

Diseño de un filtro para desalación por el sistema de osmosis inversa centrífuga

Design of a filter for desalination by the centrifugal reverse osmosis system

TÉLLEZ-HERNÁNDEZ, Rubén*†, AVELINO-ROSAS, Roberto, PÉREZ-VILLEGAS, Manuel, TENORIO-CRUZ, Fermín y RAMIREZ-JIMENEZ, Raúl

ID 1^{er} Autor: *Rubén, Téllez-Hernández* / ORC ID: 0000-0002-6184-3226, Researcher ID Thomson: S-8747-2018, CVU CONACYT ID: 665940

ID 1^{er} Coautor: *Roberto, Avelino-Rosas* / ORC ID: 0000-0002-1564-4302, Researcher ID Thomson: S-6538-2018, CVU CONACYT ID: 344859

ID 2^{do} Coautor: *Manuel, Pérez-Villegas* / ORC ID: 0000-0002-4204-3813, CVU CONACYT ID: 818732

ID 3^{er} Coautor: *Fermín, Tenorio-Cruz* / ORC ID: 0000-0002-8727-1502, Researcher ID Thomson: S-8629-2018, CVU CONACYT ID: 84030

ID 4^{to} Coautor: *Raúl, Ramirez-Jimenez* / Researcher ID Thomson: S-8555-2018, CVU CONACYT ID: 947655

Recibido 23 Enero, 2018; Aceptado 20 Marzo, 2018

Resumen

El agua, como motor de desarrollo y un bien de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre y fuente de vida en nuestro planeta. La gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo normas orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta. Es bien sabido que debido a la intervención del hombre el medio ambiente está sufriendo cambios drásticos que ponen en riesgo nuestro ecosistema. En particular, uno de los problemas más graves a los que se enfrentará la humanidad es a la escasez de agua dulce (salobre). Por lo cual, es de suma importancia que se realicen investigaciones que vayan encaminadas al desarrollo de nuevos métodos, o mejorar los existentes, para desalinizar agua de mar o pluvial. En la actualidad, uno de los métodos más exitosos para tratar agua de mar es la ósmosis inversa. Sin embargo, aún existen diversas áreas de oportunidad que se pueden atacar. En este trabajo de investigación, se aplicarán algunas metodologías de diseño para la innovación de filtro de membrana [1]. En conjunto con herramientas computacionales (programas CAD/CAE), con la finalidad de concebir un diseño que represente una mejora significativa en el desempeño de los dispositivos que utilizan ósmosis inversa centrífuga para desalinizar o para obtener agua libre de contaminación bacteriada o desalinizada e aquí el diseño de un filtro y su innovación para un sistema de osmosis inverza.

Hídricos, Ecosistema, Desalinizar, Ósmosis inverza, Membrana

Abstract

Water, as an engine of development and a wealth asset, has been one of the fundamental pillars for the progress of man and source of life on our planet. The management of water resources, which has always been a priority objective for any society, has historically been carried out under norms aimed at satisfying demand in sufficient quantities, from a supply policy perspective. It is well known that due to human intervention the environment is undergoing drastic changes that put our ecosystem at risk. In particular, one of the most serious problems that humanity will face is the shortage of fresh (brackish) water. Therefore, it is of the utmost importance that research be carried out aimed at developing new methods, or improving existing ones, to desalinate seawater or rainwater. Currently, one of the most successful methods to treat seawater is reverse osmosis. However, there are still several areas of opportunity that can be attacked. In this research work, some design methodologies will be applied for membrane filter innovation [1]. In conjunction with computational tools (CAD / CAE programs), with the aim of designing a design that represents a significant improvement in the performance of devices that use reverse osmosis to desalinate or to obtain water free of bacterial or desalinated contamination and here the design of a filter and its innovation for a system of osmosis inverza.

