contaminantes para la realización del líquido de dializado.

La presión del agua es uno de los factores importantes y claves del funcionamiento de una planta, de manera que debe existir un sistema presurizado que mantenga una presión constante requerida por la bomba de la ósmosis inversa para su funcionamiento; también es importante mencionar que la presión y el caudal de agua van de la mano, ya que en la sección de pre tratamiento se requiere un caudal y una presión de alrededor de 60 psi, para garantizar un buen filtrado del agua potable que alimenta la planta. Este pre tratamiento está compuesto por filtro multimedia, filtro ablandador de agua y filtro de carbón activado.

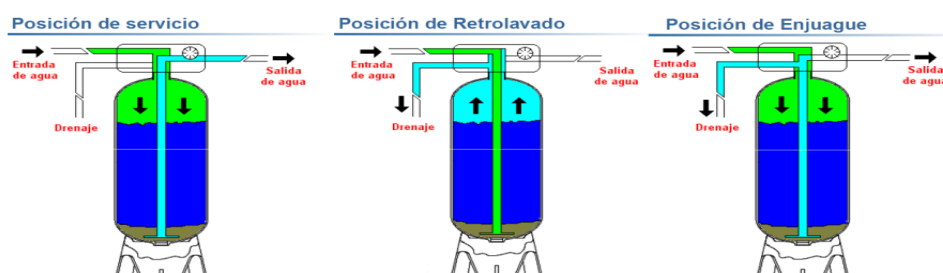
El filtro multimedia, también conocido como filtro de sedimentos, se encarga de eliminar todas las partículas presentes en el agua como limo, arcilla, óxido, rocas y desechos de plantas. Este filtro está compuesto por capas de grava, arena y antracita; el agua fluye en este mismo sentido, para que así, las partículas de mayor tamaño sean atrapadas en la primera sección que es la grava y así sucesivamente según los tamaños de las partículas.

Los filtros suavizadores o ablandadores de agua se colocan posterior al filtro multimedia; el ablandamiento del agua busca disminuir la dureza del agua la cual hace referencia a los polivalentes totales presentes en el agua. El agua de alimentación a la planta de ósmosis, la cual pasa por el pre filtrado, es potable y la misma a su vez subterránea que es de donde se extrae, por ende, está agua es portadora de una acumulación de calcio y magnesio, los cuales son eliminados en este filtro ablandador e intercambiados por sodio, para así evitar que el agua llegue a la ósmosis inversa con estos componentes y tape las membranas de la misma.

El carbón activado elimina el cloro y la cloramina del agua potable, este cloro suministrado por las entidades responsables del agua potable de la ciudad donde esté ubicada la sala de hemodiálisis, la función del cloro es evitar crecimientos microbiológicos en el agua. El cloro y la cloramina deben ser eliminados por dos razones, una de ellas es que esto al llegar a los pacientes les puede ocasionar anemia hemolítica, lo que afecta los glóbulos rojos del paciente que recibe tratamientos de diálisis y la otra razón es que al llegar a la ósmosis inversa, ocasiona un deterioro de las membranas, de manera que se agrandan los poros y pierde permeabilidad. También es importante tener en cuenta que al eliminar los niveles de cloro en el agua, queda propensa a contaminarse por crecimiento bacteriano, por ende, este filtro debe estar lo más próximo posible a la ósmosis inversa. (Nissenson, A y Fine, R.2022).

Figura 6.

Mecanismo de funcionamiento de los filtros de pretratamiento.



La ósmosis inversa es un proceso que, gracias a la bomba del equipo, aumenta la presión del agua, haciendo que pase de manera forzada por las membranas herméticas filtrando así solutos, partículas, bacterias y endotoxinas obteniendo de esta manera, una producción de agua con una calidad pura. El agua producida que sale de las membranas se le conoce como agua filtrada, permeada o agua tratada; por el contrario, el agua que no pasa la membrana o los solutos filtrados, se le conoce como agua de rechazo.

Figura 7.

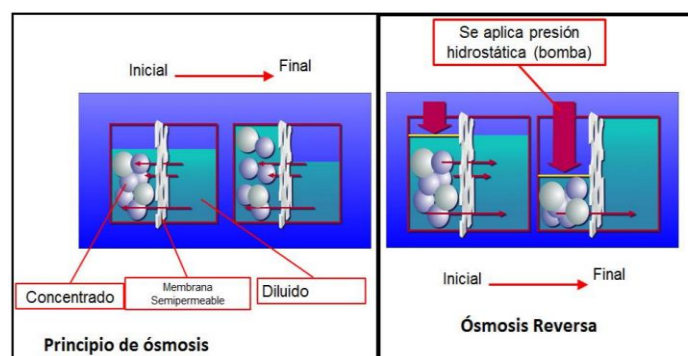
Membrana permeable para realizar el proceso de ósmosis inversa.



El término ósmosis, hace referencia al movimiento que realiza el agua al encontrarse en dos secciones divididos por una membrana semipermeable, en la cual usa el gradiente de concentración y pasa de una baja concentración de soluto hacia donde existe mayor concentración, por ende, el proceso de ósmosis inversa realiza lo contrario (de mayor soluto hacia menor soluto), buscan tener un agua de mejor calidad. (Nissenson, A y Fine, R.2022).

Figura 8.

Mecanismo de funcionamiento del proceso de ósmosis.



Para asegurar la calidad del agua tratada, debemos colocar un sistema para eliminar cualquier contaminante que puedan estar en ellas, por eso antes del agua ser distribuida a las máquinas de hemodiálisis, deben pasar por un filtro de endotoxinas y por una lámpara de luz ultravioleta (UV). (Nissenson, A y Fine, R.2022).

Figura 9.

Bulbo para balasto de luz ultravioleta.



Es importante tener en cuenta que, esta agua tratada debe mantenerse recirculando permanentemente entre el almacenamiento y el anillo de distribución, para evitar la probabilidad de una aparición de biofilm, que consisten en colonias de crecimiento bacteriológico lo cual es una fuente activa para la aparición de endotoxinas en el agua. (Pérez et al., 2015)

Una de las bacterias que más frecuente su aparición en las unidades de hemodiálisis son las pseudomonas. Arvanitidou realizó un estudio sobre estas bacterias en una unidad de hemodiálisis en Cuba, donde este género de bacteria se aisló hasta un 22% en las muestras de agua tratada, pero también se encontraron en las membranas de la ósmosis inversa, correspondiente al agua suavizada en una concentración de $1,8 \times 10^3$ NMP/100mL; estas bacterias han sido encontradas en diferentes especies como pseudomonas cepacia, pseudomonas stutzeri, pseudomonas aeruginosa, pseudomonas maltophilia. (Gómez et al., 2006)

La calidad del agua producida en Panamá, está regulada por la norma internacional ISO 23500-2019, la cual nos da los valores permitidos para la calidad de agua de hemodiálisis, las cuales son agua pura y ultrapura.

Figura 10.

niveles de endotoxinas y crecimiento bacteriano para la calidad de agua de hemodiálisis.

	Nivel máximo permitido	Nivel de acción	Dializado ultrapuro
TVC	<100 UFC/mL	50 UFC/mL	<0,1 UFC/mL
endotoxina	<0,25 UE/mL	0,125 UE/mL	<0,03 UE/mL

Para alcanzar los niveles permitidos en de endotoxina y crecimiento bacteriano según la norma ISO 23500-2019, se debe aplicar una rutina de desinfección, normalmente se debe realizar de manera mensual; esta desinfección aplica tanto para el almacenamiento del agua tratada como también para el anillo de distribución, y la desinfección puede ser de manera térmica y química. (Latini, 2016)

El tipo de desinfección más común es la química, pero actualmente, se están fabricando muchos equipos que permiten realizarla de manera térmica (calor); esto va ligado al material con el que se creó el anillo de distribución de agua tratada, el cual debe ser apto para desinfectarse por el método a utilizar. (Latini, 2016)

Tabla 1.

Materiales utilizados para anillos de distribución de agua tratada y su tolerancia.

Material	Hipoclorito de Sodio	Ácido peracético	Agua caliente	Ozono
PVC	X	X		X
PVC Clorado	X	X		X
PVDF	X	X	X	X
PEX - Polietileno reticulado	X	X	X	X
Acero Inoxidable		X	X	X
Polipropileno	X	X	X	
Polietileno	X	X		X
ABS		X		
PTFE – Teflón	X	X	X	X
Vidrio	X	X	X	X

Para alcanzar los niveles que exige la norma para la calidad del agua utilizada en hemodiálisis, nos damos cuenta que se necesita una mayor filtración del agua para conseguir una mejor calidad de agua para hemodiálisis, esto implica planta de tratamiento de agua con doble paso, en serie, de ósmosis inversa, este puede funcionar con dos ósmosis grandes en la planta como también colocando una ósmosis portátil a cada máquina de hemodiálisis que esté conectada al anillo de agua tratada para una segunda purificación, otro método es colocar una ósmosis inversa como en caso del agua pura, conectada en serie con un desionizador. (Pérez, R, Rodríguez, P. 2023)

En la actualidad, en diferentes países se están utilizando plantas doble paso de ósmosis inversa (DPRO), ya que ayuda a obtener una mejor calidad de agua y una mayor producción de la misma; con las plantas de paso único se recupera un 80% del agua que alimenta la planta, sin embargo, con DPRO se puede alcanzar un porcentaje de recuperación por encima del 90% del agua. (Shane, 2020)

Figura 11.

Desionizador de agua para planta de ósmosis inversa.



El desionizador es un sistema de filtrado compuesto por una resina de intercambio con componentes aniónicos de hidroxilo (OH^-) y catiónicos de hidrógeno (H^+). Cuando el agua entra en contacto con el filtro, entra con aniones y cationes de mayor afinidad, en el instante son liberados los hidrógenos e hidroxilos para unirse con la resina, quedando libre el H^+ y OH^- para formar agua pura (H_2O). Este sistema cuando se opera de manera correcta ayuda a conseguir agua con una calidad muy alta.

Figura 12.

Configuraciones de ósmosis inversa en sistema doble paso para calidad de agua.

