

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Propuesta para incrementar la producción de agua
tratada mediante el rediseño del procosmosis
inversa de la Clínica "Centro de Diálisis San Luis
SAC" 2022**

Marco Antonio Perez Segobia

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Lima, 2023

PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE AGUA TRATADA MEDIANTE EL REDISEÑO DEL PROCESO DE OSMOSIS INVERSA DE LA CLÍNICA "CENTRO DE DIÁLISIS SAN LUIS SAC" 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
6	www.spn.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1 %
12	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
13	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
14	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
15	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
18	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
19	www.copec.eu Fuente de Internet	<1 %
20	issuu.com	

Fuente de Internet

<1 %

21

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

22

www.ptolomeo.unam.mx:8080

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.udec.cl

Fuente de Internet

<1 %

24

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica

Trabajo del estudiante

<1 %

26

Rafael Pérez-García, Rafael García Maset, Emilio Gonzalez Parra, Carlos Solozábal Campos et al. "Guía de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD) (segunda edición, 2015)", Nefrología, 2016

Publicación

<1 %

27

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC

Trabajo del estudiante

<1 %

29

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
31	colegiodeobstetras.pe Fuente de Internet	<1 %
32	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
33	maeloya.files.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.uch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
36	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
37	1library.co Fuente de Internet	<1 %
38	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	Ramos Hernández Judith Guadalupe. "Tratamiento de un efluente terciario para su potabilización", TESIUNAM, 1991 Publicación	<1 %
40	repositorio.una.ac.cr Fuente de Internet	<1 %

41 repositorio.unp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

42 web.siaa.unam.mx <1 %
Fuente de Internet

43 Petrichole Gutiérrez José Alejandro.
"Planteamiento de opciones tecnológicas para
la desmineralización de agua de pozo para su
uso en equipos de generación de vapor",
TESIUNAM, 2007 <1 %
Publicación

44 www.mdpi.com <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

ÍNDICE

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1.1. Volumen de consumo de agua de las máquinas de hemodiálisis.....	8
1.1.1.2. Membrana semipermeable FILMTEC XLE - 4040 y FILMTEC LP - 254010	
1.1.1.3. Rediseño para aumentar la producción para una demanda de 16	
máquinas	11
1.1.1.4. Bomba multietapa Flint & Walling - PB1914S200.....	13
1.1.1.5. Descripción para el proceso de obtención de agua pura	15
1.1.2. Formulación del problema.....	27
1.1.2.1. Problema general.....	27
1.1.2.2. Problemas específicos.....	27
1.2. Objetivos	27
1.2.1. Objetivo general	27
1.2.2. Objetivos específicos.....	28
1.3. Justificación.....	28
1.3.1. Justificación social.....	28

1.3.2.	Justificación económica	28
1.3.3.	Justificación ambiental	29
1.4.	Hipótesis y variables	29
1.4.1.	Hipótesis general	29
1.4.2.	Hipótesis específicas	30
1.4.3.	Descripción de las variables.....	30
1.4.3.1.	Variable dependiente	30
1.4.3.2.	Variable independiente	30
1.4.3.3.	Operacionalización de las variables	30
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		32
2.1.	Antecedentes de la investigación	32
2.1.1.	Antecedentes nacionales	32
2.1.2.	Antecedentes internacionales	38
2.2.	Bases teóricas	45
2.2.1.	Generalidades	45
2.2.2.	Filtro multimedia	49
2.2.3.	Filtro ablandador.....	50
2.2.4.	Filtro de carbón activado	51
2.2.5.	Hidroneumático.....	53
2.2.6.	Lámpara UV de 2 GPM	54
2.3.	Definición de términos básicos.....	55
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		59
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	59
3.1.1.	Métodos de la investigación	59
3.1.2.	Tipo de la investigación	59
3.1.3.	Nivel de la investigación	59
3.2.	Diseño de la investigación	60
3.3.	Población y muestra	60