Hydrics, Ecosystem, Desalinize, Reverse Osmosis, Membrane

Citación: TÉLLEZ-HERNÁNDEZ, Rubén, AVELINO-ROSAS, Roberto, PÉREZ-VILLEGAS, Manuel, TENORIO-CRUZ, Fermín y RAMIREZ-JIMENEZ, Raúl. Diseño de un filtro para desalación por el sistema de osmosis inversa centrífuga. Revista de Simulación y Laboratorio 2018, 5-14: 31-37.

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: ruben.tehe@hotmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer Autor

Introducción

La ósmosis inversa (RO, Reverse Osmosis) es una técnica de desmineralización basada en membranas y usada para separar sólidos disueltos, tales como iones, de una solución. Las membranas en general actúan como barreras permeables selectivas que permiten que algunas sustancias (como el agua) permeen a través de ellas mientras retiene otras sustancias disueltas (como iones). RO ofrece la filtración más fina actualmente disponible, rechazando la mayoría de los sólidos disueltos y suspendidos, al tiempo que impiden el paso de las bacterias y los virus, obteniéndose un agua pura y esterilizada. Aguas con un elevado contenido de sales como, sodio, calcio, boro, hierro..., cloruros, sulfatos, nitratos y bicarbonatos..., pueden ser tratados con la ósmosis inversa hasta alcanzar los límites considerados como “agua aceptable” para su utilización. Las membranas filtrantes son la clave y responsables de separar las sales del agua. Dichas membranas pueden considerarse como filtros moleculares.

El tamaño de los poros de estos filtros membranas es extremadamente reducido, por lo que se requiere una presión considerable para hacer pasar cantidades de agua a través de ellas. La elección del modelo de membrana más apropiado es según el agua a tratar y su empleo posterior, determinando el tipo de instalación más idónea.

Las suciedades que quedan en las membranas son posteriormente arrastradas y lavadas por la misma corriente de agua. De esta forma el sistema realiza una autolimpieza constante. Esta corriente de agua de desperdicio necesaria, está en relación directa con el tipo de membrana que se utiliza y sus exigencias. EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Para entender el proceso de la ósmosis inversa, empecemos por recordar la ósmosis natural, mecanismo de transferencia de nutrientes en las células de los seres vivos a través de las membranas que la recubren. En tal sentido, cuando se ponen en contacto dos soluciones de diferentes concentraciones de un determinado soluto (por ejemplo sales), se genera un flujo de solvente (por ejemplo agua) desde la solución más diluida a la más concentrada, hasta igualar las concentraciones de ambas.

Justificación

Este proyecto pretende contribuir a la reducción de cambios de elementos filtrantes por RO optimizar procesos sin destatender el grado de calidad y pureza así como ahorro de tiempo al cambio por degradación y ensarracion de los productos. Mejorar las técnicas de intercambio de las diferentes grados de pureza y filtración beneficiar a las empresas que se ven atadas a un modelo de fabricación que cumple normas salubres pero el coste es no muy rentable así como el trabajo de la descontaminación de los dispositivos de los procesos de filtrado.

La desalinización de agua de mar con RO tiene ventajas en las áreas de ahorro de energía, más bajo costo de capital, menor tiempo de arranque y parada, menor periodo de construcción, menos espacio de instalación y menor costo total del agua. Con esta contribución se puede aumentar la eficiencia de plantas que pueden proveer a comunidades cuya sanidad será controlada y aprobada en los margenesnes de calidad y salubridad según las normas oficiales y generará rentabilidad y mejoras en su proceso.

Problema

La contaminación de recursos hídricos es un problema no solo regional sino mundial, en el consumo del vital liquido y hay todo un estudio de causas y efectos pero Según la OMS (Organización Mundial de la Salud 2017) el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales



Figura 1 Contaminantes del agua que sin conciencia el hombre tiene grado de culpabilidad

Contaminación

Quienes disfrutan del agua, la malgastan porque les sobra. Quienes no la poseen, la codician porque les escasea. Otros la convierten en una lucrativa mercancía que venden por litros en sus colonias. Los industriales la contaminan con mezclas tóxicas que vierten sus industrias en sus cuencas. Cada día, el agua viaja por el entorno ecológico que mal construimos y nos perjudicamos nosotros mismos [4].