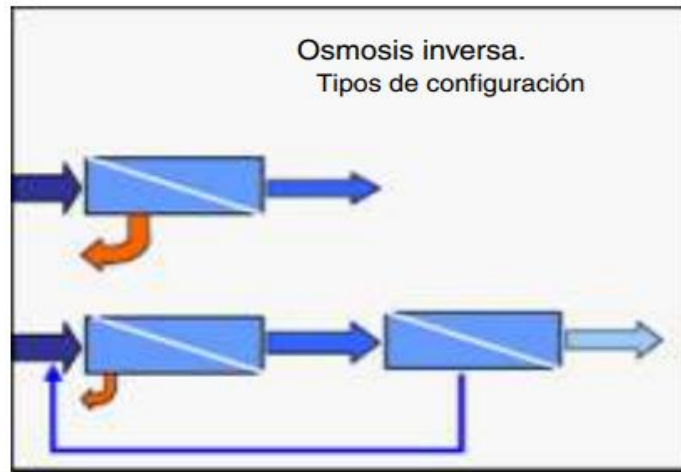
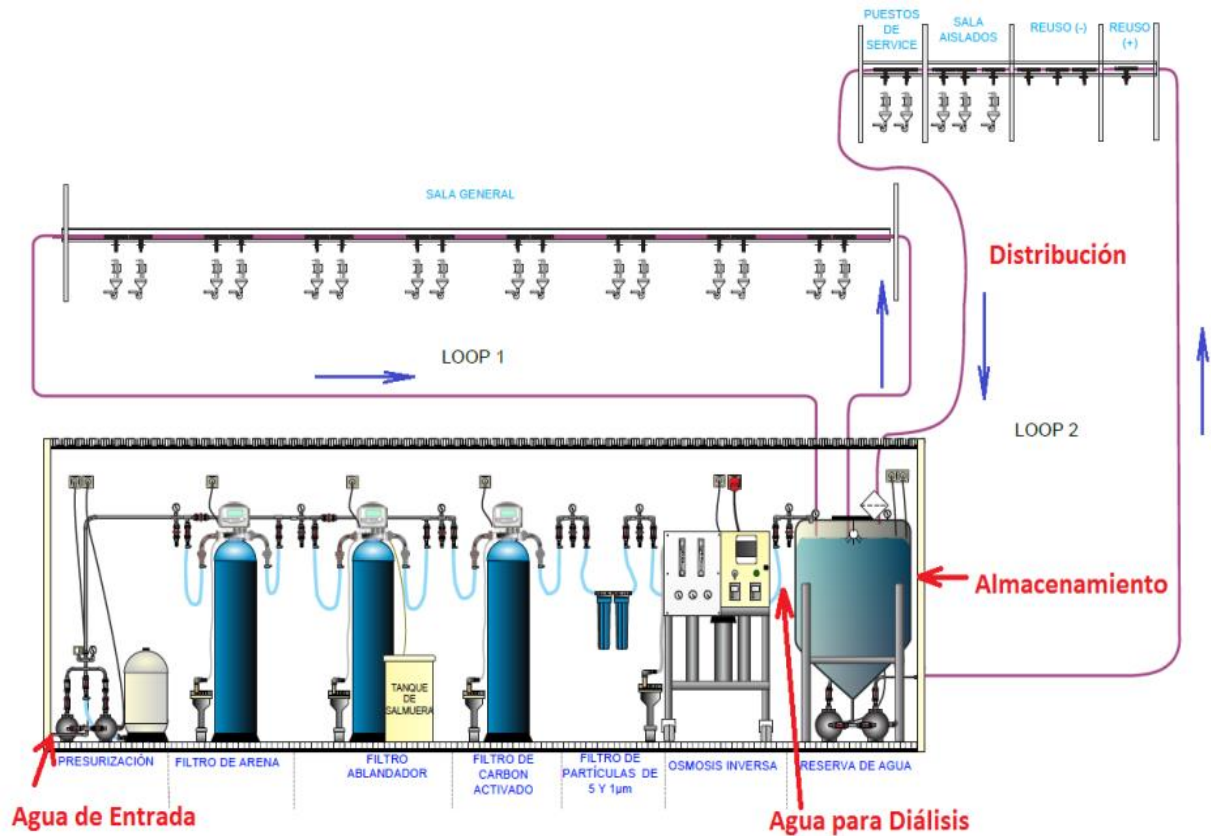


Figura 13.

Sistema básico de una planta de ósmosis inversa de producción de agua tratada para dos anillos de distribución.



La calidad bacteriológica del líquido de diálisis depende de diferentes factores como lo es el diseño de la planta de tratamiento de agua y del anillo de distribución; por otro lado, junto con el agua existen otros concentrados para formar el líquido de dializado, y estos también pueden contaminarse, sobre todo el bicarbonato. También va a depender del método de desinfección del anillo de distribución de agua tratada y máquinas. Es fundamental la metodología empleada para cultivar las muestras de agua, cómo y cuándo tomarlas y cómo procesarlas. (Márquez et al.2010)

2.3 Variable

2.3.1 Definición conceptual de la variable

Agua ultrapura: según el Ing. Daniel Latini (2016) la define como, agua procesada y que está apta para ser usada en tratamientos de hemodiálisis, incluyendo preparación de líquido de diálisis, reproceso de dializadores, preparación de concentrados y preparación de líquido de sustitución para terapias convectivas como hemodiafiltración on-line. Según Aranda, C y Acevedo, M (2022), definen el agua ultrapura como agua producida por planta de agua (post osmosis). El recuento bacteriano no deberá ser mayor a 0.1 UFC/100 ml y endotoxina no deberá ser mayor a 0,03 UI/ml.

2.3.2 Definición operacional de la variable

Agua ultrapura: agua obtenida por un sistema doble paso de ósmosis inversa, en la cual se necesita tomar una muestra del agua producida para analizar los niveles bacteriológicos por medio de cultivos en platos petri en el laboratorio, donde luego de 3 días realizan conteo de crecimiento bacteriológico en el cultivo, a través de un microscopio con *software* especializado. Los niveles de endotoxinas se miden por pigmentación del agua, al añadirle un reactivo que ayuda a identificar los niveles de la misma. Al terminar estos procesos el laboratorio hace entrega de los resultados, donde podemos ver si la calidad de agua obtenida cumple con los requerimientos de las normas ISO 23500 que regula la calidad de agua para hemodiálisis. (Sobrino et al., 2008)

2.3.3 Mapa de Variables

Título de la investigación: Propuesta de Mejora de la Calidad del Agua para Tratamientos de Hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato (CARRH), Según la Norma ISO 23500-2019.

Tabla 2.

Mapa de variables de la investigación con sus dimensiones e indicadores. .

Objetivo General	Proponer mejora de la calidad del agua para tratamientos de hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato según la norma ISO 23500-2019.		
Objetivos Específicos	variables	Dimensiones	Indicadores
1. Conocer las tecnologías existentes de procesamiento de agua para hemodiálisis, tanto a nivel nacional como internacional.	calidad de agua	pretratamiento	niveles bacteriológicos y de endotoxinas.
2. Diagnosticar la situación actual del agua para hemodiálisis en el CARRH.		ósmosis Inversa	
		filtrado de endotoxina	
		agua pura	niveles bacteriológicos y de endotoxinas.
agua ultra pura			

<p>3. Proponer un sistema de tratamiento en la planta de ósmosis inversa para mejorar la calidad del agua para hemodiálisis en el CARRH.</p>	<p>Este objetivo se desarrollará en el capítulo 5.</p>
--	--

2.3.4 Glosario de términos

- *Hemodiafiltración en línea:* La HDF en línea es una técnica que proporciona una gran cantidad de transporte convectivo y en la que el líquido de sustitución se produce de forma simultánea a partir del propio líquido de diálisis. (Maduell, F y Broseta, J. 2023).
- *Agua pura:* Agua producida por planta de agua (post osmosis). Debe cumplir con las recomendaciones del decreto 45, del Ministerio de Salud, que señala sobre el recuento bacteriano que no debe ser mayor a de 100 UFC/ml en diálisis de bajo flujo o convencional y endotoxinas no debe ser mayor a 0.25 UE/ml.(Aranda, C y Acevedo, M .2022).
- *Análisis bacteriológico:* Control o prueba de cultivo de bacterias de distintos puntos, del sistema de planta de agua. (Aranda, C y Acevedo, M .2022).
- *Análisis de Endotoxinas:* Control del mayor componente de la pared externa de las bacterias Gram negativas, se realiza en distintos puntos del sistema de la planta de agua. (Aranda, C y Acevedo, M .2022).

- *Ósmosis inversa*: Proceso de purificación del agua mediante el tamizado a través de una membrana y rechazo del concentrado iónico. Elimina iones y contaminantes orgánicos de peso molecular > 100 D.
- *Líquido de sustitución*: Líquido o fluido de diálisis que se utiliza en las técnicas de hemodiafiltración y hemofiltración para reponer el ultrafiltrado, infundiéndolo en el circuito sanguíneo.
- *Dializador*: Elemento de la hemodiálisis donde se realiza la diálisis, mediante transporte difusivo, convectivo y adsorción. En su interior se ponen en contacto la sangre y el líquido de diálisis a través de una membrana semipermeable. También se denomina filtro.

CAPÍTULO 3

3. Metodología

3.1 Tipo y diseño de la investigación

En el 2017, Carlos Babativa dice que, la investigación cuantitativa se caracteriza por ser objetiva y deductiva, producto de los diferentes procesos experimentales que pueden ser medibles, su objeto de estudio permite realizar proyecciones, generalizaciones o relaciones en una población o entre poblaciones a través de inferencias estadísticas establecidas en una muestra. En base a la definición antes descrita, esta investigación que se lleva a cabo se caracteriza por ser una investigación cuantitativa, de manera que los resultados que se obtendrán en ella, pueden ser medidos y cuantificados.

Según José Lozada en el año 2014, definió la investigación aplicada como un proceso que permite transformar el conocimiento teórico que proviene de la investigación básica en conceptos, prototipos y productos, sucesivamente. De lo expuesto anteriormente, esta investigación puede catalogarse como investigación aplicada; donde se recolectarán muestras de agua para hemodiálisis, procedentes de un sistema doble paso con ósmosis portátil conectada al anillo de distribución de agua tratada en la sala de hemodiálisis del Centro de Asistencia Renal Río Hato.

El diseño de un estudio transversal se basa en la observación individual para medir una o más variables en un momento específico. Para diseñar un estudio de este tipo se debe definir, de manera clara, las estrategias para obtener la información necesaria. (Ayala, 2021). Y según María Saavedra en el año 2017, el estudio de caso como diseño de investigación, nace de la necesidad de comprender un fenómeno social complejo, permitiendo la comprensión de las características que representan de un modo integrado los eventos y/o fenómenos de la vida real.

Teniendo en cuentas las anteriores definiciones, esta investigación es no experimental con diseño de campo de estudio de caso, ya que los resultados se obtendrán en el lugar de

estudio y es con el fin de mejorar una situación en el mismo (CARRH). También su diseño es transversal, basándonos en la definición otorgada por Maytee Ayala, ya que el instrumento que se utilizará para recolectar la información (encuesta), se ejecutará con el personal de la Sala de Hemodiálisis Centro de Asistencia Renal Río Hato, el cual será el sitio de estudio.

3.2 Población y muestreo

Para la primera fase, se realizará una encuesta en la sala de Hemodiálisis Centro de Asistencia Renal Río Hato con el personal de nefrología que son quienes manejan la situación actual que se vive en esta sala. Se realizará por el método no probabilístico, siendo en este caso un muestreo intencional o de juicio donde se seleccionará el personal que va a participar de la misma. La población sería el personal de la Sala de Hemodiálisis Centro de Asistencia Renal Río Hato, el cual está compuesto por 18 enfermeras, 2 médicos generales, 2 nefrólogos, 1 psicóloga, 1 paramédico, 4 técnicos de enfermería y 3 biomédicos que ven la sala para una población total de 32 personas y la muestra utilizada es de 20 personas. Considero que 20 personas como muestra, nos brindan la información necesaria para conocer las tecnologías y diagnosticar la situación actual de la Sala de Hemodiálisis Centro de Asistencia Renal Río Hato, siendo más de la mitad de la población total de la sala.

