



**Una mirada a la implementación de métodos alternos para solucionar el gasto energético desde el agua salada hacia la obtención de agua potable como fuente de recurso hídrico natural en el ámbito económico y social**

**A look at the implementation of alternative methods to address energy expenditure, from saltwater extraction to obtaining potable water as a natural water resource in the economic and social sphere.**

Torres Sánchez Marcos  
[matorres@correo.udistrital.edu.co](mailto:matorres@correo.udistrital.edu.co)  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
<https://orcid.org/0000-0003-0541-0394>

### **Resumen (Español)**

Cuando se refieren al tema de transformación u obtención de energía, se piensa autónomamente en la quema de combustibles fósiles, de manera general carbón, petróleo, etc., a pesar de que son fuente vital para la vida, no son lo mejor para el medio ambiente, y se han vuelto necesarios hacia un avance tecnológico a nivel mundial, gracias a la calidad de sus resultados, pero al ser una fuente de recursos limitada, se es obligatorio desde ya, pensar en que otros métodos alternos se pueden emplear para ayudar al medio ambiente y así mismo satisfacer la demanda de gasto energético a nivel mundial. Para ello se analizan los factores que implican la obtención de minerales, y las consecuencias que esto conlleva, de igual manera se observa como aun así existiendo en la actualidad diversidad de energías no convencionales, no se hacen uso de ellas, para satisfacer esta demanda. Parece irónico que para poder generar energía a partir de las fuentes hídricas oceánicas se hace necesario hacer uso de energías no renovables, e incluso grandes cantidades de agua dulce, que, en resumen, son desperdiciadas, para el mismo fin. Algunos de los resultados obtenidos demuestran que la transición para hacer el cambio de energías contaminantes a energías limpias, no solo dependen de los pocos avances que se tengan, si no implica algo más allá, decisiones de gobiernos, temas económicos, e incluso problemas sociales, ya que no son los métodos más aceptados por la sociedad para su implementación.

**Palabras clave:** Combustibles Fósiles, Energía Renovable, Osmosis Inversa, Recursos Naturales, Sostenibilidad

### **Abstract (English)**

When they refer to the issue of transformation or obtaining energy, we think autonomously of the burning of fossil fuels, generally coal, oil, etc., although they are vital source for life,



they are not the best for the environment, and have become necessary towards a technological advance at a global level, thanks to the quality of their results, but being a limited source of resources, it is now mandatory, think about how other alternative methods can be used to help the environment and also meet the demand for energy expenditure worldwide. To do this, we analyze the factors involved in obtaining minerals, and the consequences that this entails, in the same way it is observed that even though there is currently a diversity of non-conventional energies, they are not used to satisfy this demand. It seems ironic that in order to generate energy from ocean water sources it is necessary to make use of non-renewable energies, and even large quantities of fresh water, which, in short, are wasted, for the same purpose. Some of the results obtained show that the transition to make the change from polluting energies to clean energies, not only depend on the little progress that is made, if it does not imply something beyond, decisions of governments, economic issues, and even social problems, since they are not the most accepted methods by society for their implementation.

**Keywords:** Fossil Fuels, Renewable Energy, Reverse Osmosis, Natural Resources, Sustainability.

## Introducción

En la actualidad, debido a la constante evolución de la sociedad, y la gran demanda en el consumo de agua potable, ha llevado a la sociedad misma el implementar procesos adecuados para la obtención de la misma. Y es que temas relacionados con las energías renovables (eólica, solar, geotérmica, hidráulica) tuvieron un hito a mediados del 2010-2015, eso no significa que se hayan dejado de estudiar las formas y procedimientos adecuados, para poder tratar la aplicación de energías no convencionales, solo que se han detectado, otros caminos, para el aprovechamiento de otros tipos de energías. Ahora bien, este trabajo se basa sobre un artículo de review<sup>1</sup>, en el cual se presentan los avances sobre la desalinización del agua y los métodos aplicados en las energías renovables, para lograr obtener agua dulce, enfocándose en las problemáticas en el campo de la contaminación, el desperdicio de agua, en la aplicación de quema de combustibles fósiles, y muestra los futuros caminos que deberían seguir futuras investigaciones, ya que no solo se abarcan problemas de tipo científico, si no a su vez muestra una perspectiva económica, social y política, frente a este campo. Para encontrar la brecha fue necesario realizar la revisión de 69 artículos, los cuales re encontraron indexados en las correspondientes bases de datos como *SCOPUS* y *WEB OF SCIENCE* y para poder dar con ellos, y clasificarlos de tal manera que correspondan a lo que en la medida se quiere investigar, se clasifican y se ordenan en la siguiente tabla, en la cual se presentan las diferentes palabras claves, ecuaciones de búsqueda, así mismo como los resultados que entre ellas se encontraron, para poder abordar de una mejor manera el problema de investigación expuesto.