Los principales contaminantes del agua son: basuras, desechos químicos de las fábricas, industrias aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno, algunos de los metales pesados, como el mercurio y el plomo, junto con el cadmio y el arsénico, son contaminantes graves.

Tipos de contaminantes del agua son microorganismos patógenos, desechos inorgánicos y sustancias químicas.

Según la guía OMS 2004 Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua.

Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia (6).

En este proyecto se busca mejorar un sistema de filtrado usando la reingeniería para el rediseño modelado y sistema de filtrado, haciendo pruebas construyendo prototipos o modelos que simules los procesos de filtración de membrana y grado de remoción filtración con minipelículas de atrapa micropartículas y sus diminuto tejidos de sus materiales a prueba proponiendo una mejora el método de RO.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema filtración que permita por osmosis inversa filtra a grado alta pureza el agua salina y natural, haciendo inocua y de alta pureza para diversos consumos humanos haciéndola renovable y sustentable.

Objetivos específicos

- Diseñar el Sistema de filtraje a base de películas de biofibra .
- Realizar pruebas en un filtro modificando sus características convencionales.
- Construcción de prototipo físico para realizar pruebas e implementar su utilidad del prototipo.

Marco Teórico

La **ósmosis inversa** es una tecnología de purificación del agua que utiliza una membrana semipermeable para eliminar iones, moléculas y partículas más grandes en el agua potable. Para lograr la ósmosis inversa se aplica una presión para vencer la presión osmótica, que es una propiedad coligativa producida por diferencias de potencial químico del solvente, un parámetro termodinámico.

La ósmosis inversa puede eliminar muchos tipos de elementos suspendidos en el agua, incluyendo bacterias, y está utilizada tanto en procesos industriales como para la producción de agua potable. El resultado es que la disolución es retenida del lado presurizado de la membrana y el solvente puro puede pasar al otro lado. Para lograr la «selectividad», esta membrana no debe dejar pasar iones o moléculas grandes a través de sus poros (o agujeros), pero debe dejar pasar libremente componentes más pequeños de la solución (como las moléculas solventes).

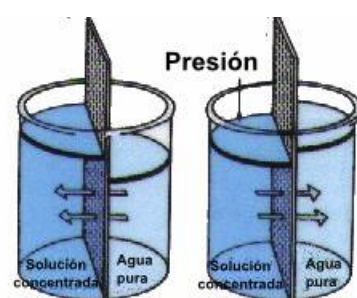


Figura 2 ósmosis Inversa

En el proceso normal de ósmosis, el solvente se mueve naturalmente de un área de baja concentración de la disolución (alto potencial hídrico), a través de una membrana, hacia un área de alta concentración de la disolución (bajo potencial hídrico). La fuerza que ocasiona el movimiento del solvente es la reducción en la energía libre del sistema cuando la diferencia en la concentración del solvente en cualquiera de los lados de una membrana es reducido, generando presión osmótica debido a que el solvente se mueve a la solución más concentrada. La ósmosis inversa es la aplicación de una presión externa para invertir el flujo natural del solvente.

El proceso es similar a otras aplicaciones de tecnología con membranas. Sin embargo, hay diferencias claves entre ósmosis inversa y filtrado. El mecanismo de extracción predominante en la filtración por membrana es la exclusión por tamaño, por los que el proceso teóricamente puede conseguir siempre una eficacia perfecta independientemente de la presión y la concentración. La ósmosis inversa aplica difusión, haciendo que el proceso dependa de la presión, el índice de flujo y otras condiciones.