En la segunda fase se va a tomar una muestra de agua con una sola etapa para analizar los resultados y en base a los resultados obtenidos de ambas fases realizar la propuesta. Este muestreo será de tipo no probabilístico- muestreo intencional o de juicio ya que solo se tomará una muestra de agua por cada calidad de agua (actual y posible mejora).

3.3 Descripción del instrumento

El instrumento utilizado será una encuesta, se desarrollará con preguntas de escoger la respuesta. Esta encuesta consta de 10 ítems y la misma se aplicará a 20 personas del Centro de Asistencia Renal Río Hato.

Esta encuesta será validada por el método de juicios de expertos por profesores de la Universidad Latina de Panamá, previo a la aplicación del mismo.

A este instrumento se le realizará una prueba de confiabilidad para validar los resultados, se utilizará el coeficiente alfa de Cronbach, el cual consiste en un análisis de correlación entre los ítems de la encuesta, la cual va a depender de la precisión o consistencia entre ellos. (Rodríguez y Reguant, 2020)

Ecuación 1.

Coeficiente alfa de Cronbach.

$$\alpha = \frac{k(1 - \sum s_i^2/s_t^2)}{k - 1}$$

3.4 Procedimiento de la Investigación

3. 4.1 planteamiento del problema

En Panamá existe un notable incremento de pacientes nefrópatas, indicando una invasión considerable de la población, incluyendo personas de todas las edades; esto va ligado a una tasa grande de defunciones, lo cual puede cambiar si se mejora la calidad de agua para hemodiálisis en una de las salas más grande del país (CARRH), en cuanto al sector privado.

3. 4.2 Revisión de la Literatura

Para redactar los capítulos con sus diferentes secciones que componen esta investigación, se utilizaron documentos de apoyo los cuales distribuyeron a lo largo de la investigación; para el primer capítulo de esta investigación, se utilizaron 8 documentos como apoyo, entre ellos artículos y páginas web de donde se extrajo la información necesaria,

incluyendo imágenes. En nuestro segundo capítulo, para desarrollar los antecedentes de investigación del tema de tesis, se utilizaron 5 tesis de investigación (dos nacionales y 3 internacionales). En el punto de bases teóricas, se hizo uso de 4 libros para justificar las bases y 28 documentos entre artículos y páginas web que nos ayudaron a complementar la información recopilada y para obtener las imágenes necesarias que ilustran la información redactada.

El capítulo tres consta de 5 artículos, utilizados para definir y justificar el tipo de investigación y diseño de la misma; también se utilizó 1 página web que describe el significado de análisis descriptivo, el cual será el método utilizado para analizar los datos obtenidos en la encuesta.

3. 4.3 Diseño de Investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa y aplicada, de manera que los datos obtenidos se podrán cuantificar para posteriormente analizarlos. También, se considera de tipo no experimental, porque se hará un diseño de estudio de campo, siendo más exacto, un diseño estudio de caso y transversal, donde el punto de muestreo está en el sitio de estudio que será la Sala de Hemodiálisis del Centro de Asistencia Renal Río Hato. El alcance de la investigación es obtener los datos necesarios que ayuden a realizar dicha propuesta, teniendo como población objetivo el personal de la Sala de Hemodiálisis del Centro de Asistencia Renal Río Hato, utilizando una encuesta y toma de muestras de agua como métodos de recolección de datos.

3. 4.4 Selección de la Muestra

Mediante la técnica de muestreo no probabilístico, utilizando un muestreo intencional o de juicio, se selecciona una muestra de 20 personas del personal de trabajo de la Sala de Hemodiálisis del Centro de Asistencia Renal Río Hato, siendo esta 2/3 de la población total de esta sala. Para la muestra de agua que se utilizará en el capítulo cinco, quien nos ayudará

a complementar los datos para la propuesta, solo se tomará una muestra en la cual nos indique que los resultados obtenidos al validarlos con la norma ISO 23500-20219, son favorables para el objetivo final de esta investigación; solo se tomará una muestra, de manera que existen factores externos que pueden alterar los resultados de la misma, como lo son el mantenimiento preventivo que se realice a la planta de ósmosis inversa y el ambiente en donde se esté tomando la muestra, el cual debe ser lo más limpio posible para evitar así, una contaminación de la muestra tomada. Cabe destacar, que esta muestra debe permanecer a una temperatura adecuada durante su transporte al laboratorio sin acceso a la luz, para asegurar un buen estado de la misma.

3.4.5 Recolección de Datos

En la primera fase de esta investigación, los datos se obtendrán por medio de una encuesta que consta de 10 ítems de escoger la respuesta, la cual será aplicada a 20 personas de la Sala de Hemodiálisis, buscando obtener los datos necesarios que nos ayuden a alcanzar los dos primeros objetivos de esta esta investigación.

En la segunda fase, se realizará un sistema doble paso con una ósmosis portátil conectada al anillo de distribución de agua tratada, en donde se tomará una muestra de agua para analizarla en un laboratorio certificado, para así, validar estos resultados con la norma reguladora de la calidad de agua para hemodiálisis.

3.4.6 Análisis de Datos

Los datos obtenidos en la encuesta se analizarán por el método de análisis descriptivo. Este tipo de análisis, describe los resultados de los datos obtenidos y observa los indicios que nos dan estos datos de posibles nuevos hechos; esto incluye la recolección de datos para organizarlos, luego se tabulan y se describen para analizarlos. (Velásquez, 2024)

3.4.7 Interpretación de Resultados

Se interpretarán los resultados de dicha encuesta según el análisis realizado, para en base a esto, poder obtener nuestras conclusiones del estado de la sala de hemodiálisis, para así, poder justificar la propuesta que se desea realizar en este sitio de estudio. Estos resultados obtenidos, en conjunto con los resultados arrojados por el laboratorio que realizará el análisis de la muestra de agua, se podrá completar el objetivo tres de esta investigación que sería la propuesta de mejora de la calidad de agua en el lugar de estudio.

3.4.8 Informe de Resultados

Esta investigación finalizará con el capítulo 5, donde se realizará un análisis de las muestras de agua obtenidas en la Sala de Centro de Asistencia Renal Río Hato comparándolo con la norma ISO 23500-2019, que regula la calidad de agua para hemodiálisis, y tomando en cuenta los resultados obtenidos en el capítulo 4, se realizará una propuesta que busca mejorar la calidad de agua para hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato. Esta investigación será entregada como documento escrito de tesis y sustentada antes los jurados escogidos por la coordinación de la carrera Ingeniería Biomédica e Instrumentación.

CAPÍTULO 4

4.1 Resultados del instrumento aplicado

Luego de crear el instrumento en tipo encuesta, se procedió a validarlo por el método de juicio de expertos con docentes de la Universidad Latina de Panamá, para confirmar que los ítems que lo conforman tienen la capacidad de recolectar la información necesaria para llevar a cabo la investigación. En la sección de anexos se encuentra este instrumento. Los profesores expertos que validaron fueron la ingeniera Olga Romero, el Ing. Erick Zapata y la Ingeniera Joany Delgado; quienes consideran válido para aplicarlo en el Centro de Asistencia Renal Río Hato.

El instrumento aplicado fue una encuesta de 10 ítems, la cual se llevó a cabo en el Centro de Asistencia Renal Río Hato, lugar de estudio en esta investigación. Esta encuesta se aplicó al personal que trabaja en esta sala de hemodiálisis, tomando como muestra 20 personas.

Los resultados obtenidos de la misma fueron:

Tabla 3.

Resultados obtenidos de la encuesta aplicada al personal del CARRH.

ENCUESTADOS	ítems										SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
E1	2	2	1	1	2	2	1	2	3	3	19
E2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	17
E3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E4	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	14
E5	2	2	2	1	2	2	2	3	1	2	19
E6	3	2	1	2	1	2	2	1	3	2	19
E7	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	14
E8	1	2	1	1	2	1	2	3	1	3	17
E9	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	16
E10	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	16
E11	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	12
E12	2	1	2	1	1	2	1	2	3	2	17
E13	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	16
E14	3	2	2	1	2	1	2	3	1	3	20
E15	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	14
E16	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	17
E17	1	2	2	1	1	2	2	2	2	3	18
E18	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	12
E19	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
E20	2	1	2	1	2	3	2	2	2	3	20

4.1.1 Coeficiente alfa de Cronbach

A estos resultados obtenidos se le realizan los diferentes cálculos correspondientes para comprobar el nivel de confiabilidad de este instrumento aplicado. La confiabilidad del instrumento se midió por medio del coeficiente alfa de Cronbach.

Figura 14.

Cálculos de varianzas y del coeficiente alfa de Cronbach respuestas obtenidas.

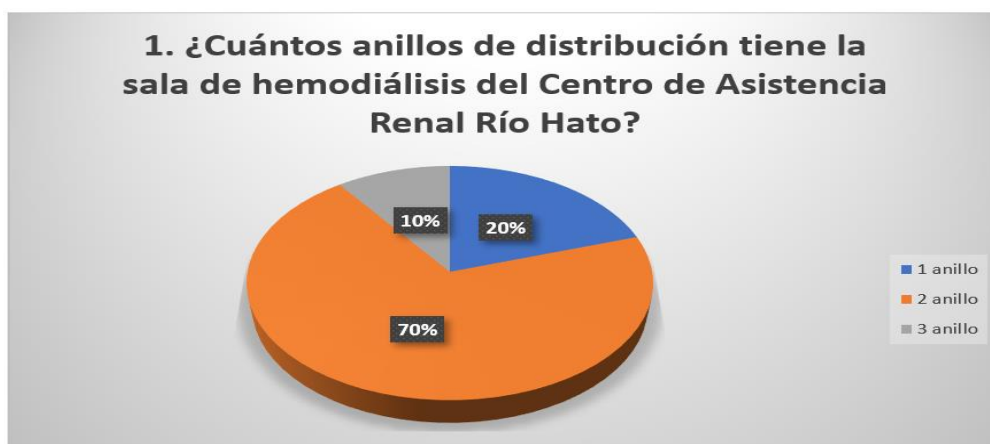
VARIANZA	0,29	0,25	0,2275	0,1875	0,25	0,35	0,2475	0,51	0,54	0,4475
SUMA DE VARIANZAS	3,3									
VARIANZA DE LA SUMATORIA DE LOS ÍTEMS	8,59									
$\alpha = \frac{k(1 - \sum s_i^2/s_t^2)}{k - 1}$	Coeficiente alfa de cronbach=						0,68425818	Rango	Confiabilidad	
	Cantidad de ítems del instrumento=						10	≤ 0.53	nula	
	Sumatoria de las varianzas de los ítems=						3,3	0.54 a 0.59	baja	
	Varianza total del instrumento=						8,59	0.60 a 0.65	confiable	
								0.66 a 0.71	muy confiable	
							0.72 a 0.99	excelente		
							1	perfecta		

Con los resultados de los cálculos realizados, los cuales se muestran en la imagen anterior, nos indican que, según los niveles de confiabilidad, para un 0.68 este instrumento se clasifica como muy confiable en su aplicación.