---

<sup>1</sup> Ecuación de búsqueda en las bases de datos Scopus y Web of Science



BASE DE DATOS	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA	FECHA	PALABRAS CLAVE
SCOPUS	Sustainability	293065	22/03/2022	sustainability
SCOPUS	Sustainability; AND desalination;	925	22/03/2022	sustainability, desalination
SCOPUS	Sustainability; AND desalination; AND renewable AND energy;	199	22/03/2022	sustainability, desalination, renewable energy
SCOPUS	Sustainability; AND desalination; AND renewable AND energy; AND water-energy-nexus	15	22/03/2022	sustainability, desalination, renewable energy, water-energy-nexus
WEB OF SCIENCE	sustainability	25412	22/03/2022	sustainability
WEB OF SCIENCE	sustainability AND desalination	41	22/03/2022	sustainability, desalination
WEB OF SCIENCE	sustainability AND desalination AND energy renewable	639	27/03/2022	sustainability, desalination, energy renewable

La investigación llevo consigo el resultado de que en la herramienta de búsqueda Scopus es donde se tienden a encontrar la mayor cantidad da artículos con un total de 293065 solo con la búsqueda de la palabra *sustainability*, se nota un cambio abrupto en los resultados cuando se le adiciona la palabra *desalination* arrojando consigo un total de 925 resultados, se reducen en un 80% los resultados cuando a la anterior búsqueda se le adiciona la palabra *renewable and energy*, con un total de 199 resultados, para finalizar la búsqueda, se hace uso también de la plabra *wáter-energy nexus*, para finalmente quedar con tan solo 15 artículos. Se realiza el mismo proceso con la herramienta de Web of Science, de la cual no se obtienen los mismos resultados, aparentemente, por el uso más frecuente y más conocida de la anterior base, sin desprestigiar, que también se obtuvieron muy buenos resultados realizando la consulta, aunque no los esperados con respecto a la anterior. De la cual se obtiene que al realizar el uso de la palabra clave *sustainability* se encuentran un total de 25412 artículos, y se reducen cerca del 95% al agregar la palabra *desalination*, al dar como resultado un total de tan solo 41 artículos, aclarando que algunos de estos repetidos en la anterior base de datos, posteriormente se emplea la palabra *energy renewable* obteniendo así un total de 639 artículos, de los cuales solo se tomaran en cuenta aquellos que sean de revisión, estado de arte o alguno que otro reporte **de caso.**

Ahora ¿por qué revisar este trabajo? Desde hace mucho tiempo se llevan realizando grandes avances científicos en campo de la desalinización del agua, debido al gran coste energético que esta lleva a cabo se opta por implementar el uso de energías limpias, tales como la solar, eólica, geotérmica, e incluso métodos en los cuales se hace uso de nanotecnología aplicada en la infraestructura para la conservación de las mismas. Factores ambientales son la preocupación de este siglo, ya que se estima que para el 2040 el suministro de agua potable del mundo reduzca significativamente en 1.5%, según incremente la población mundial, lo que implica que es necesario desde ya, “aprovechar los recursos hídricos no convencionales



de la desalinización del agua de mar (cerca del 95% del agua de la Tierra, es agua salada), tratamiento de aguas residuales y recolección de aguas pluviales”.

De esta forma solo se ha obtenido que, aunque hay avances, siempre se llega a la misma conclusión de que, el desalinizar el agua, conlleva un gran gasto energético, no resulta ser rentable en términos económicos, por el elevado costo de sus materiales, daños ambientales, ya que causan a un incremento en el efecto de gases de invernadero, además de que políticamente no es aceptado por algunos gobiernos[8], ya que traería inconvenientes a la hora de realizar operaciones de tipo exportación e importación con otras naciones, perjudicando de manera fatal, la economía de los países.

Para eso se postula que los factores económicos, políticos y sociales, no deben ser factores predominantes que impidan la implementación de nuevos métodos, en cuanto se trate o se busque una forma práctica para aprovechar los recursos de la Tierra (el agua salada, el sol, las corrientes de aire). Además de que el agua, es un elemento vital para cualquier persona en el mundo y garantizar este recurso a población mundial, debería ser la prioridad de todos los gobiernos.

