



TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DEL CLORURO DE SODIO (NaCl) GRADO FARMACÉUTICO

Gómez Yeiraly, Villanueva Samuel y Henríquez Magaly

Centro Nacional de Tecnologías Químicas. Coordinación de Manufactura y
Valorización de Materia Prima. Complejo Tecnológico Simón Rodríguez. Base Aérea
Generalísimo Francisco de Miranda.

ygomez.cntq@gmail.com / yagr26@gmail.com

ASA/EX 2019-05

Recibido: 14-11-2018

Aceptado: 28-01-2019

RESUMEN

El cloruro de sodio (NaCl) grado farmacéutico es una sal que cuenta con una calidad especialmente elevada y de alta pureza (99,8%), es participe en la elaboración de múltiples productos en la industria farmacéutica y de alimentos, considerada como una materia prima esencial para la vida cotidiana del ser humano. El objetivo principal de la investigación fue identificar las tecnologías más óptimas para la obtención del cloruro de sodio (NaCl) grado farmacéutico. La metodología empleada fue mediante el planteamiento de palabras claves para la construcción de estrategias de búsquedas de patentes, empleando plataformas como The Lens, Web of Science y Carrot²; obteniéndose indicadores bibliométricos y patentométricos. Entre los resultados obtenidos sugieren que la técnica de evaporación de alto vacío cuenta con la mayor aplicación para la purificación del cloruro de sodio debido a su alta pureza, bajo consumo operacional, menor impacto ambiental y altos rendimientos. Actualmente numerosos países se han centrado en desarrollar la tecnología para la obtención de mayor rendimiento y mayores beneficios de otros productos presentes. Cabe destacar que Venezuela posee fuentes naturales del mineral, por lo tanto es necesario fomentar la producción de cloruro de sodio como materia prima en diferentes sectores como el farmacéutico e industriales.

Palabras Claves: Cloruro de sodio, tecnologías de purificación, materia prima, grado USP, patentes.



TECHNOLOGIES FOR THE OBTAINING OF SODIUM CHLORIDE (NaCl) PHARMACEUTICAL DEGREE

ABSTRACT

The sodium chloride (NaCl) pharmaceutical grade, is a salt that has a particularly high quality and high purity (99.8%), is involved in the elaboration of multiple products in the pharmaceutical and food industry, considered as an essential raw material for the daily life of the human being. The main objective of the research was to identify the most optimal technologies for obtaining. The methodology used was through the use of keywords for the construction of patent search strategies, using platforms such as The Lens, Web of Science and Carrot2; obtaining bibliometric and patentedometric indicators. Among the results obtained suggest that the high vacuum evaporation technique has the greatest application for the purification of sodium chloride due to its high purity, low operational consumption, lower environmental impact and high yields. Currently, many countries have focused on developing technology to obtain higher yields and greater benefits from other products present. It should be noted that Venezuela has natural sources of the mineral, therefore it is necessary to promote the production of sodium chloride as a raw material in different sectors such as pharmaceutical and industrial.

Keywords: Sodium chloride, purification technologies, raw material, USP grade, patents



INTRODUCCIÓN

El cloruro de sodio (NaCl) es un compuesto químico muy sencillo, compuesto de un ión de sodio (Na^+) y un ión de cloro (Cl^-), conocido como sal común o sal de mesa; es un sólido incoloro, cristalino, soluble en agua. Es considerado como una materia prima esencial, debido a su gran variedad de propiedades de gran utilidad a parte de la alimentación, como antiséptico natural, agente conservante, entre otras aplicaciones. Siendo útil en distintos campos industriales, principalmente en el campo farmacéutico, en este caso, recibe el nombre de sal farmacéutica (Grado USP) o cloruro de sodio grado farmacéutico, donde cuenta con una calidad especialmente elevada y muy pura (99,4% - 99,8%), dichas condiciones son para preservar la seguridad e integridad humana, ya que su interacción es directamente a los tejidos humanos. Para ello, es necesario que la sal sea sometida a diferentes procesos de purificación y tratamientos previos para ser considerada grado USP (Velecela, 2014).

El cloruro de sodio, se obtiene principalmente del agua de mar, la cual es sometida a diferentes procesos de

evaporación hasta provocar la concentración de sales presente en la misma, principalmente del cloruro de sodio (componente mayoritario), hasta lograr la formación de las salmueras (solución con alta concentración de NaCl). El proceso de evaporación ocurre en las salinas, provoca la sobresaturación (ó sobre-saturación) del mineral y luego su cristalización, formando rocas evaporitas conocidas como sal bruta (Griem, 2016).