4.1.2 Gráficas de los ítems

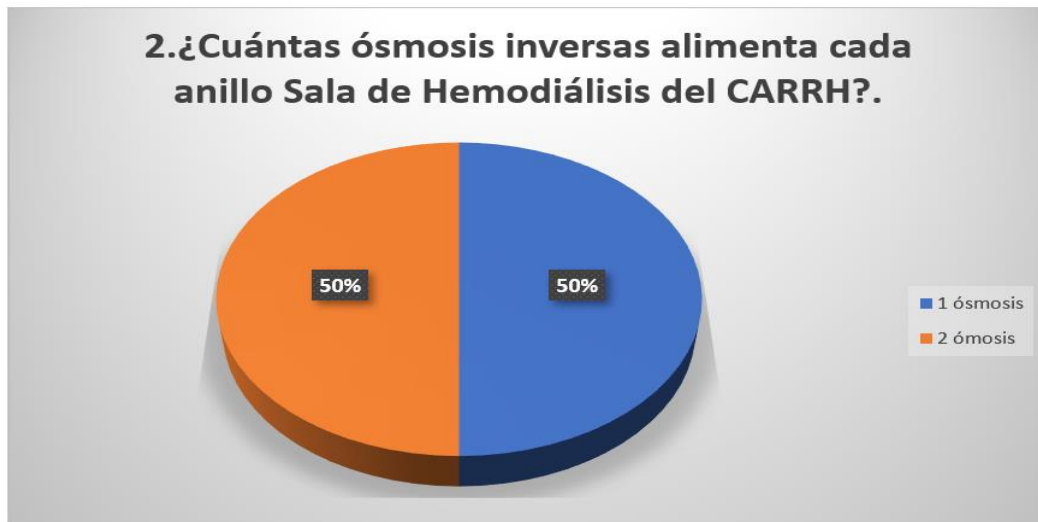
Los diferentes ítems que conforman este instrumento nos brindan los siguientes resultados:

Gráfica 1.



Nota: En este ítems un 70% de los encuestados votó que existen dos anillos de distribución para el agua tratada utilizada para los tratamientos de hemodiálisis, dividiendo esta sala en dos secciones.

Gráfica 2.



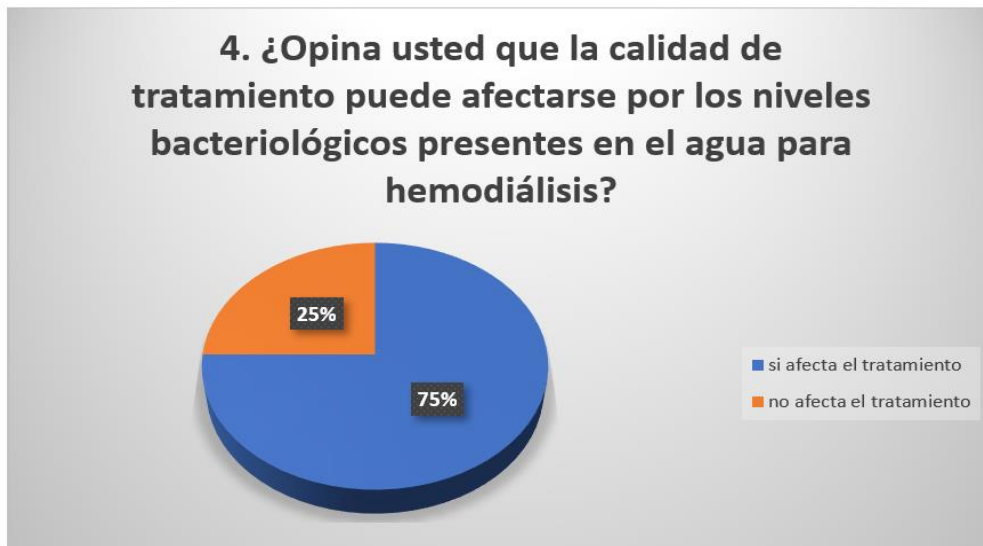
Nota: Los porcentajes de respuestas en esta pregunta se dieron de manera igualitaria para la cantidad de ósmosis inversas con las que cuenta cada anillo de distribución que conforman la sala de hemodiálisis.

Gráfica 3.



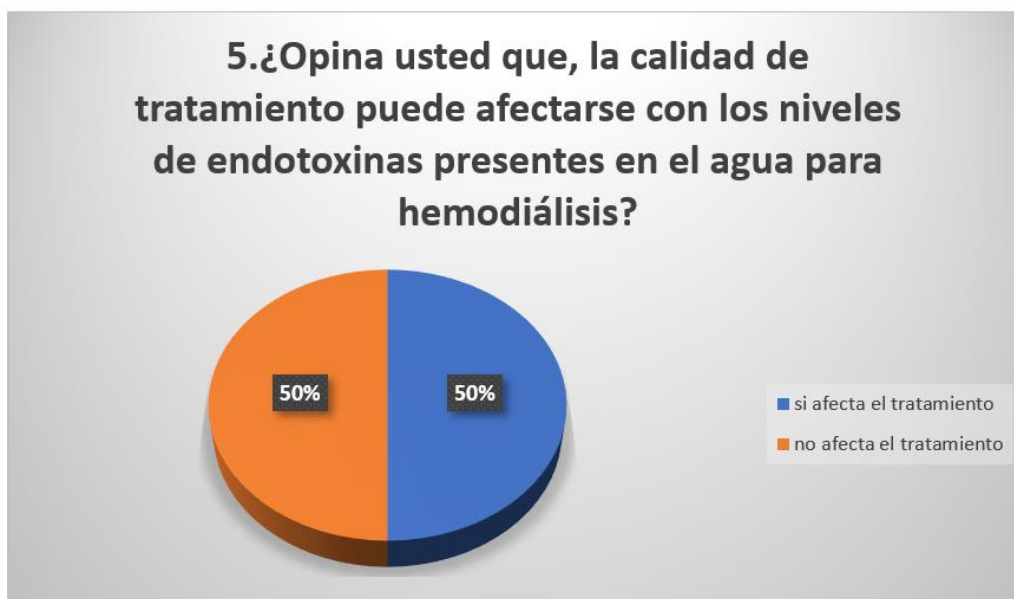
Nota: Para complementar la pregunta anterior, un 65% de los encuestados afirman que la calidad de agua tratada utilizada en el Centro de Asistencia Renal Río Hato es solamente agua pura.

Gráfica 4.



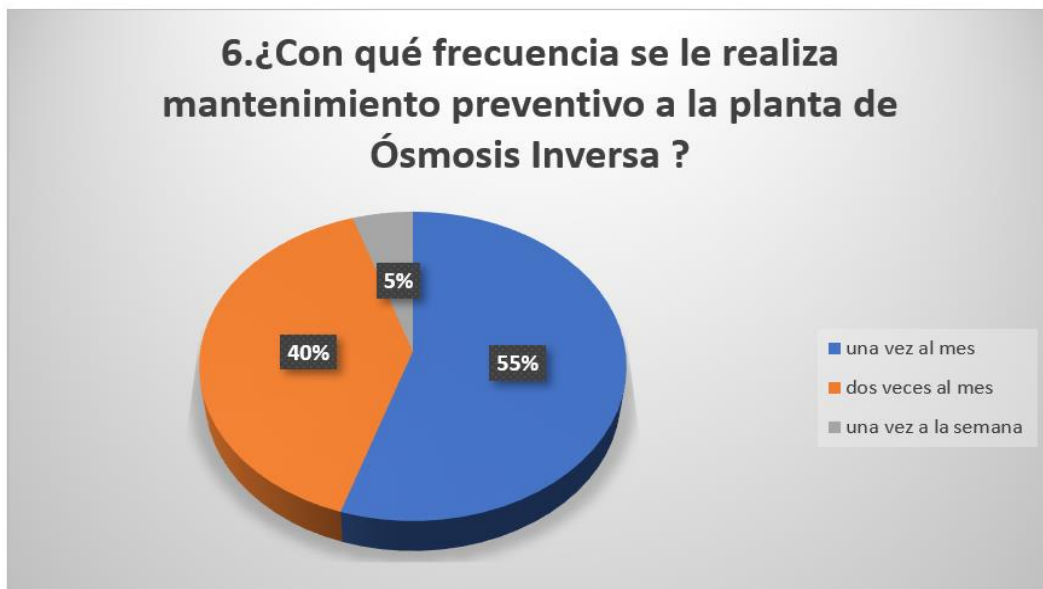
Nota: Un 75% de los encuestados nos aseguran que los niveles bacteriológicos presentes en el agua para hemodiálisis afectan la calidad de tratamiento.

Gráfica 5.



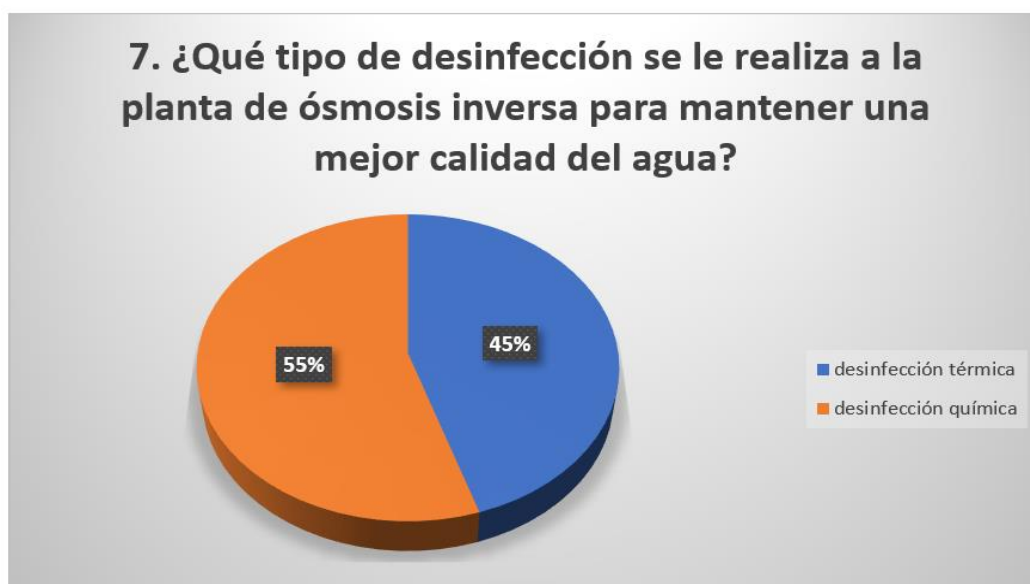
Nota: En estos ítems, la mitad de los encuestados nos dicen que no afecta la calidad de tratamiento, mientras que la otra mitad opinan que sí se ve afectado el tratamiento en los pacientes por los niveles de endotoxinas en el agua tratada.

Gráfica 6.



Nota: De los encuestados, un 55% nos dicen que los mantenimientos preventivos de las plantas de tratamiento de agua en el CARRH, se realizan de manera mensual.

Gráfica 7.