Si se aplica una presión en el lado de la solución concentrada, se conseguirá reducir su flujo en la membrana; pero si se incrementa dicha presión, el flujo de agua se remitirá. A este proceso se le denomina presión osmótica. Si se aplica más presión de lo esperada por la presión osmótica el agua pasará a una solución todavía menos concentrada. De esta forma, conseguirá atravesar la membrana al ser más diluida.

La ósmosis inversa generalmente se utiliza para la purificación de agua potable a partir de agua de mar, extrayendo la sal y otros efluentes de las moléculas de agua

La membrana de la ósmosis inversa

Es una membrana que tiene un área "microporosa" que rechaza las impurezas y que no impide el paso del agua. La membrana rechaza las bacterias, pirógenos, y 85%-95% de sólidos inorgánicos. Los iones "polivalentos" son rechazados más fácilmente que los iones "monovalentes". Los sólidos orgánicos con un peso molecular superior a 300 son rechazados por la membrana, pero los gases pasan a través.

La ósmosis inversa es una tecnología de rechazo en porcentaje. La pureza del agua producida depende de la pureza del agua en el ansa. La pureza del agua producida por la ósmosis inversa es más grande que en el agua de alimentación.

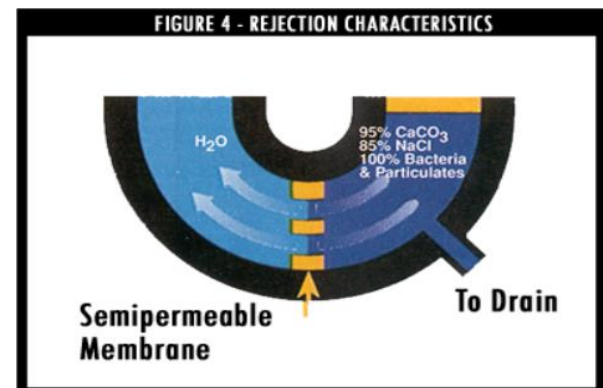


Figura 2 Rechazo de la Ósmosis Inversa

Agua rechazada Un gran porcentaje (50-90%) del agua de alimentación no pasa por la membrana pero corre del otro lado, limpiando el agua continuamente y trayendo los sólidos inorgánicos y orgánicos para drenarlos. Esa agua se llama agua "rechazada"

Desarrollo del proyecto

El Desarrollo solo expone un cambio en un modelo de membrana que dado las características de filtrado se pueda extender con una durabilidad de hasta 1.5 veces su rentabilidad en intercambio debido a su utilidad y sus uso adecuado y en condiciones normales de afluencia de recuperación de agua a tratar.



Figura 3 Rotoplas POI-04R Cartucho de Repuesto de Membrana para Ósmosis Inversa.

Este modelo de empresa rotoplas es solo un ejemplo del modelo de diseño que se desea mejorar y que pueda ser rentable y eficaz en cuanto su utilidad. El valor de este prototipo común es de aproximado \$1040 mx. El tiempo de vida útil es de 12 meses y su utilidad y características son:

- Cuarta y más importante etapa de purificación del Purificador de Ósmosis Inversa
- Remueve virus, bacterias y metales pesados del agua tales como arsénico, cobre o hierro
- Ideal para dietas bajas en sodio ya que remueve la concentración de sales del agua
- Su frecuencia de cambio es de cada 12 meses
- Certificado con la NOM 244-SSA1-2008 de COFEPRIS (4).