Los procesos de purificación de sales inicia con la eliminación de iones en la salmuera o roca evaporita, donde son tratadas para eliminar impurezas, en algunos casos purificándola antes que cristalice. Tiene lugar en las salinas a cielo abierto; al inicio de la evaporación se favorece la cristalización del cloruro de sodio, presentando pérdidas parciales de yeso (CaSO_4) y posibles algas presentes, pero aún posee cantidades significativas de calcio, magnesio, sulfato y bromuro. La mayoría de estos iones son eliminados, primero el remanente de sulfato, añadiendo óxido de calcio (CaO) que conduce a la precipitación del yeso, el óxido aumenta el pH de la solución, provocando la precipitación del de hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) (siendo



eliminado el sulfato y magnesio). Un inconveniente de este procedimiento es el aumento del nivel de calcio en la salmuera, para ello se emplea el dióxido de carbono (CO_2) que produce carbonatos (CO_3^{-2}) como carbonato de calcio (CaCO_3) y debido a la alta concentración de sal y altas temperaturas se forma Vaterita (roca de minerales alto contenido de carbonatos), a su vez provoca la precipitación y eliminación del estroncio como carbonato de estroncio (SrCO_3). De esta manera se logra obtener el mayor porcentaje de cloruros libres de iones e impurezas presentes (Geerman, 2000; Reid, 1995).

A pesar de ello, la sal resultante debe ser sometida a procesos que garanticen el mayor porcentaje de pureza para ser empleada como materia prima en la industria farmacéutica y química. La finalidad de esta investigación es determinar y analizar las mejores tecnologías empleadas para la obtención de sales con alta pureza, específicamente el cloruro de sodio, de esta manera promover la producción del cloruro de sodio grado farmacéutico (aproximadamente 99,4%-99,9%).

Existen numerosas tecnologías para el tratamiento de salmueras y el agua de mar,

empleadas en múltiples actividades industriales, como en las plantas de generación de energía, industria de curtido de pieles, industria de conservantes de alimentos y embutidos, industria química, industria farmacéutica, entre otros; caracterizadas por emplear técnicas de purificación y separación de las sales presentes, tales como: descalcificación, desmineralización, ósmosis inversa, electrodiálisis, nanofiltración, evaporación, entre otras. Hoy en día, la tecnología clave en el tratamiento de las salmueras es la evaporación al vacío, se trata de una operación unitaria que consiste en concentrar una disolución mediante la eliminación del solvente por ebullición; garantizado la formación de cristales de sal de alta pureza (aproximadamente 99,8%) y libre de pirógenos (Corona et al. 2014).

Venezuela cuenta con importantes salineras activas de las cuales se extrae NaCl conocidas como ENASAL ubicada en Araya, edo. Sucre, Las Cumaraguas ubicada en el edo. Falcón y Los Olivitos ubicada en edo. Zulia; existen otras salina en el territorio nacional pero no se encuentran activas para aprovechamiento del mineral (Quezada, 2011; Araujo, 2017; Ponte y Millan, 2016). El cloruro de sodio,



es una fuente importante de materia prima para la obtención de diferentes productos de consumo nacional. Por ello, se desea estimular el desarrollo y la investigación en la purificación de la sal para ser empleada en la industria farmacéutica, garantizando la manufactura de productos medicinales y alimenticios con materia prima nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se centró en la búsqueda, clasificación y análisis de las patentes relacionadas con la tecnología sobre la purificación del cloruro, se abarcaron diversos temas relacionados con la sal cloruro de sodio, desde su obtención y aprovechamiento como materia prima, procesos de refinación y la manufactura para diversos fines, específicamente en la industria farmacéutica.

Patentes sobre purificación de cloruro de sodio

Una patente es un derecho exclusivo que concede el Estado para la protección de una invención, proporcionando derechos para explotarla en el mercado y proporcionar seguridad de los procedimientos descritos para el uso de terceros (INAPI, 2017). Existen diferentes

plataformas de búsqueda donde se puede tener acceso a las patentes según los diferentes temas de interés, como Googlepatent, The Lens, Patentinspiration, Patenscope, entre otras.

Selección de las palabras claves

Según los antecedentes bibliográficos relacionados con la purificación del cloruro de sodio grado farmacéutico, se plantearon un conjunto de palabras claves que englobaran las ideas principales de la investigación, empleando como apoyo la plataforma de búsqueda Carrot². Siendo seleccionada *Chloride Sodium, Evaporation, Salt, Purification, Pharmaceutic*.