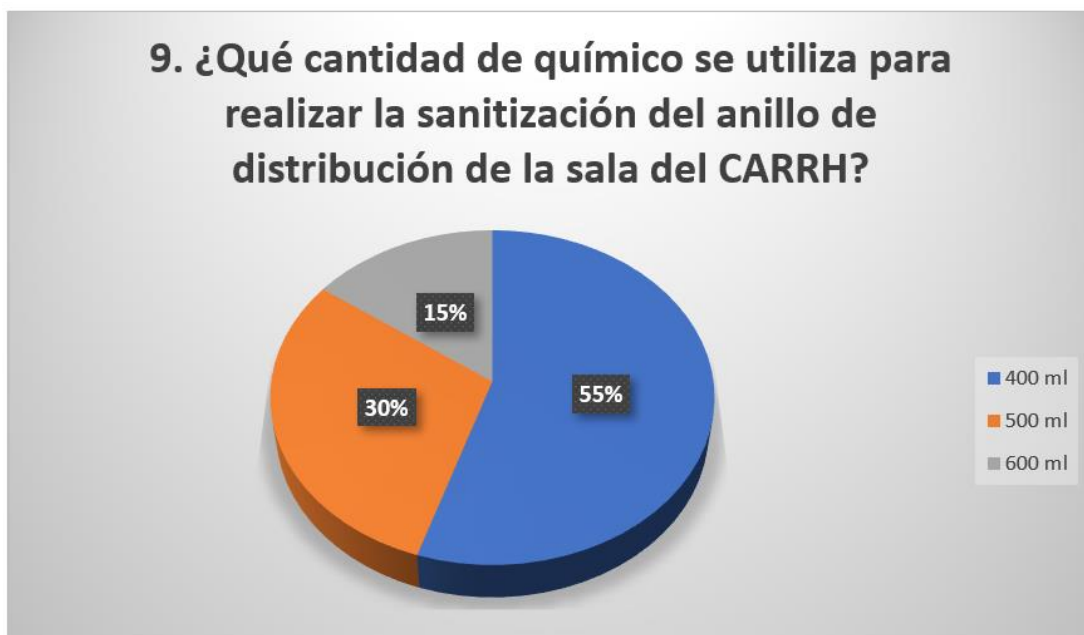
Nota: De los 20 encuestados, 55% de ellos nos afirman que el tipo de desinfección utilizada en los mantenimientos preventivos es de forma química.

Gráfica 8.



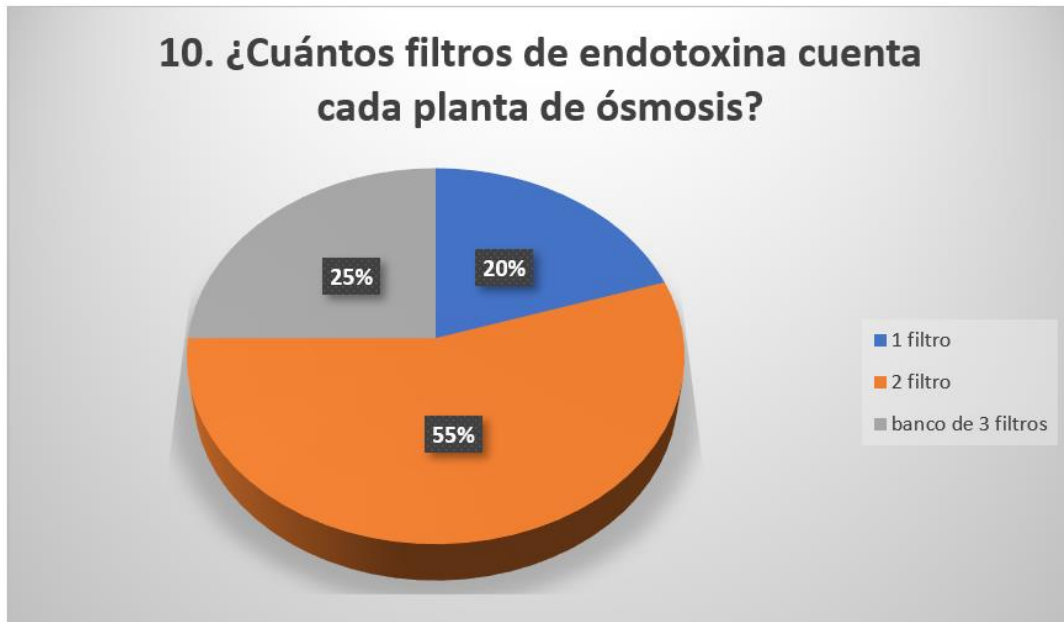
Nota: Un 45% de los encuestados nos dicen que la cantidad de agua tratada que se deja en el tanque para la desinfección del anillo es de 50 galones por mantenimiento.

Gráfica 9.



Nota: En los mantenimientos preventivos realizados en el CARRH, se utilizan 400 ml de químico utilizado para la sanitización del tanque y anillo de distribución.

Gráfica 10.



Nota: Aparte de cada máquina de hemodiálisis (riñón artificial), cada planta de ósmosis inversa debe contener filtros de endotoxinas en el inicio del loop (anillo distribución), un 55% de los encuestados nos dice que cada planta cuenta con dos filtros a la salida.

4.2 Análisis de resultados del instrumento

Analizando las respuestas obtenidas por parte de los encuestados en los diferentes ítems que conforman este instrumento de recolección de datos, podemos conocer la situación actual de la sala de hemodiálisis del Centro de Asistencia Renal Río Hato; esto demuestra que la sala actualmente cuenta con una calidad de agua pura, la cual está basada en los estándares máximos permitidos para agua de hemodiálisis por la norma ISO 23500-2019, esta calidad de agua se puede mejorar con un nuevo plan de mantenimiento y adecuaciones en cada planta de agua tratada que nos garantice un tratamiento más efectivo para los pacientes que reciben este servicio.

CAPÍTULO 5

5.1 Introducción

La calidad del agua para tratamientos de hemodiálisis juega un papel muy importante en la efectividad de los mismos y en el buen funcionamiento de una sala de hemodiálisis; en esta investigación se propone una adecuación al sistema de tratamiento de agua para hemodiálisis con un doble paso de ósmosis inversas para el agua, acompañado de un mantenimiento preventivo que asegure contar con la calidad de agua deseada de manera permanente en el lugar de la investigación el cual es el Centro de Asistencia Renal Río Hato.

5.2 Justificación de la propuesta

En hemodiálisis es fundamental mantener la mejor calidad de agua posible para los tratamientos a realizar, de esto va a depender que tan efectivo sea el mismo y evitar repercusiones en los pacientes por exceso de endotoxinas o minerales en ella. En Panamá apenas se está introduciendo el desarrollo de plantas de tratamiento de ósmosis inversas capaces de producir agua ultrapura para hemodiálisis, pero esto no requiere solo una adecuación de la planta de tratamiento de agua, sino que va de la mano con un mantenimiento preventivo adecuado y periódico que nos ayude a mantener permanente una calidad de agua libre de crecimientos bacteriológico.

5.3 Objetivos

5.3.1 Objetivo general

Proponer un sistema de tratamiento y mantenimiento preventivo en la planta de ósmosis inversa para mejorar la calidad del agua para hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato.

5.3.2 Objetivos específicos

- ❖ Identificar los niveles bacteriológicos y endotoxinas del agua ultrapura obtenida en el CARRH.

- ❖ Comparar los niveles bacteriológicos y endotoxinas del agua ultrapura versus el agua pura existente en el CARRH.
- ❖ Validar los resultados obtenidos del agua ultrapura con la norma ISO 23500-2019 que regula la calidad de agua para hemodiálisis.

5.4 Metas a alcanzar

Para completar el objetivo principal de esta investigación, se realizan objetivos específicos en el desarrollo de la misma los cuales nos ayudarán a cumplir la finalidad de esta investigación; conociendo la calidad de agua existente podremos compararla con la producida mediante el sistema doble paso planteado, buscando compararlas y ver las diferencias entre ellas; en base a esto y un mantenimiento preventivo realizado los últimos meses de la investigación se logrará plantear la propuesta de adecuación del sistema de tratamiento de agua y mantenimiento preventivo de la planta lo cual es el objetivo final de esta investigación.

5.5 Beneficios de la propuesta

Contar con una calidad de agua ultrapura, con los niveles de endotoxinas y bacteriológicos más bajos según la norma ISO 23500-2019, no sólo nos permite un tratamiento de hemodiálisis más efectivo, sino que nos permite introducir nuevas tecnologías a Panamá como hemodiafiltración On-line o diálisis extendida de alto flujo que le ofrece al paciente una mayor depuración de moléculas de mediano y mayor tamaño en sangre.

5.6 Cronograma de actividades

En la primera fase de esta investigación se tenía la aplicación de un instrumento para la recolección de datos (encuesta), el cual era aplicado al personal de la sala quien conoce acerca de la misma.

La segunda fase consta de la implementación de un sistema doble paso con ósmosis portátil conectada al anillo de distribución para obtener la muestra de agua que sería analizada en el laboratorio la cual nos da a conocer la concentración de endotoxinas y recuento bacteriano mínimo que se puede obtener con esta adecuación al sistema de tratamiento.

Dentro de esta fase también está un mantenimiento preventivo periódico y estricto que nos ayude a mantener la calidad de agua producida por la planta de ósmosis inversa el cual se aplicará los meses de mayo, junio y julio.

En base a los resultados obtenidos posterior a completar esta segunda fase de la investigación, se realiza la propuesta de adecuación de sistema en la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis y mantenimiento preventivo de la misma incluyendo el anillo de distribución.

5.7 Diseño de la propuesta

Esta propuesta se desarrollará en base a los objetivos planteados para cumplir con la meta de la misma en conformidad con los estándares permitidos por la norma ISO 23500-2019 que regula los niveles de crecimiento bacteriano y concentración de endotoxinas para calidad de agua pura y ultrapura en hemodiálisis.

5.7.1 Introducción a la norma ISO 23500-3:2019

La ISO (la Organización Internacional de Normalización) es una federación encargada de normalización internacional, las cuales son creadas por un comité técnico investigativo. La norma ISO 23500-2019 regula la calidad de agua utilizada para hemodiálisis y terapias afines, así como también el líquido de dializado utilizado en terapias como hemodiafiltración y hemofiltración, en donde se utiliza líquido de sustitución el cual se le suministra directamente al paciente, por lo tanto, debe ser estéril y apirógeno. Entre los parámetros en que se basa

esta norma para medir la calidad de agua utilizada en hemodiálisis están los niveles de crecimiento bacteriano y niveles de endotoxinas presentes en la misma.

5.7.2 Primer Objetivo: identificar los niveles bacteriológicos y endotoxinas del agua ultrapura obtenida en el CARRH.

5.7.2.1 Sistema doble paso

Al basarnos en los estándares permitidos por la norma ISO 23500-2019 en cuanto a los niveles de endotoxinas y bacteriológicos presentes en el agua para hemodiálisis, nos pudimos percatar que para la obtención de una calidad de agua ultrapura se necesitaba aplicar un sistema doble paso de ósmosis inversa (doble filtrado). En esta ocasión para realizar las pruebas de este estudio, se realizó un sistema doble paso colocando una ósmosis inversa portátil conectada al anillo de distribución de agua tratada, lo cual nos arroja resultados de calidad de agua con bajos niveles bacteriológicos.