Los aditamentos par este filtro también son complemento de RO, así que el modelo y sus aditamentos son del doble de su precio en solo un año como se aprecia en la fig.(4)

s clientes que compraron este producto también compraron



Figura 4 Dispositivos de repuesto

El modelo que se sugiere cumple con tener un tiempo de vida de hasta el doble y el intercambio de filtrado asegura un tiempo de intercambio sin contaminación. A continuación se expone algunas ventajas de nuestro prototipo, utilizando una exposición de técnica la cual se tomo de una investigación teórica denominada "Membrana en espiral a gran escala", cuya autoría esta bien documentada haciendo un análisis de su emulación y basado en softwares:

- ADAMS View sirve para evidenciar que los tubos de distribución no soportarían los esfuerzos a los que estaría sujeto un dispositivo.
- La simulación de esfuerzos utiliza el programa FEM Hypermesh.
- CFDdesign permite visualizar los flujos del caudal entrada y salida así como caudal de regreso (permeable).

En investigaciones basadas en principios físicos (Vórtices de Dean, Vórtices de Taylor) en técnicas (análisis paramétrico y el QFD) así como herramientas técnicas como:

- Búsqueda de patentes
- El análisis funcional y
- La matriz morfológica.

Membrana en espiral a gran escala

En la Figura 6 se presenta la modelación CAD de esta propuesta. A grosso modo se puede describir como una membrana en espiral a gran escala sujeta a rotación para conseguir la presión requerida. Los discos (A) son los encargados del soporte estructural, por lo cual los conductos del agua pueden ser mangueras (B y C). El agua de alimentación ingresa por el conducto de la izquierda (D) y se distribuye hacia la cámara de alimentación (E). Al agua de alimentación ingresa hacia las membranas (G) en espiral a través de los orificios que tiene el elemento antitelescópico (F).

El agua que atraviesa las membranas circula hacia el exterior (de la misma forma en que fluye en un cartucho de membrana en espiral comercial) hasta que llega a la capa externa, en dicha capa, hay orificios que permiten que el agua filtrada salga. Entonces, el agua llega al conducto superior (H) del agua producto y viaja hacia el colector de agua producto (I). Una vez aquí, el agua es recolectada para que salga del sistema mediante un tubo que no se muestra. El agua que no atraviesa la membrana es rechazada hacia la cámara de agua de rechazo (J), una vez aquí, el agua regresa hacia el eje de giro por medio de la manguera C. El agua de rechazo sale a baja presión por medio de K.

Esta propuesta resuelve el problema de conseguir mayor área superficial para aumentar el flujo de agua producto y se tendría un consumo de energía menor a los sistemas convencionales de ósmosis inversa gracias al principio de recuperación de energía bajo el que trabaja este sistema rotacional. Sin embargo, se presentarían los mismos problemas de polarización de la concentración y de contaminación de las membranas que se presenta con las membranas en espiral comerciales.

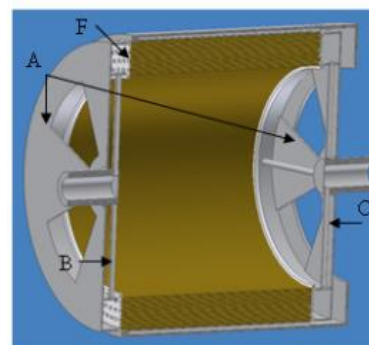


Figura 6a) Diseño del prototipo, Propuesta 3

Se realizaron pruebas basadas en un modelo de simulación antes de la construcción física.

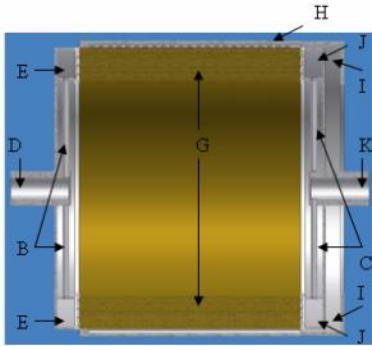


Figura 6b) Prototipo basado en simulación

Resultados

La presentación de la siguiente tabla representamos las ventajas que frente a un sistema convencional se predijo en datos de investigación previa e inmediatamente presentamos los resultados físicos de pruebas de laboratorio en la cual se modificaron las condiciones ideales pero sin perder de vista las especificaciones consideradas en las investigaciones que se presentan en este reporte.