Selección de la ecuación de búsqueda

Se procedió a diseñar un conjunto de ecuaciones de búsqueda, construidas a partir de las palabras claves, acopladas con operadores booleanos (AND, OR, NOT). La idea principal de la búsqueda se enfocó en la purificación del cloruro de sodio y sal evaporada a alto vacío (tecnología caracterizada por generar un producto en alta pureza).



Selección de la plataforma de búsqueda para patentes

Las ecuaciones de búsqueda fueron introducidas en diferentes plataformas con

la intención de seleccionar la más adecuada para la investigación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ecuaciones de búsqueda planteadas para las plataformas de patentes

Plataforma	Ecuación de Búsqueda	Resultados	Documentos
The Lens	<i>Salt evaporated AND high vacuum</i>	428.858	11

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionó la plataforma The Lens, por su relación y coherencia con el tema de investigación. Se observaron patentes relacionadas con plantas de sal evaporativa, evaporación a alto vacío, sal con alto grado de pureza, sal farmacéutica, sal con porcentaje de pureza de 99,5-99,99%. Siendo esta última las patentes más relevantes y relacionadas con la búsqueda.

Se aplicaron una serie de filtros a la ecuación de búsqueda para establecer un rango de tiempo específico, empresas mundiales más destacadas por patentar con la técnica de Sal Evaporada a Alto Vacío y una por familia de patente, estructurando la estrategia de búsqueda final presentada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Filtros ejecutados en la plataforma de The Lens en la ecuación de búsqueda

Filtros (Uno por Familia)	Ecuación de Búsqueda (<i>salt Evaporated</i>) And (<i>high Vacuum</i>)	Patentes
Campo	Título	160.556
Patentes	Una por Familia	
Rango de Fechas	1917-2017	

Fuente: Elaboración propia



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de Patentes

En la industria farmacéutica y médica, el cloruro de sodio farmacéutico es una importante materia prima. Se utiliza en la fabricación de productos cosméticos, soluciones de infusión enteral y parenteral, soluciones de diálisis, medicamentos,

alimentos dietéticos y en una diversidad de productos de alto valor agregado. Las patentes publicadas están relacionadas a la tecnología de evaporación de alto vacío, son aproximadamente de hace 75 años, siendo el año 2014 el más destacado con 25.292 publicaciones de patentes, como se observa en la siguiente Figura 1:

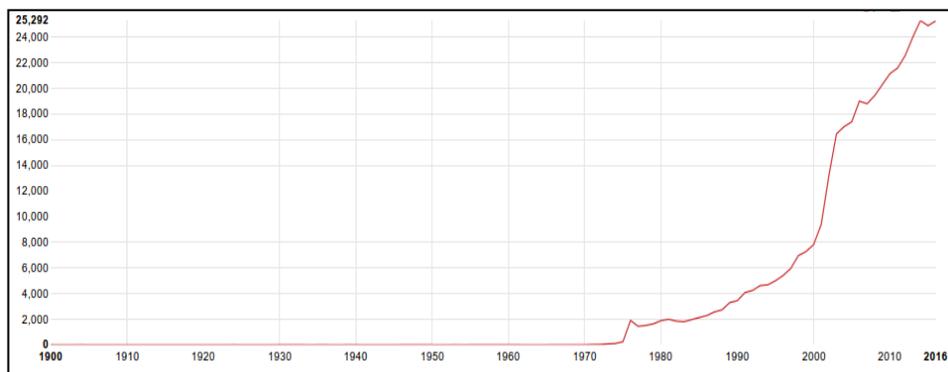


Figura 1. Publicaciones de patentes por año (1900-2016) sobre sal evaporada a alto vacío

A nivel mundial se registraron 428.858 patentes en total, relacionadas con la tecnología de evaporación de alto vacío para la obtención de sales, específicamente cloruro de sodio, con un alto porcentaje de pureza y rendimiento. Los países destacados fueron Estados Unidos (248.101), Australia (64.309), Reino Unido (42), Japón (35), Corea (16), Rusia (10), Canadá (5), Taiwan (3), Francia (2),

Alemania (2), México (1), Chile (1), Ucrania (1) y Jordania (1). Siendo Estados Unidos el país con el mayor número de patentes publicadas y concedidas con 248.101 en total, representando el 58,4% de las patentes cedidas a nivel mundial.