El objetivo de este trabajo conduce a que se puedan determinar las posibles causas sobre la falta de aplicaciones de energías renovables a la desalinización del agua, por osmosis inversa para la extracción de agua dulce, ya que es un método bastante efectivo para este fin, pero el gran consumo energético que esto conlleva, pone en tela de juicio de si será, o no, uno de los métodos o no necesarios para esta transición.

Se hace necesario, el ¿por qué elegir la ósmosis inversa para la conversión de agua salada en agua dulce? La ósmosis es el proceso por el cual un solvente pasa a través de una membrana semipermeable, de una solución diluida a una concentrada, hasta igualar la diferencia de concentraciones a ambos lados de la membrana. Este proceso se usa, de forma particular en tratar agua salada para transformarla en agua potable, ya que el agua salada es un recurso hídrico con una inmensa cantidad de superficie.

Se hace visible ver que, en el transcurso del tiempo, se han modificado las diversas formas de aplicaciones de energías, por ejemplo, pasar de la combustión, generada por vapor y quema de materiales, a quema de combustibles, sin duda alguna la revolución industrial conllevó al campo de las nuevas formas energéticas. Ahora bien, esta transición hizo, que grandes industrias, dependieran de maquinaria pesada, para llevar a cabo sus labores, y, ¿cómo es el proceso para que las grandes industrias puedan llevar a cabo sus fines?, mediante la aplicación de derivados del petróleo y sustancias químicas, esto ocasiona, que al existir una combustión, se generen gases de efecto invernadero, que van a resultar sobre la corteza de la Tierra, posándose así, sobre la superficie de la capa de ozono, de tal manera, haciendo perforaciones, para que estos gases puedan escapar y permitiendo de esta forma que la radiación UV del sol, llegue a la atmosfera, causando daños en el ambiente, y perjudicando el ciclo natural de la vida.



## Posibles Factores

Incremento de la población mundial: El reciente incremento en la población a nivel mundial, supone que para el 2050 la población mundial, se quede sin suministros de agua potable, ya que, en consideración, al haber un aumento progresivo en la población, esto implica a su vez una dependencia de este recurso para todo el mundo. Antes de agotarse, este recurso hídrico, uno de los más importantes, es prácticamente obligatorio, buscar, nuevas formas de poder contar con este recurso, al menos por un par de siglos más, mientras los avances científicos, permitan, explorar e implementar de quizá una forma más eficaz la ósmosis inversa en la desalación del agua.

Factores económicos: Sin duda alguna, tampoco se pueden quedar de un lado los factores económicos, según los recursos de energía renovable y sostenible, son calve importante para una economía estable en todo el mundo, particularmente, para los países desarrollados. En los países que no se encuentran económicamente estables, el depender de energías renovables, supondría un escenario bastante crudo para esas poblaciones, ya que, al pasar a energías no convencionales, existe una sobrecarga e incremento en el gasto público, mismos que no se podrían cubrir debido, a que económicamente, no se cuenta con esa inversión de capital y menos para el mantenimiento de dichas redes. Según Harris los avances tecnológicos, abren nuevas puertas a la recuperación de recursos, si se entran a tratar las aguas residuales industriales, ya que la industria es una de las que más daños le causa al medio ambiente, y en cuanto a utilización de recursos naturales, dispone. Entonces, debería ser un factor el cual puede llegar a ser crucial a la hora de cuanto economizar y reutilizar recursos lo disponga. La energía renovable proporciona una opción energética que a su vez es amable con el medio ambiente, contrasta con la disminución de las reservas de combustibles fósiles a nivel mundial, amenazando la sostenibilidad de la economía mundial a un largo plazo. Ahora en lo que concuerdan y es que se debe realizar una integración hacia la desalinización del agua, entre el sector público, encabezados por el Estado y también un aporte de los sectores privados, todo esto, en cuanto a inversiones económicas se refieren. De esta forma se logrará un progreso económico y la sostenibilidad ambiental se mejorará para cualquier persona, a nivel mundial.