3.3.1.	Población	60
3.3.2.	Muestra	60
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	61
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		62
4.1.	Análisis y resultados del tratamiento de agua.....	62
4.1.1.	Bomba de agua dura	62
4.1.2.	Valor de pérdida de presión en la tubería.....	64
4.1.3.	Análisis de consumo de agua tratada de las máquinas	66
4.1.4.	Análisis de consumo de agua tratada de las máquinas	68
4.1.5.	Análisis del flujo de rechazo de agua de la osmosis inversa (merma)	69
4.1.6.	Análisis de rediseño de procesamiento de las mermas (flujo de rechazo) de la O.I.	69
4.1.7.	Analizando el tiempo total de llenado del tanque de agua tratada	70
4.1.8.	Análisis económico - rentabilidad del proyecto.....	73
4.1.8.1.	Inversión en Materiales.....	73
4.1.8.2.	Inversión en equipos.....	74
4.1.8.3.	Costo de Instalación y Costo total	75
4.1.8.4.	Inversión en Infraestructura	75
4.1.8.5.	Inversión en capital de trabajo.....	76
4.1.8.6.	Presupuesto de gastos administrativos.....	76
4.1.8.7.	Capital de trabajo	77
4.1.8.8.	Estado de pérdidas y ganancias	78
4.2.	Costo unitario por tratamiento de hemodiálisis	78
4.3.	Evaluación VAN y TIR	82
4.4.	Relación beneficio / costo (B/C)	84
4.5.	Cuadro de depreciaciones.....	84
4.6.	Cuadro de IGV	85

4.7. Costo de financiamiento (interés).....	85
4.8. Punto de equilibrio	85
4.9. Análisis de sensibilidad.....	86
4.10. Prueba de hipótesis	87
4.11. Discusión de resultados	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Brecha de demandas MINSA y ESSALUD (2015, 2020, 2021).	2
Figura 2. Recorrido del flujo del agua en interior de la porta membrana de la osmosis inversa.	6
Figura 3. Arquitectura interna de una membrana semipermeable.	6
Figura 4. Presión de ingreso vs producción en una bomba Flint & Walling - PB1914S201.	14
Figura 5. Distribución del ingreso de agua hacia el tanque elevado.	16
Figura 6. Distribución del agua del tanque elevado hacia las bombas de agua dura de ingreso de la planta de tratamiento de agua.	17
Figura 7. Filtro de cuarzo o multimedia.	17
Figura 8. Filtros ablandadores twin.	19
Figura 9. Carbón activado.	20
Figura 10. Filtro de sedimentos y cartucho.	20
Figura 11. Representación de la osmosis inversa.	21
Figura 12. Tanques de almacenamiento de agua tratada.	22
Figura 13. Sistema de bombeo de agua tratada.	23
Figura 14. Sistema de esterilización y retención microbiológico.	24
Figura 15. Esterilización UV.	25
Figura 16. Sistema interno de retención de microorganismos esterilizados por UV.	26
Figura 17. Válvula de alivio.	26
Figura 18. Sistema de reciclaje de diálisis mediante la osmosis inversa.	40
Figura 19. Proceso de osmosis.	46
Figura 20. Proceso de osmosis inversa mediante una membrana semipermeable.	47
Figura 21. Membrana de osmosis inversa.	49
Figura 22. Filtro multimedia.	50
Figura 23. Filtro ablandador.	51
Figura 24. Filtro de carbón activado.	53
Figura 25. Hidroneumático.	54
Figura 26. Escala de pH.	58
Figura 27. Flujo interno de agua en la tubería.	62
Figura 28. Flujo ideal y real en un sistema de bombeo.	63
Figura 29. Rediseño de procesamiento de las mermas (flujo de rechazo) de la O.I.	70
Figura 30. Cuadro referencial de costos de tratamiento de hemodiálisis.	78