El cloruro de sodio es una materia prima accesible y económica. Por esta razón se perfeccionó la técnica de refinación y purificación, a fin de conseguir la máxima pureza en la producción de cloruro sódico. Esta sustancia se convirtió en un elemento



imprescindible de la industria química, sobre todo para la producción de plásticos, aceites minerales, desmoldantes, etc. También la industria alimentaria la incorporó en su batería de aditivos preservantes, como inhibidor de procesos de descomposición, un ejemplo es el yogurt, que contiene cloruro de sodio, no como saborizante sino como conservante. Las empresas mas destacadas por la publicacion y concesion de patentes a nivel mundial están enfocadas en las areas anteriormente descritas, química y alimentaria, destacando principalmente Dupont, Hoffmann La Roche y Novartis Ag, Procter & Gamble, Pfizer, Squibb Bristol Myers Co, Astrazeneca Ab, Merck & Co Inc, 3m Innovative Properties Co y Lilly Co Eli; cuya actividad económica abarcan del area farmaceutica y química-manufacturera.

Según la clasificación internacional de patentes (ICP) y su respectivo análisis se puede constatar lo descrito anteriormente.

Los sectores tecnológicos a las que pertenecen, destacandose en tres secciones especificas: la principal, relacionada a la sección de necesidades humanas con

respecto a actividades terapeuticas y preparaciones medicinales, como agentes analgesicos o antiinflamatorios, antineoplasicos, medicamentos para fines especificos y/o farmacos para trastornos nerviosos (A61P), seguida por la sección de química y metalúrgica específicamente en química organica relacionados con estudios de compuestos heterociclicos (macromoleculares) (C07) y finalmente la sección que están relacionadas a preparativos médicos, dentales o inodoro que contienen péptidos (A61K). Abarcando las areas principalmente farmaceutica y seguida por la quimica y metalurgica (WIPO, 2017)

Análisis de Patentes

La técnica de evaporación al vacío, tecnología muy empleada por la industria farmacéutica para la obtención de sales a alta pureza y reducción drástica del volumen de residuo líquido (ahorro en gestión de residuos) (Corona et al. 2014), tiene años de invención y posee múltiples aplicaciones, representado el mismo esquema general del proceso para la purificación de sales, para ello se realizó la investigación del tiempo, desarrollo e



industrias que han patentado sobre esta tecnología. Presentando una evolución de la tecnología en las diferentes décadas.

Década de los 70-80

Las investigaciones científicas y las patentes sobre el tema de sal evaporada al vacío, inician desde los años 1900, enfocados en el tema del beneficio de las sales del mar, purificación por electrolisis, entre otros temas. Iniciando en el año 70 un notable interés en patentar sobre dicha tecnología, y diseñar plantas para purificar salmueras.

La patente americana US4231840A publicada por Geesen (1979), trata sobre un método de concentración de una solución acuosa mediante evaporación de múltiples efectos, centrándose en el tratamiento de una primera y una segunda sal, donde la solubilidad de la primera sal aumenta más al aumentar las temperaturas que la solubilidad de la segunda sal. Enfocándose en sales como cloruro de potasio, cloruro de sodio y una cantidad menor de impurezas de sal tales como cloruros y sulfatos de magnesio y calcio.

Este método garantiza la evaporación de las soluciones de cloruro de potasio-

cloruro de sodio, que se lleva a cabo con gran rapidez mediante la evaporación de múltiples efectos alimentada en reversa para lograr una alta recuperación del producto y una gran economía de vapor. Es decir, el desbordamiento del efluente del licor madre por los efectos del evaporador más frío se envía a los efectos del evaporador más caliente. Para obtener una diferencia de temperatura de trabajo satisfactoria entre el primer efecto de evaporador (el más caliente) y el último (más frío) efecto del evaporador, el primer efecto del evaporador se opera bajo presión atmosférica y el último efecto del evaporador se opera al vacío, según el mismo principio indicado en las publicaciones. A medida que la solución pasa por cada efecto, el agua se elimina en forma de vapor y la solución se concentra con respecto al cloruro de potasio mientras precipita el cloruro de sodio que se asienta en una pata de elutriación y se comunica con el fondo de cada evaporador. El cloruro sódico precipitará hasta que la solución alcance su composición invariante a la temperatura a la que se opera cada efecto evaporador. El diseño general del se puede observar en la Figura 2.