Tabla 4.

Resultados obtenidos de calidad de agua para sistema doble paso.

RESULTADOS

ORIGEN	RTB(UFC/mL) Ref. <0,1 UFC/mL	ENDOTOXINAS (EU/mL) Sensibilidad: 0.03 EU/mL
INICIO DE LOOPING-1	0	< 0.03

5.7.2.2 Costos-Beneficios de sistemas doble paso

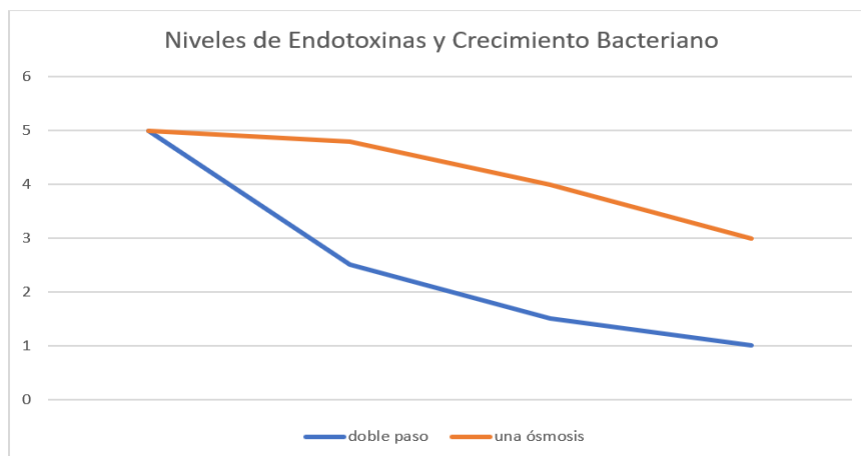
Está comprobado que un sistema doble paso es de gran ayuda para bajar los niveles bacteriológicos y de endotoxinas en el agua, así como también los niveles de contaminantes químicos en el agua. Para el estudio se utilizó una ósmosis portátil en conjunto con la planta conectada al anillo de distribución, la limitante de este sistema es que al utilizar ósmosis portátil solo una máquina utilizará esta calidad de agua, lo que equivale a un solo paciente

por turno, causando que se requiera invertir en una ósmosis portátil para cada máquina de hemodiálisis lo que no resulta nada rentable.

Analizando lo antes mencionado, resultaría más factible realizar un sistema doble paso en la planta de tratamiento de agua con dos equipos de ósmosis inversa, para así, mantener la misma calidad de agua ultrapura en todo el anillo de distribución, pudiendo colocar en él cualquier equipo ya sea de hemodiálisis o hemodiafiltración, beneficiando a todos los pacientes de la sala de manera que recibirán un tratamiento más eficiente y seguro para su bienestar.

Gráfica 11.

Los niveles de endotoxina y crecimiento bacteriano se reducen aún más con un sistema doble paso de ósmosis inversa.



La calidad del agua tratada para hemodiálisis, representa un papel muy importante en cada terapia que reciba un paciente renal crónico, ya que esto es una limitante que presenta Panamá hoy día para introducir nuevas tecnologías que ayudan al paciente, de manera que al realizar una mayor eliminación de moléculas en sangre, las cuales no son posibles de eliminar en la hemodiálisis, los pacientes presentaran cambios positivos tanto de forma clínica como bioquímica, logrando así una mejor calidad de vida gracias a estas terapias que buscan velar siempre por el bienestar de las personas que la utilizan.

5.7.3 Segundo Objetivo: comparar los niveles bacteriológicos y endotoxinas del agua ultra pura versus el agua pura existente en el CARRH.

5.7.3.1 Comparación de calidad de agua

Tomando en cuenta la importancia de los niveles de endotoxina y crecimiento bacteriano para obtener una buena calidad de agua se realiza la siguiente comparación de resultados obtenidos:

Tabla 5.

Comparación del agua pura versus agua ultrapura.

Calidad de Agua	Crecimiento bacteriano	Endotoxinas
Agua pura	5 <100 UFC/mL	< 0.25 EU/mL
Agua ultrapura	0 <0,1 UFC/mL	< 0.03 EU/mL

5.7.3.2 Análisis de la comparación de calidad de agua

En la TABLA 5 antes mostrada, podemos ver la diferencia en los resultados de las muestra tomadas para cada calidad de agua; en cuanto al crecimiento bacteriano podemos observar los estándares de referencia, en donde para agua pura es de 100 UFC/ml, obteniendo en esta ocasión un resultado de 5 UFC/ml, lo cual cumple con este estándar, pero este resultado no aplicaría para agua ultrapura, ya que se maneja un estándar más pequeño, donde el resultado de las unidades de formaciones de colonia por mililitros debe ser menor al 0.1 UFC/ml.

Analizando los resultados para las unidades de endotoxinas, vemos que para el agua pura la sensibilidad del reactivo utilizado apenas es del 0.25 EU/ml, mientras que para el agua ultrapura, el nivel de sensibilidad es más estricto necesitando obtener valores por debajo de 0.03 EU/ml, este estándar nos garantiza que el agua que cumpla con estos niveles de sensibilidad para endotoxinas, presente una calidad lo más estéril posible la cual es catalogada como agua ultrapura.

Los resultados obtenidos de la calidad de agua que cuenta en la actualidad el Centro de Asistencia Renal Río Hato, cumple con los estándares requeridos por la norma para agua pura, sin embargo, con el estudio realizado en donde se coloca el sistema doble paso para reducir estos niveles, podemos ver que obtendremos una mejor calidad de agua, cumpliendo con los estándares para agua ultrapura, representando esto una gran oportunidad de mostrar un avance tecnológico para esta sala de hemodiálisis ofreciendo cada día un mejor servicio.

5.7.4 Tercer Objetivo: validar los resultados obtenidos del agua ultrapura con la norma ISO 23500-2019 que regula la calidad de agua para hemodiálisis.

5.7.4.1 Requisitos microbiológicos para agua ultrapura

Según la norma ISO 23500-2019, los requisitos microbiológicos utilizados para el agua ultrapura nos aseguran obtener un líquido de diálisis ultrapuro, por ende, se aplican los mismos para ambos; estos deben contener un recuento microbiano por debajo de 0,1 UFC/ml, y un total permitido de concentración de endotoxinas inferior a 0,03 UE/ml.

Al momento que el agua exceda los límites permitidos por esta norma para un líquido ultrapuro, se necesita realizar las correcciones necesarias para reducir los niveles microbiológicos.

5.7.4.2 Validación de resultados obtenidos

Como se mostró en la FIGURA 15, los resultados obtenidos con la muestra de agua tomada y luego analizada en el laboratorio, para el recuento bacteriano nos arrojó un resultado de 0 UFC/ml y una concentración total de endotoxinas por debajo de la sensibilidad del reactivo utilizado el cual es de 0,03 UE/ml; esto nos muestra que ambas pruebas cumplen con los requisitos microbiológicos estipulados por la norma ISO 23500-2019.

Estos resultados son los ideales para una sala de hemodiálisis la cual puede introducir y aplicar a los pacientes otros tipos de terapias como hemodiafiltración, hemofiltración o diálisis extendida.

5.7.4.3 Mantenimiento preventivo de la planta de ósmosis inversa

Al adecuar el sistema doble paso para el tratamiento del agua para hemodiálisis y obtener una mejor calidad de agua, se debe velar por mantener la esterilidad de la misma, de manera que la sala cuente siempre con esta calidad; para lograr esto se debe realizar un mantenimiento preventivo de toda la planta de tratamiento de agua, incluyendo el anillo de distribución para eliminar la posibilidad de cualquier crecimiento bacteriano ya sea en el tanque o en el anillo. Para garantizar todo esto se estuvo realizando un mantenimiento preventivo estricto en los meses de mayo, junio y julio con el Ing. Rogelio Solís el cual es el encargado de darle mantenimiento a esta sala de hemodiálisis. Normalmente se realiza mantenimiento de manera mensual en el Centro de Asistencia Renal Río Hato como nos arrojaron los resultados de la encuesta aplicada.

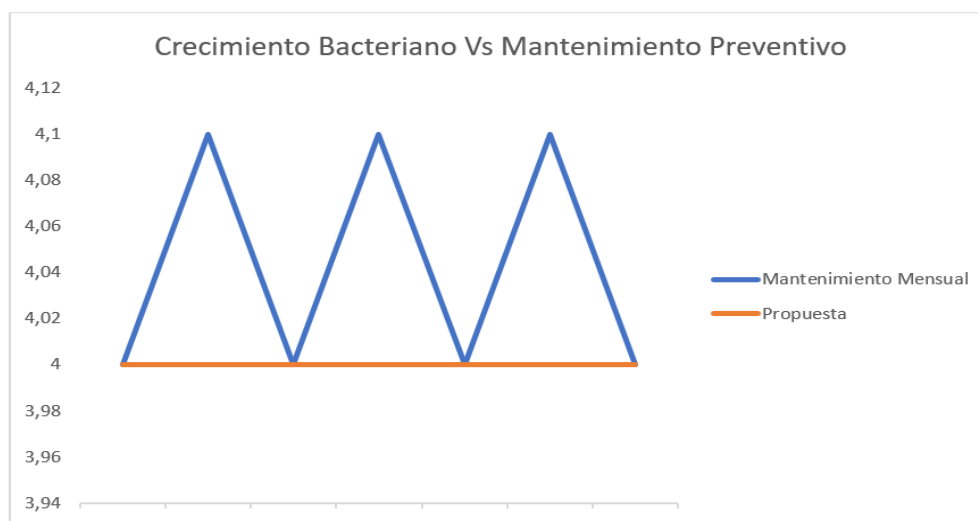
Al presentar el tema de esta investigación el cual busca seguir introduciendo al país nuevas tecnologías y terapias de reemplazo renal para los pacientes con insuficiencia renal crónica, el Ing. Solís demostró interés por cooperar con la misma y colocar a disposición tanto sus conocimientos adquiridos a través de los años, como también los equipos presentes en la sala para llevar a cabo todos los procesos necesarios que forman parte de esta investigación. En base al mantenimiento realizado y los resultados obtenidos después del mismo, se realizará unas recomendaciones de mantenimiento preventivo a la sala para que se aplique de manera permanente en la misma y complementar la finalidad de esta investigación.

5.7.4.3.1 Propuesta de mantenimiento preventivo de la planta de ósmosis inversa

En base a los resultados se puede observar que un buen mantenimiento preventivo, asegura la calidad de agua de hemodiálisis producida por la planta y ayuda a conservar el estado de las membranas utilizadas para realizar la ósmosis inversa.

Figura 16.

Eficiencia de un mantenimiento preventivo periódico y estricto en cuanto a disminuir la posibilidad de un crecimiento bacteriano en el agua para hemodiálisis y conservación de membranas.