	Ósmosis convencional	Ósmosis inversa	Ósmosis inversa centrífuga
Consumo de energía	La energía de la salmuera se desperdicia. 2.4 – 2.8 Kwh/m3		La recuperación de energía es una característica inherente al proceso. 2.227 Kwh/m3.
Nivel de confianza	La tubería de alta presión requiere de aleaciones costosas para minimizar la corrosión. La bomba de alta presión por lo general es una fuente de problemas.		El motor del rotor no está en contacto con el agua por lo que no fallará por corrosión.
Costos iniciales y de reemplazo de membranas.	Opera con un gran porcentaje de recuperación para minimizar el consumo de energía. Un gran porcentaje de recuperación requiere de una mayor cantidad de membranas y reduce su tiempo de vida. En promedio, al tener un alto porcentaje de recuperación duran 1 año.		Opera con un pequeño porcentaje de recuperación ya que el consumo de energía es independiente al mismo, se tiene un menor consumo inicial de membranas y su reemplazo es menos frecuente. Al tener un menor % de recuperación deben durar el tiempo de vida estimado por el fabricante: 3 – 6 años.

Tabla 1 Materiales para la turbina

El costo de realizar el proyecto se resume en las siguientes tablas:

Los costos promedios de los materiales son los siguientes:

No.	Material	Piezas	Precio
1	Tubo hueco PVC , ½”	1	\$300.00
2	Membrana de celulosa y manómetro	1	\$500.00
3	Fibra de vidrio	1	\$300.00
4	Accesorios de cemento para PVC)	1	\$150.00
5	Tanques contenedor	1	\$1000.00
6	Compresor y bomba	1	\$2000.00
7	Codos y conectores	1	\$1000.00
Total:			\$5,250.00

Tabla 2 Materiales para el generador

Con el desarrollo e implementación se realiza una propuesta de diseño para dar pie a la ejecución de un modelo de desalinidad y ajuste de técnicas de centrifugas para filtrar por osmosis inversa.



Figura 8 Ensayo del filtraje por centrifugado

Los resultados este proyecto se encuentra en perfeccionamiento para mejorar sus condiciones de operación y respuesta a la normas ambientales, para que en un futuro, se lleve una realidad para beneficio de un sector el cual va dirigido este trabajo donde el costo veneficio sea en favor de todos y deje de ser un lujo así como abastecer a mayores personas sin descuidar su cuidado del vital líquido.

Conclusiones

Este proyecto se presentaron ideas que nos sugiere el estudio físico y del comportamiento osmosis inverza como un método que desde hace 1936 con Ferry, 1953 Reyd y Breton de la Universidad de florida y ya como una realidad tecnológica de la primera membrana de agua de mar de fibra hueca, en 1972, hasya nuestros días Concluimos que es viable y estamos trabajando para mejorar el prototipo, hacerlo más eficiente y económico.

Referencias

David Alejandro Silva Sierra. (2004). *Diseño de un Sistema de ósmosis Inversa Centrífugo Utilizando Diversas Metodologías de Diseño para la Innovación-Edición Única*. Tesis maestría, I T E S M.

Diseños y Soluciones Sostenibles DSSA, *Ingeniería para un Desarrollo Sostenible*. Sitio web: http://dss.com.ec/wp-content/uploads/2012/07/osmosis_inversa.pdf.

José Antonio Medina San Juan. (2000). *Desalación de aguas salobres y de mar. Ósmosis inversa*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, Barcelona, México.

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Guías para la calidad del Agua Potable, primer apéndice a la 1er. Vol.1*. Sitio web: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.

R. Helmer e I. Español, editor
ISBN 0419229108
© 1997, OMS/PNUMA
27 de mayo de 2003

Wiki Libros verdion para imprimir. *Ingeniería de Aguas residuales*. Sitio Web: https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%A1Da_de_aguas_residuales/Versi%C3%B3n_de_imprimir