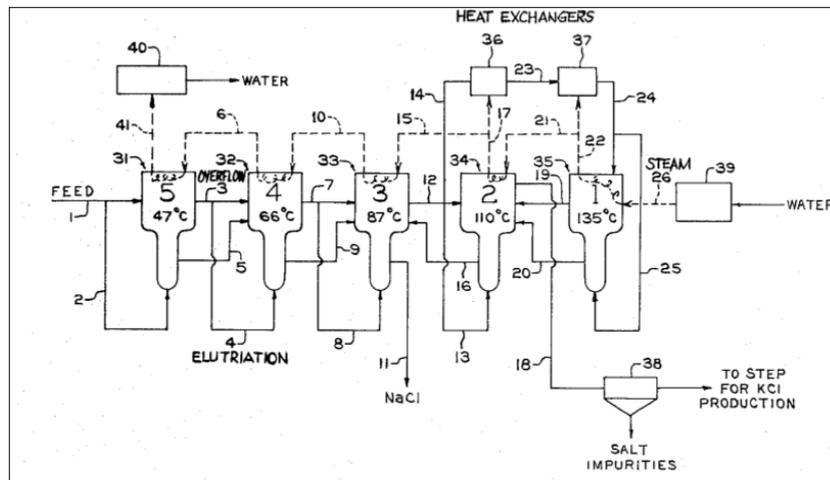


Figura 2. Descripción del proceso de los cinco efecto de evaporadores descritos en la invención. Patent US4131840A (Geesen, 1979).

Otra patente destacada en la década por su número de citas, es la patente US4180547A (Chirico, 1977), representando un proceso para la recuperación de productos químicos del agua salina, centrándose en el cloruro de sodio como componente mayoritario del agua de mar.

A su vez consideraban otros tipos de procesos como el indicado en la patente US4060118A de Pandelis et al. (1976), sobre recuperación de sales de flujo de cloruro de aluminio. La patente US3974059A de Murayama (1974), sobre un dispositivo de recubrimiento de iones de alto vacío. Ambas patentes se enfocan al tratamiento de sales por dispositivos

iónicos, ambos a alto vacío y la patente US4504355 de Yamazaki (1980) quien propone un concentrador que incluye un evaporador de vacío que posee una parte superior cilíndrica y una parte inferior en forma de un cono invertido y se proporciona una tubería para recuperar la solución concentrada del fondo del evaporador.

En la década de los 70-80 se centraron en estudiar la posible construcción de plantas, en la invención de los evaporadores, determinación de presiones y temperatura que se deben emplear en los sistemas. Además en esta época, se realizaron diversos estudios de otros tipos de técnicas más sofisticadas y que



facilitaran la reutilización de sales en otros materiales, considerándose muy costosos y poco amigables para el ambiente (Bizont y Sausse, 1971), por lo tanto a los años siguientes se centraron principalmente en desarrollar la técnica de evaporación a presión atmosférica a alto vacío.

Década de los 90

En la patente EP0604718B1, Lawrence et al. (1997) proponen un diseño de planta de sal evaporativa, que incluye métodos, aparatos y sistemas para operar la planta, para producir sal de alta calidad, con alto rendimiento y ahorros considerables tanto en inversión inicial como en costos de operación, especialmente en la energía requerida por tonelada de sal producida. Garantizando el 99,9974% hasta el 99,99% de pureza, con aumentos en el rendimiento o capacidad de hasta el 50%, y con ahorros en costos de operación de hasta el 75% del costo de energía para producir una tonelada de sal de alta pureza. Otro objetivo de la planta, es permitir la eliminación de desechos por soluciones de producto en el sitio, la recuperación del condensado de agua producido para su uso en la extracción en

disolución de la sal subterránea, proporcionando así una operación respetuosa con el medio ambiente que contribuye a mantener el equilibrio ecológico tanto en la energía como en los materiales empleados en el funcionamiento de la planta.

Los métodos para operar el diseño único de la planta de sal evaporativa, implican la combinación de turbina de gas, turbina de vapor, compresor de vapor y evaporadores de purga, acoplado con un condensador refrigerado por salmuera cerca del sitio donde la sal es extraída, permite la recuperación y el uso productivo de toda la materia prima y un gran porcentaje de aportes de energía a la planta.

Presenta un generador de vapor de recuperación de calor (HRSG), tal como una caldera de calor de residuos tubulares, para recuperar el calor de escape de la turbina de gas de alta presión que, después de ser expandido en un vaporenturbina que acciona un generador, se utiliza para aplicar entrada de calor adicional al colector de vapor del evaporador de compresión de vapor. Además, este vapor puede ser encausado al evaporador de purga para la formación



de más sal a partir de corrientes de alimentación dirigidas hacia ella, asegurando que a los 60°C se produce la salmuera. A su vez, se utiliza para condensar todos los vapores del evaporador de purga, permitiendo no sólo que se complete la recuperación de aproximadamente el 95% del agua requerida para la extracción en solución de la sal subterránea, sino también para el uso posterior de la energía térmica producida.

Este método presenta las ventajas de emplear un compresor de vapor de dos etapas en combinación con dos evaporadores de recompresión de vapor en serie. Esta combinación por sí sola proporciona un aumento del 8 al 10% en la capacidad de producción, reducción de los costes energéticos y de fabricación. Al añadir el evaporador de purga, se consigue un refuerzo adicional de la capacidad del 1% al coste energético añadido. Se obtienen los mejores resultados en economía y rendimiento cuando las combinaciones de esta invención se disponen y funcionan de acuerdo con las descripciones hechas.