En la figura anterior se muestra como un mantenimiento preventivo periódico ayuda a disminuir la posibilidad de un crecimiento bacteriano y de que exista una gran concentración de endotoxinas en el agua utilizada para los tratamientos de hemodiálisis; además, podemos conservar el estado de las membranas manteniendo así, una eficiencia de las mismas y prolongar el tiempo de vida en cuanto a la cantidad de producción de estas. Realizando de manera mensual queda propenso a que antes de los 30 días en el intervalo de mantenimiento exista un crecimiento, de modo que si se realiza de forma más periódica podemos asegurar una linealidad en cuanto a producción y esterilidad. Buscando mantener lo antes mencionado se proponen las siguientes recomendaciones:

- ❖ El retro lavado de los medios filtrantes para el agua cruda debe realizarse cada 15 días, para eliminar todos los minerales y evitar que por temas de presiones estos lleguen hasta las membranas de la ósmosis inversa y se tapen. Para tiempo de invierno, el agua cruda es propensa a contener lodo por las lluvias y al existir más turbidez en la misma los filtros se taparán más rápido que para la época seca; por ende, es recomendable realizar este retro lavado de manera semanal.

- ❖ Cuando se realice sanitización del tanque de agua tratada y anillo de distribución vaciar el tanque a 50 galones y diluir en él 700 ml de hipoclorito de sodio al 5,25%; luego se deja recircular por 40 minutos para que se elimine un 99.9% del crecimiento bacteriano que pueda existir. Después de los 40 minutos se debe llenar el nivel de agua del tanque para que se pueda cubrir la parte superior interna de este y eliminar cualquier recuento bacteriano en el mismo. Es importante que al sacar los niveles de hipoclorito con el llenado y vaciado del tanque, asegurarnos de que salga en su totalidad por medio de una prueba cualitativa inmediata para evitar así, ocasionar problemas a los pacientes.

- ❖ Al realizar el sistema doble paso, es importante realizar adecuaciones y anexar un sistema presurizado con un pequeño tanque y llaves con Tee pegadas a las membranas para realizar sanitización de las mismas con Puristeril, ya que a las membranas no se les puede suministrar cloro porque ocasiona un deterioro de ellas, esto debe realizarse antes de sanitizar el anillo de distribución, de manera que ayude a conservar la vida de las membranas y eliminar las bacterias presentes en ellas; también es importante el sistema de llaves para evitar la desconexión y eliminar los puntos muertos que pueden ser causantes de crecimiento bacteriano.

CONCLUSIÓN

La calidad de agua para hemodiálisis es muy importante para la eficiencia de cada tratamiento que reciban los pacientes, por ello, se debe velar siempre por mantener la esterilidad de la misma, realizando buenos mantenimientos preventivos en la planta de ósmosis inversa y buscar siempre realizar las adecuaciones necesarias que permitan mejorar cada día la eficiencia de la planta y calidad del agua producida.

Al tener una buena calidad de agua, podemos abrir las puertas de introducir nuevas tecnologías al país que beneficien a todos los pacientes con insuficiencia renal crónica que reciben tratamientos de hemodiálisis, buscando siempre mejorar la calidad de vida de cada uno de ellos al recibir tratamientos más efectivos, presentando un mejor estado clínico y buenos resultados bioquímicos.

La planta de osmosis inversa juega un papel muy importante dentro de una sala de hemodiálisis, por ende, se debe tratar de mantener en el mejor estado posible y en óptimas condiciones para evitar que se tenga que interrumpir los tratamientos y afectar el estado de los pacientes, ya que le ocasiona una acumulación de líquido provocando la hospitalización de ellos por la descompensación que esto le provoca, alterando el funcionamiento de su cuerpo .

Con todo esto se beneficia un gran número de pacientes con insuficiencia renal crónica, siendo la provincia de Coclé una de las que cuenta con mayor porcentaje de pacientes nefrópatas. Actualmente, esta sala de hemodiálisis cuenta con un total de 50 pacientes por turno, realizando dos turnos por días para un total de 400 pacientes.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se debe llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo siempre para alcanzar los objetivos de una buena planta de ósmosis inversa.
- ❖ Mantener la planta de ósmosis limpia, libre de cualquier contaminante que pueda distorsionar un análisis de las muestras de agua que se lleven al laboratorio de manera mensual.
- ❖ Utilizar los instrumentos de bioseguridad necesarios al momento de tomar las muestras de agua, como batas, guantes estériles, mascarilla, gorros y zapatitos.
- ❖ Conservar la muestra a una temperatura adecuada y entregarla al laboratorio en el menor tiempo posible para evitar su contaminación.
- ❖ De no entregarse al laboratorio antes de las 4 horas posterior a su recolección, deben almacenarse a una temperatura menor a 10 °C sin que se congele y entregarse antes de las 24 horas para evitar cambios en la población microbiana.
- ❖ Monitorizar de manera constante el funcionamiento de la planta de ósmosis Inversa, para dar una respuesta inmediata y evitar obstaculizar los tratamientos de los pacientes.

REFERENCIAS

- Admin.(2023). *Hemodiafiltración: definición y la diferencia con la hemodiálisis*. Médica Santa Carmen. [Hemodiafiltración: Definición y la diferencia con la hemodiálisis \(medicasantacarmen.com\)](http://medicasantacarmen.com)
- Ayala, M.(2021). Investigación Transversal. Universidad Central de Venezuela. [Investigación transversal: concepto, características, diseño, tipos, ejemplos \(lifeder.com\)](http://lifeder.com)
- Babativa, C.(2017). *INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA*. Fundación Universitaria del Área Andina.<https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/3544/Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa.pdf?sequence=1>
- Bioenciclopedia.(2022 , 20 de octubre). Riñones.<https://www.bioenciclopedia.com/rinones-357.html>
- Carracedo, J (2020). Fisiología Renal. Nefrología al día.<https://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-fisiología-renal-335>
- Diario Salud Redacción.(2021).*RENALMED innova con servicios de hemodiálisis con agua ultrapura*.Diariosalud.do. [innova con servicios de hemodiálisis con agua UltraPura - DiarioSalud.do](http://diariosalud.do)
- Diekmann, F.(2021). Transplante Renal.Clinic Barcelona.<https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/pruebas-y-procedimientos/trasplante-renal>
- Dr. Fernández, P.A (2012). Insuficiencia Renal. Top Doctors España.<https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/insuficiencia-renal>
- Dr. García, F.N (2023). Insuficiencia Renal Aguda. Clínica Universidad de Navarra.<https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/insuficiencia-renal-aguda>
- Dr. Maduell, F(2013). La Hemodiafiltración on line reduce un 30% la Mortalidad de los pacientes que reciben Diálisis. Clinic

- Barcelona.<https://www.clinicbarcelona.org/noticias/la-hemodiafiltracion-on-line-reduce-en-un-30-la-mortalidad-de-los-pacientes-que-reciben-dialisis>
- Dr. Pinheiro, P (2022). Insuficiencia Renal Crónica:Que es, Sintomas y Tratamiento. MD.Saude <https://www.mdsaude.com/es/nefrologia-es/insuficiencia-renal-cronica/>
- Esidin Business & Engineering School.(2020,6 de octubre).Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento por Ósmosis Inversa.<https://esidin.blog/2020/10/06/diseno-de-un-sistema-de-osmosis-inversa-2/>
- Especial,C.(2020).*Hemodiálisis: 160 años de historia y tecnología. Saludiaro.*
[Hemodiálisis: 160 años de historia y tecnología \(saludiaro.com\)](https://www.saludiaro.com/nutricion-y-salud/hemodialisis-160-anos-de-historia-y-tecnologia)
- Filtra, S.(2022). Purificador UV para el agua Que es la Ultravioleta y cómo Funciona. Tienda en línea de Filtros de Agua,Bombas y Albercas en Mexico.<https://filtrashop.com/que-es-un-purificador-uv-y-que-hace-en-el-agua/>
- García, A y Sequera, P.(2023).*Hemodiálisis.Hemodiálisis Extendida.NEFROLOGÍA AL DÍA.*
[Hemodiálisis extendida | Nefrología al día \(nefrologiaaldia.org\)](https://www.nefrologiaaldia.org/hemodialisis-extendida)
- García, F.N (2023). Diálisis. Clínica Universidad de Navarra.<https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/tratamientos/dialisis>
- Gómez, Y.T(2006). Calidad Microbiológica del Agua utilizada en la Unidad de Hemodiálisis del Instituto de Nefrología. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 44(1).http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000100003
- Herazo, E. (2021). DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE AGUA UTILIZADA EN MÁQUINAS DE HEMODIÁLISIS. Obtenido de UNIVERSIDAD DEL ROSARIO. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA: <https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/0bb75576-645e-426f-a757-cc3fef4a3d82/content>
- Latini, D.(2016). Actualización en Hemodiálisis.Agua para diálisis:Requisitos de Calidad y Técnica de Pretratamiento. Fresenius Care

National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (2018, junio). Los Riñones y su funcionamiento. <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-rinones/rinones-funcionamiento>

Nissenson, A y Fine, R.(2022). Manual de Terapia de Diálisis. Sexta Edición. Manual de terapia de diálisis Nissenson 6ta ed 2022.pdf

Norma ISO 23500-2019. PREPARACIÓN Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS FLUIDOS PARA HEMODIÁLISIS Y TERAPIAS RELACIONADAS. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062894>

Peñaloza, N Y Morales, S.(2019). PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUA DE RECHAZO DEL PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA DEL TRATAMIENTO DE HEMODIÁLISIS EN UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL. Obtenido de UNIVERSIDAD DE LA SALLE. FACULTAD DE INGENIERÍA. [Propuesta para la reutilización de agua de rechazo del proceso de ósmosis inversa del tratamiento de hemodiálisis en un hospital de tercer nivel \(lasalle.edu.co\)](https://www.lasalle.edu.co/propuesta-para-la-reutilizacion-de-agua-de-rechazo-del-proceso-de-osmosis-inversa-del-tratamiento-de-hemodialis-en-un-hospital-de-tercer-nivel)

Pérez, R, Rodríguez, P.(2023). *Calidad del Líquido de diálisis y sus componentes: agua y concentrados.* NEFROLOGÍA AL DÍA. [Calidad del líquido de diálisis y sus componentes: Agua y Concentrados. | Nefrología al día \(nefrologiaaldia.org\)](https://www.nefrologiaaldia.org/calidad-del-liquido-de-dialis-y-sus-componentes-agua-y-concentrados)

Pérez, C. M (2023). Normalización de Datos en Sistemas de Osmosis. Farnespaña Industrial. <https://www.farnaindustrial.com/articulos/normalizacion-de-datos-en-sistemas-de-osmosis-inversa-HiqOY>

Pérez, G.R (2011). Para qué pacientes es útil la hemodiafiltración en línea (HDF OL). Nefrología. 2(5) <https://www.revistanefrologia.com/es-para-que-pacientes-es-util-articulo-X2013757511000421>

Pérez, G.R (2015). Guía de Gestión de Calidad del Líquido de Diálisis (LD) (Segunda Edición, 2015). Nefrología 36(3). <https://www.revistanefrologia.com/es-guia-gestion-calidad-del-liquido-articulo-S0211699516000047>

Pitti, L. (2023). DESARROLLO SISTEMÁTICO EN LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN LAS MÁQUINAS DE HEMODIÁLISIS DEL HOSPITAL DRA. SUSANA JONES CANO.