Figura 31. Presupuesto y costos de materiales y otros por mes (costo mensual de servicios, remuneración de los colaboradores y materiales a emplear, respectivamente).	81
Figura 32. Representación de la determinación del VAN y TIR.	83
Figura B1. Estructura tarifaria - EPS Sedapal.	97
Figura C1. Propuesta comercial (proforma) dada por la empresa Hydrogod.	98
Figura D1. Recibo emitido por Sedapal respecto del consumo de agua potable en el mes de septiembre de 2022.	99
Figura E1. Recibo de luz emitido por Luz del Sur, de agosto de 2022.	100
Figura F1. Plano de distribución de la PTAR empleando osmosis inversa, anterior al rediseño.	101
Figura G1. Plano de distribución de la PTAR empleando osmosis inversa, posterior al rediseño.	102
Figura H1. Plano de distribución del agua tratada y las mermas generadas en la clínica.	103
Figura I1. Esquema de diseño total de la planta de tratamiento considerando el área de flujo de rechazo y la representación de los componentes.	104
Figura J1. Diagrama de operaciones del proceso para el sistema de osmosis inversa.	105
Figura L1. Fotografía de las carcacas nuevas para el rediseño de 4 membranas.	107
Figura L2. Fotografía de las membranas Lewabrane® RO B085 LE 4040 a emplear en el nuevo diseño.	107
Figura L3. Fotografía del estado de las membranas anteriores previas al cambio.	108
Figura L4. Fotografía de algunas de las empaquetaduras desgastadas que requieren cambio.	108
Figura L5. Fotografía del montaje de las membranas.	109
Figura L6. Fotografía de la colocación de cera antes de colocar las tapas.	109
Figura L7. Fotografía del cambio de nuevas membranas.	110
Figura L8. Fotografía del colocado de nuevas membranas.	110
Figura L9. Fotografía del modelo final después de la instalación de las 4 membranas.	111
Figura L10. Fotografía del volumen de producción final con una conductividad de 3.5 μ S.	111
Figura L11. Fotografía del proceso de filtrado del flujo de rechazo de agua del osmosis inversa (merma).	112
Figura L12. Fotografía de la conductividad y test hiperacético del agua tratada durante la desinfección con ácido peracético (Puristeril): test positivo y conductividad 461 μ S.	112

Figura L13. Fotografía de la conductividad y test hiperacético del agua tratada después de la desinfección con ácido peracético (Puristeril): test negativo y conductividad 3.7 μ S.	113
Figura L14. Fotografía de la medición diaria del control de agua tratada, conductividad: \leq 5 μ S.....	113
Figura L 15. Fotografía del control de agua tratada de: cloro, pH, cloramina y dureza. .	114
Figura M1. Procedimiento para el muestreo de agua.	114
Figura N1. Test de cloramina.....	115
Figura O1. Método para la determinación del pH.....	116
Figura P1. Test de dureza total.....	117
Figura Q1. Test de cloro libre.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población estimada con ERC-t, en las regiones sin servicios de diálisis.....	1
Tabla 2. Brecha de demandas MINSA y ESSALUD.	2
Tabla 3. Oferta y demanda de servicios de diálisis peritoneal en el SIS (IPRESS públicas).....	3
Tabla 4. Oferta y demanda de servicios de hemodiálisis en el SIS (IPRESS públicas).....	3
Tabla 5. Oferta y demanda de servicios de hemodiálisis en el SIS (IPRESS privadas).	4
Tabla 6. Niveles máximos admisibles de contaminantes en la calidad de agua.	5
Tabla 7. Normas internacionales sobre el tratamiento de agua.....	7
Tabla 8. Consumo de agua tratada por un día de diálisis (3 turnos).	8
Tabla 9. Ficha técnica FILMTEC SW30 - 2521 y SW30 - 4040.....	10
Tabla 10. Ficha técnica Lewabrane ® RO B085 LE 4040.....	12
Tabla 11. Datos de aplicación de la membrana Lewabrane RO B085 LE 4040.	13
Tabla 12. Especificaciones técnicas Bomba multietapa Flint & Walling - PB1914S201...	14
Tabla 13. Operacionalización de las variables.	31
Tabla 14. Sustancias nocivas en las membranas semipermeables.	48
Tabla 15. Especificaciones técnicas del filtro multimedia.	49
Tabla 16. Especificaciones de funcionamiento del filtro multimedia.....	49
Tabla 17. Especificaciones de funcionamiento de filtro ablandador.....	51
Tabla 18. Especificaciones técnicas del filtro de carbón activado.	52
Tabla 19. Especificaciones de capacidad del filtro de carbón activado.....	52
Tabla 20. Especificaciones técnicas.....	53
Tabla 21. Especificaciones técnicas de lámpara UV S5Q-PA/2-R~CAN.....	55
Tabla 22. Cantidad máxima de contaminantes químicos dentro del agua tratada para diálisis.	56
Tabla 23. Tipos de dureza en el agua.	57
Tabla 24. Cuadro de composición.	57
Tabla 25. Rugosidad absoluta de diversos materiales.....	65
Tabla 26. Hallando el coeficiente de rozamiento de la tubería.	66
Tabla 27. Capacidad de consumo de agua tratada de las máquinas antes y la proyección después del rediseño.	67
Tabla 28. Producción de agua tratada antes y la proyección después del rediseño.	68
Tabla 29. Volumen de flujo de rechazo de agua de la osmosis inversa (merma).	69
Tabla 30. Tiempo total de llenado de los tanques de agua tratada.	71