También destaca la patente americana US 544743A, Sadan (1991) presenta una

serie de procesos de cristalización de sales inorgánicas. Es un método mejorado para cristalizar sales inorgánicas. Las sales inorgánicas que son adecuadas para este proceso se caracterizan por el hecho de que forman curvas de solubilidad cóncavas isotérmicas. Cada curva de solubilidad cóncava representa las concentraciones saturadas de la sal que se desea purificar frente a concentraciones de una segunda sal inorgánica diferente.

Las patentes de la década de los 90 se enfocaron en plantear nuevos procesos de purificación de sales, tomando en cuenta los factores de ahorro energético, nuevas invenciones con procesos más sencillos y menos costos, debido que los equipos empleados en otro tipos de métodos tienden a tener costos muy elevados. Por lo tanto, se estaban planteando nuevos diseños de plantas y procesos para la purificación del cloruro de sodio.

Década del 2000

La tendencia de las patentes varió a inicio del año 2000, observando un gran incremento de patentes y evolución de la tecnología. Pero manteniendo el mismo principio.

La patente US20080017326A1 de Hong



(2004) sobre el método de destilación o evaporación y equipos para agua salada mediante vapor recalentado en un sistema de evaporación de múltiples efectos con cámara de intercambiador de calor de tipo de placa horizontal, donde se divulga una técnica de evaporación de múltiples efectos, capaz de evaporar el material en fase líquida calentado con vapor de alta temperatura, así el gas generado puede volver a calentar el material en fase líquida en otro evaporador adyacente. Un sistema convencional de evaporación de múltiples efectos tiene un gran tamaño externo de evaporador, cumpliendo el mismo principio de disminuir la presión para disminuir la temperatura de ebullición del líquido.

Para estos sistemas, siempre se requiere un equipo de reducción de presión en cada etapa de los evaporadores, lo que hará que el número de etapas del evaporador se limite. Para resolver esta deficiencia, la presente invención se diferencia del resto, por ser una técnica de evaporación de múltiples efectos que consiste en muchas cámaras de evaporación de tipo placa horizontal apiladas perpendicularmente, con la finalidad de reducir el tamaño externo de

un sistema de evaporación de múltiples efectos, es la técnica de evaporación de alta eficiencia que usa el vapor generado a partir de cada evaporador de tipo placa horizontal, como fuente de calor de un siguiente evaporador adyacente.

La patente, indica una variación en la posición de los evaporadores que presentan una gran ventaja, ya que cuando un vapor generado a partir de un calor solar o una caldera de vapor se destila o evapora en el primer evaporador y sucesivamente en el resto de los evaporadores, permite que el proceso opere sin la reducción de presión por un vapor recalentado generado a partir del mismo, mejorando la eficacia de evaporación y obtención del producto.

Caso distinto con la siguiente patente EP2711442B1 (Kim, 2012) quién propone sobre un montaje de calefacción para la deposición al vacío. Es un conjunto de calentamiento por evaporación a vacío, se basa en el calentamiento de un portador, en el que se llena de un material en específico para luego ser evaporado, que es el objetivo de la invención.

Otras de las patentes destacadas fueron US8686140B2 (Lou et al. 2007)



relacionada a un método de purificación de sal, sal sódica y sal sódica de premetrexed. La patente US877138B2 sobre un proceso de producción de cloruro de sodio (Bakkenes et al. 2008) y la patente WO2002006158 enfocada a un método para eliminar sales de magnesio y otros materiales provenientes de la salmueras, haciendo referencia a la producción de sal común (Daverson, 2001).

En el año 2017 se publicaron 15.602 patentes (una por familia) sobre la tecnología de evaporación a alto vacío, destacando nuevas tendencias e investigaciones, donde no solo se centraron en desarrollar la tecnología y mejorar la técnica sino a su vez la acoplan con otras (WIPO, 2017), con la misma finalidad de purificar sales (electrodialísis o ósmosis inversas) (García, 2010).

Entre las patentes leídas, se seleccionó la US9737827 relacionada a un sistema para la eliminación de sal de alta pureza a partir de una salmuera, de Wallace (2017). La invención se centra particularmente en obtener una sal de cloruro de sodio a alta pureza y a su vez en eliminar las sales presentes en la salmuera, destacando que en diferentes

países del mundo presentan escasez en el suministro de agua potable, debido a sus condiciones geográficas, como sucede en Estados Unidos, Nuevo México, California del Sur, Texas, entre otras que presentan un clima bastante árido. A medida que los suministros de agua son limitados, la necesidad de tecnologías innovadoras y los suministros de agua alternativos es importante. Un método para la obtención de una fuente alternativa de agua potable usa sistemas de desalinización para producir agua potable.