Obtenido de UNIVERSIDAD LATINA DE PANAMÁ. ESCUELA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA.

Preminger, G. (2022). Introducción Sobre las vías urinarias. Manual MSD Versión para público general.https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-renales-y-del-tracto-urinario/biolog%C3%ADa-de-los-ri%C3%B1ones-y-de-las-v%C3%ADas-urinarias/ri%C3%B1ones#Funciones-de-los-ri%C3%B1ones_v31787535_es

Pruthi,S(2023).Hemodiálisis.MayoClinic.<https://www.mayoclinic.org/es/tests-procedures/hemodialysis/about/pac-20384824>

Romero, N (2019). Causas de enfermedad renal entre los pacientes de una unidad de hemodiálisis. Revista Cubana de Urología.8(1).<https://revurologia.sld.cu/index.php/rcu/article/view/461/498>

Rodríguez, J, Ruguant,M.(2020).Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach.Revista de Innovación y Recerca de Educación.13(2).<https://doi.org/10.1344/reire2020.13.230048>

Saavedra, María. 2017.El estudio de caso como diseño de investigación en las Ciencias Administrativas.Escuela de Postgrado Neumann Business School.http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/210/El_diseno_de_Caso.pdf

Schrier,R (2009). *Manual de nefrología*. Universidad de Colorado. [\(PDF\) Manual de Nefrología 8th Edition Editor | Máximo Teran García - Academia.edu](#)

SENACYT.(2022).*La Senacyt realizó el Café Científico “Avances del estudio de la enfermedad renal en Panamá*.SENACYT.[La Senacyt realizó el Café Científico “Avances del estudio de la enfermedad renal en Panamá” – Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación](#)

Shane, Z (2020). Sistema de osmosis Inversa de Doble paso. Pure Aqua Inc.<https://es.pureaqua.com/sistema-de-osmosis-inversa-de-doble-paso/>

- Sobrino, P.E (2008). Monitorización de la Calidad del Agua Tratada y del Líquido de Diálisis.(LD).Nefrología,28.(5).<https://www.revistanefrologia.com/es-monitorizacion-calidad-del-agua-tratada-articulo-X021169950800398X>
- Tapia, C y Castillo, M (2022). *PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA TRATADA EN LA UNIDAD DE HEMODIÁLISIS*. Hospital San Pablo Coquimbo. [PROTOCOLO CONTROL DE CALIDAD DE AGUA TRATADA PARA HEMODIÁLISIS Y REUTILIZACIÓN DE FILTROS Y LINEAS \(hospitalcoquimbo.cl\)](#)
- Tello, N.(20 de noviembre de 2022).*Más de 60 pacientes nuevos, por mes, son diagnosticados con insuficiencia renal crónica*. Noticias caja de seguro social. [Más de 60 pacientes nuevos, por mes, son diagnosticados con insuficiencia renal crónica – CSS Noticias](#)
- Tello, N.(22 de mayo de 2023).*Incrementa Población Infantil con Problemas Renales*.Noticias Caja de Seguro Social.[Incrementa población infantil con problemas renales – CSS Noticia](#)
- Trocoli , G. F (2023). Hemodiafiltración en línea. Procedimientos y Protocolos con Competencias Específicas para enfermería Nefrológica.<https://www.enfermerianefrologica.com/procedimientos/article/view/4.1>
- Vanegas E.(2023). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CON OSMOSIS INVERSA.Obtenido de UNIVERSIDAD DE ANTIOQUÍA. FACULTAD DE INGENIERÍA. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/34332/1/VanegasEdwin_2023_PlantaOsmosisMembrana.pdf
- Vega, D.(2018). EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA SALA DE HEMODIÁLISIS DE METRO 1 (CSS), BASADA EN LA GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES HOSPITALARIAS Y ATENCIONES MÉDICAS DE LA AIA-FGI, REALIZADO EN EL 1ER SEMESTRE DEL 2018. Obtenido de la UNIVERSIDAD ESPECIALIZADA DE LAS AMÉRICAS. FACULTAD DE BIOCENCIAS.

<http://repositorio2.udelas.ac.pa/bitstream/handle/123456789/262/MODIALISIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Velásquez, A.2024. ¿Qué es el Análisis descriptivo?.QUESTIOPRO.

<https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-descriptivo/>

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada al personal del Centro de Asistencia Renal Río Hato.

ENCUESTA

1. ¿Cuántos anillos de distribución tiene la sala de hemodiálisis del Centro de Asistencia Renal Río Hato?

1 anillo ___ 2 anillo ___ 3 anillo _____

2. ¿Cuántas ósmosis inversas alimenta cada anillo en la sala de hemodiálisis del CARRH?

1 ósmosis ___ 2 ósmosis _____

3. ¿Actualmente, qué calidad de agua para hemodiálisis se utiliza en el CARRH?

Agua pura _____ agua ultrapura _____

4. ¿Opina usted que la calidad de tratamiento puede afectarse por los niveles bacteriológicos presentes en el agua para hemodiálisis?

Sí afecta el tratamiento _____ No afecta el tratamiento _____

5. ¿Opina usted que la calidad de tratamiento puede afectarse con los niveles de endotoxinas presentes en el agua para hemodiálisis?

Sí afecta el tratamiento _____ No afecta el tratamiento _____

6. ¿Con qué frecuencia se le realiza mantenimiento preventivo a la planta de ósmosis inversa?

una vez al mes _____ dos veces al mes _____ una vez a la semana _____

7. ¿Qué tipo de desinfección se le realiza a la planta de ósmosis inversa para mantener una mejor calidad del agua?

desinfección térmica _____ desinfección química _____

8. ¿Qué cantidad de agua tratada utilizan para sanitizar el anillo de distribución?

50 Gl. _____ 60 Gl. _____ 70 Gl. _____

9. ¿Qué cantidad de químico se utiliza para realizar la sanitización del anillo de distribución de la sala del CARRH?

400 ml _____ 500 ml _____ 600ml _____

10. ¿Cuántos filtros de endotoxina cuenta cada planta de ósmosis?

1 filtro ___ 2 filtro _____ banco de 3 filtros _____

Anexo 2. Formulario de validación de instrumento de recolección de datos tipo encuesta

República de Panamá

Universidad Latina de Panamá

Escuela de Ingeniería Biomédica

Validación de Encuesta para Investigación de Tesis

Estudiante: Erick Ibarra 6-722-1191

Asesor: Ing. Jesús Tapia

Título de Investigación: Propuesta de Mejora de la Calidad del Agua para Tratamientos de Hemodiálisis en el Centro de Asistencia Renal Río Hato (CARRH), Según la Norma ISO 23500-2019.

Tabla de Validación de Preguntas								
Objetivos Específicos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Sí Cumple	No cumple	observaciones	
1. Conocer las tecnologías existentes de procesamiento de agua para hemodiálisis, tanto a nivel nacional como internacional.	Calidad de Agua	Pretratamiento	Niveles de crecimiento bacteriológico y de endotoxinas	¿Cuántos anillos de distribución tiene la sala de hemodiálisis del Centro de Asistencia Renal Río Hato? 1 anillo ___ 2 anillo ___ 3 anillo ___				
				ósmosis Inversa	¿Cuántas ósmosis inversas alimenta cada anillo Sala de Hemodiálisis del CARRH? 1 ósmosis ___ 2 ósmosis ___			
		Filtros de Endotoxina			¿Actualmente, qué calidad de agua para hemodiálisis se utiliza en el CARRH? Agua Pura ___ Agua Ultrapura ___			
				¿Opina usted que la calidad de tratamiento puede afectarse por los niveles bacteriológicos presentes en el agua para hemodiálisis? Sí afecta el tratamiento ___ No afecta el				
				¿Opina usted que, la calidad de tratamiento puede afectarse con los niveles de endotoxinas presentes en el agua para hemodiálisis? Sí afecta el tratamiento ___ No afecta el				
				agua pura	¿Con qué frecuencia se le realiza mantenimiento preventivo a la planta de Ósmosis Inversa ? una vez al mes ___ dos veces al mes			
					¿Qué tipo de desinfección se le realiza a la planta de ósmosis inversa para mantener una mejor calidad del agua? desinfección térmica ___ desinfección			
					¿Qué cantidad de agua tratada utilizan para sanitizar el anillo de distribución? 50 Gl. ___ 60 Gl. ___ 70 Gl. ___			
		agua ultrapura			¿Qué cantidad de químico se utiliza para realizar la sanitización del anillo de distribución de la sala del CARRH? 400 ml ___ 500 ml ___ 600ml ___			
				¿Cuántos filtros de endotoxina cuenta la planta de ósmosis? 1 filtro ___ 2 filtro ___ banco de 3 filtros				

Validación

★ Los indicadores para la variable de la investigación, la miden de manera:

completa _____ media _____ baja _____

★ Considera que los ítems de esta encuesta están vinculados a los indicadores de manera:

completa _____ media _____ baja _____

★ ¿Según usted, este instrumento en formato encuesta, nos ayuda a cumplir los objetivos de esta investigación?

Sí _____ No _____

★ Considera a este instrumento para aplicarlo

Válido _____ No es Válido _____

Observaciones:

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 3. Planta de ósmosis #2 del Centro de Asistencia Renal Río Hato.



Anexo 4. Sanitización del anillo de distribución con el Ing. Rogelio Solís.



Anexo 5. Sanitización de membranas con PURISTERIL.



Anexo 6. Aplicación de la encuesta al personal de la sala de hemodiálisis, bajo la coordinación de la Lic. Markeidis Mitre.





Universidad
LATINA de Panamá
SUMMUM DESIDERIUM SAPIENTIA

Ocú, 29 de agosto de 2024

Señores
Universidad Latina de Panamá
Facultad de Ingeniería

Respetados señores:

El suscrito certifica que ha revisado el proyecto final de graduación titulado "PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA TRATAMIENTOS DE HEMODIÁLISIS EN EL CENTRO DE ASISTENCIA RENAL RÍO HATO (CARRH), SEGÚN LA NORMA ISO 23500-2019", propiedad del estudiante Erick Orlando Ibarra, con cédula 6-722-1191, quien aspira al título de Licenciatura en Ingeniería biomédica e Instrumentación.

Certifico que este trabajo cumple con todas las exigencias de redacción, sintaxis y ortografía del idioma español.

Atentamente,

Samuel Ibarra Marciaga
Profesor de Español
Cédula 6-41-2350
Registro del Diploma No 165440



REPÚBLICA DE PANAMÁ
DOCUMENTO DE IDENTIDAD

090356



**Samuel
Ibarra Marciaga**

MONEDRA USUAL
FECHA DE NACIMIENTO: 09-mar-1956
LUGAR DE NACIMIENTO: HERRERA
SEXO: M TIPO DE SANGRE:
EXPIRADA: 19-ene-2024 EXPIRA: 19-ene-2039

Samuel Ibarra Marciaga

6-41-2350