Tabla 31. Tiempo de llenado de tanques con 3 membranas.	71
Tabla 32. Tiempo de llenado de tanques con 4 membranas.	72
Tabla 33. Costo de materiales empleados en el rediseño del proceso de osmosis inversa.	74
Tabla 34. Costo de equipos empleados en el rediseño del proceso de osmosis inversa.	74
Tabla 35. Costo de instalación y costo total en el rediseño del proceso de osmosis inversa.	75
Tabla 37. Resumen de presupuesto de gastos administrativos	76
Tabla 38. Resumen de capital de trabajo	77
Tabla 39. Resumen de estado de pérdidas y ganancias	78
Tabla 40. Variación de atención a pacientes por cada turno.	79
Tabla 41. Ingresos y egresos mensuales (flujo de caja).	80
Tabla 42. Flujo neto.....	83
Tabla 43. Relación beneficio / costo (B/N).....	84
Tabla K1. Diagrama de análisis del proceso para la osmosis inversa.....	106

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en dar una solución ante un problema de falta de tratamientos médicos, para pacientes con enfermedades renales que requieren tratamiento de hemodiálisis de forma periódica.

Dentro de la solución del problema, se pudo realizar un nuevo diseño para obtener una mayor producción de agua tratada, con ello se pudo optimizar el abastecimiento.

Con la información recabada para lograr el incremento de la producción de agua, se estudiaron y seleccionaron debidamente las membranas semipermeables que se utilizaron.

Los análisis de agua tratada, posterior al rediseño, fueron debidamente estudiados por laboratorios como VidaLab y los mismos laboratorios de EsSalud, realizando los análisis microbiológicos como: cloro, cloramina, potasio, sodio.

También dichos laboratorios realizaron análisis de descarte de heterótrofos (con valores referenciales dentro del rango permitido), pseudomonas y endotoxinas (sin presencia permitida).

Palabras claves: agua tratada, osmosis inversa, hemodiálisis, planta de tratamiento de agua.

ABSTRACT

The present work research consisted in giving solution to the problem of absence in medical treatment for patients with kidney disease who require hemodialysis assistance on a regular basis. As part of this solution, a new design was carried out to obtain a greater production of treated water, thus optimizing the supply.

With the information collected and to achieve the increase in water production, the semi-permeable membranes used were studied and duly selected.

The analyzes of the treated water after the redesign were duly studied by laboratories such as VidaLab and EsSalud's own, carrying out microbiological discards such as: chlorine, chloramine, potassium and sodium.

These laboratories also performed tests to rule out heterotrophs (with reference values within the permitted range), pseudomonas and endotoxins (without permitted presence).

Keywords: treated water, reverse osmosis, hemodialysis, water treatment plant.