El sistema descrito en esta invención, incluye en total tres evaporadores (Figura 3). El primer evaporador, está configurado para recibir una corriente de salmuera, produciendo una primera salida de cloruro de sodio en suspensión. El segundo evaporador, se encuentra acoplado al primero, configurado para recibir una primera salida en recuperación y producir una salida intermedia. Mientras que el último evaporador, se encuentra acoplado al segundo evaporador y configurado para recibir la segunda salida intermedia y producir una segunda salida en recuperación.

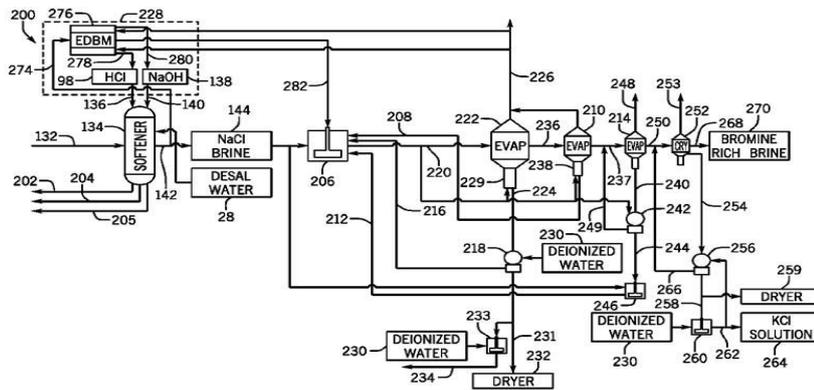


Figura 3. Sistema de producción de cloruro de sodio, de acuerdo a la patente US 9737827B2 (Yamazaki, 1980).

Además incluye otros procesos acoplados como ósmosis inversa y desalinización con la intención, no solo de obtener los minerales extraídos del agua de mar, sino obtener agua desionizada que puede ser empleada para otros procesos o para fines agrícolas.

Cabe destacar que la tendencia actual es la obtención del cloruro de sodio purificado para distintos fines, pero a su vez se busca la obtención de todos los minerales posibles durante el proceso de purificación/eliminación y a su vez, la capacidad de obtener agua lo más purificada posible, para su reutilización u algún otro fin.

CONCLUSIONES

La técnica de evaporación de alto vacío cuenta con la mayor aplicación para la purificación del cloruro de sodio debido a su alta pureza, bajo consumo operacional, menor impacto ambiental y altos rendimientos.

La tecnología de evaporación a alto vacío tuvo un desarrollo importante entre 1970 y 1990. La tendencia actual, es obtener el mayor beneficio de la materia prima agua de mar, específicamente la obtención del cloruro de sodio y de agua para diversas utilidades. Aumentando los



estudios, desarrollos e interés de la tecnología en estudio.

Estados Unidos es el país con mayor número de patentes tanto de empresa como de instituciones públicas y universidades, que se han centrado en patentar y evolucionar la técnica.

Las empresas y las industrias involucradas abarcan desde el área farmacéutica a la química manufacturera y alimenticia.

La tecnología de evaporación al vacío tiende a ser muy costosa, posee alto consumo de energía y genera residuos, por lo tanto las patentes ubicadas y destacadas en el informe se enfocan en solventar estos tres aspectos.

La evaporación al vacío es una técnica que consta básicamente de evaporadores, intercambiadores de calor y condensadores. El resto de los implementos y procesos variarán según el país, empresa, instituto y /o investigador que desarrolle la tecnología.

La tecnología de evaporación al vacío ha variado según tiempo ya que inicialmente partió de un proceso sencillo para obtención de sal con cilindros perpendiculares hasta hoy en día que en algunos países han desarrollado cilindros

horizontales, garantizado la manipulación de la presión y temperatura, a su vez ha variado en el diseño de una planta de múltiples equipos a simples sistemas sencillos para la evaporación de la sal.

REFERENCIAS

- Araujo, S. (2017). *Conozca el proceso de la sal, un producto 100% hecho en Venezuela*. [En línea] Periodismo Agropecuario. Vida Agro. Venezuela. 2017. Disponible <http://www.vidaagro.com.ve/conozca-el-proceso-de-la-sal-un-producto-100-hecho-en-venezuela/> [Consulta 2017, Junio 05].
- Bakkenes, H., Maria, J. y Schokker, A. (2008). *Sodium chloride production process*. Akzo Nobel Chemicals International BV. Patent US8771380B2. Estados Unidos.
- Bizont, J. y Sausse, A. (1971). *Purification of a chloride solution*. Hospal Industrie SA. Patent US3935092A. Estados Unidos.
- Chirico, Anthony. (1977). *Process for recovery of chemicals from saline water*. Ecodyne Corp. Patent US4180547A. Estados Unidos.
- Corona, I., Trejo, V. y Gama, I. (2014). *Pequeñas Industrias Productoras de Sal en México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ingeniería Metalúrgica. Procesamiento de Minerales No Metálicos II. México.



- Deveson, Byron. (2001). *A method of producing salt*. Deveson, Byron. Patent WO2002006158. Australia.
- García, Miguel. (2010). *Tratamiento de aguas Residuales*. Bloque III Tratamiento Especifico de Vertidos industriales. Departamento de ingeniería química. Facultad de Ciencias. Granada.
- Geerman, R.M. (2000). *Sodium chloride: Crystallization*. Prensa Académica, Países Bajos, VOL (3): 4127- 4134.
- Geesen, Donald. (1979). *Method of concentrating an aqueous solution by multiple effect evaporating*. PPG Industries Canada Ltd. Patent US4231840A. Canadá.
- Griem, W. (2016). *Apuntes Geología General: Ambiente sedimentario La sal*. [En línea] Museo Virtual Geología, Chile. Disponible: <http://www.geovirtual2.cl/geologia-general/ggcap05f.htm> [Consulta 2017, Agosto 04].
- Hong, Jeong-Ho. (2004). *Distillation or Evaporation Method and Equipment for Salt Water or Sort of Fluid by Reheated Steam at Multiple Effect Evaporation System with Chamber of Horizontal Plate Type Heat Exchanger*. Hong, Jeong-Patent US20080017326A1. Estados Unidos.
- Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). (2016). *¿Qué son las Patentes?*. Artículo informativo. No. 744. Santiago de Chile. Pp 1-2.
- Kim Hyun Joong, Kim Hong Chul y Jun Kyung Il. (2012). *Heating Assembly for Vacuum Deposition*. Patent EP2711442B1. Ceko Co., Ltd. China.
- Lawrence, F., Currey, John y Hoeve, R. (1997). *Evaporative salt plant*. Texas Brine Corporation. Patent EP0604718B. Estados Unidos.
- Luo, J., Lin, M., Lin, B., Wenrun, Y., Qin, Y. y Dend, J. (2007). *Method of purifying a salt, sodium salt and disodium salt of pemetrexed*. Chongqing Pharmaceutical Research Institute Co Ltd. Patent US68614B2. Estados Unidos.
- Murayama, Yoichi. (1974). *High vacuum ion plating device*. Murayama, Yoichu. Patent US3974059A. Estados Unidos.
- Pandelis N., Papafingos, R. y Lance, T. (1976). *Recovering chloride flux salts for aluminum*. Alumax Mill Products Inc. Patent US4060118A. Estados Unidos.
- Ponte, C. y Millan, Z. *Salina de Pampatar: Reminiscencias*. Revista de Investigación N° 88 Vol. 40 Mayo-Agosto. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela.
- Quezada, Roselys. (2011). *Las Salinas De Araya En El Contexto Colonial Y Republicano (siglos XVI al XIX)*. Universidad Católica Andrés Bello Dirección General de los Estudios de Postgrado Maestría en Historia de Venezuela.



Reid, Jensen. (1995). *The Salt Recovery Process*. Artículo *Dominion Salt Limited*. Universidad de Auckland. Nueva Zelanda. Pp 1-9.

Sadan, Abraham. (1991). *Process for crystallizing inorganic salts*. Patente US5447543A. Exportadora De Sal, S.A. De C.V.México. Estados Unidos.

Veleccla, D. (2014). *Preparaciones inyectables, técnicas de elaboración y control de calidad*. Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud. Carrera de Bioquímica y farmacia. Control de Medicamentos. Ecuador.

Wallace, Paul. (2017). *System for removing high purity salt from a brine*. Enviro Water Minerals Company, Inc. Patent US9737827B2. Estados Unidos.

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2017). *Clasificación Internacional de Patentes (ICP)*. 2017. [En línea] Disponible <http://www.wipo.int/classifications/ipc/es/> [Consulta 2017, Octubre 05].

Yamazaki, K. y Miwa, T. (1980). *Concentrator system*. Daicel Corp. Patent US4504355A. Estados Unidos.