Factores Ambientales: Si bien, los sistemas desalinización fueron establecidos con el fin de mejorar el medio y así mismo cuidar de él, en el proceso que se lleva a cabo para poder obtener agua potable, lista para el consumo humano, se requieren grandes cantidades de energía, lo que implica que se deba de hacer uso de quema de combustibles fósiles (recursos no renovables), lo que a su vez, al realizar la quema del combustible, arroja como resultado, la creación de gases de efecto invernadero, que resulta peor para la mejoría del medio ambiente. Sumado a esto, los sistemas de desalinización, debido a que deben ocupar una gran infraestructura, maquinaria, mantener, a su maquinaria implica no solo un gasto económico, sino también un riesgo a la salud pública, debido a no tener las condiciones mínimas necesarias para la realización de un respectivo mantenimiento, resultandos inaccesibles (ambiente oceánico).

Factores Sociales: Desde varios puntos de vista se han abordado los sistemas de desalinización, entre ellos, el ambiental, el económico, poblacional, e incluso hasta políticos, pero hay otro factor que es predominante, y es el factor social, ahora, ¿por qué el factor



social? Resulta ser, que muchos de los sistemas y métodos para la generación y transmisión de energía, son aceptados, o suelen ser aceptados socialmente, esto en la medida de su reconocimiento, funcionalidad, y accesibilidad. Según Zhenyu Li, El beneficio de la energía derivada del océano para alimentar los procesos de desalinización del agua, es el más atractivo, pero resulta que la promesa y el potencial de la generación de energía basada en el océano, para estos sistemas, no se ha investigado en detalle, lo que implica que estos desarrollos se ven limitados por factores, económicos, tecnológicos, lo que conlleva a tener discusiones sobre problemas de tipo medioambientales y sociales, pertinentes. El modelo multiobjetivo propone que se deben tener en cuenta los objetivos de sostenibilidad a través de métricas ambientales, económicas y sociales, como las emisiones de gases de efecto invernadero. En lo que si concuerda, es que, para una sostenibilidad ambiental, se deben tener en cuenta factores económicos, sociales y medioambientales, lo que a su vez resultaría en que se deba considerar las funciones en las que podría ser utilizada esta agua potable, obtenida mediante la desalinización. Para Berenguel en los países con mayor escasez de agua, las alternativas para el abastecimiento son escasas., y la desalinización, podría ser una alternativa para poder garantizar este recurso. La cuestión son las condiciones que deberían satisfacer las plantas para los sistemas de desalinización, ya que no se contemplan los factores sociales, lo cual puede ser crucial en el desarrollo de las plantas de desalinización.

Buscando una unificación en el desarrollo de sistemas sostenibles autosuficientes, se discutió en la 10ª Conferencia sobre el Desarrollo Sostenible de la Energía, Agua y Sistemas Ambientales, en Croacia, queda en consonancia que en vías hacia un futuro con miradas al desarrollo sostenible, se deben incluir la mayoría de factores y actores, así mismo como debatir sobre ellos y que tan necesarios deben ser incluidos en los distintos, sistemas, se tomaron temas económicos, sociales, políticos y medioambientales, aparte de otro tipo de escenarios. Para Debalina la incorporación de energía de bajo coste no debería quedar por fuera de estos sistemas, ya que también se pueden llegar a suplir necesidades de todo tipo, refrigeraciones, calefacción, realizar sustantivamente una transición de dichos sistemas, y así mismo influir en los temas, recientemente mencionados.

Entonces si se desea, desde un punto de vista, hacer un buen uso, para la alimentación energética en los sistemas de desalinización, se es necesario: Considerar las diversas fuentes de energía que se conocen en la actualidad, anteriormente, solo se podía pensar en el uso de la energía derivada de minerales y combustibles fósiles, hoy en día se encuentran diversidad, que incluso se les puede llegar a obtener los mejores resultados, dependiendo del lugar en donde se aplique, aquellas fuentes de energías renovables candidatas, a alimentar estos sistemas, son: la energía solar, que con los avances científicos que se consiguen hoy en día y actualmente a los bajos costos de sus materiales y compuestos, resulta ser una de las primeras, fuentes a ser sustitutas, ahora se debe pensar bastante bien, en qué hacer con los materiales que puedan terminar como residuos, ya que las celdas fotovoltaicas, encargadas de funcionar como un receptor de la luz solar, no existe un aprovechamiento para este tipo de materiales; lo mismo sucede con la energía eólica, que podría llegar a ser otra fuente de energía muy aprovechable, sobre todo en zonas del planeta, en donde las corrientes de aire, puedan alcanzar una buena velocidad, sin embargo, también se hace necesario, pensar en una forma de poder reutilizar o desechar los materiales reciclados, derivados de las aspas de los molinos,



ahora en último lugar se ha planteado el uso de la energía geotérmica ya que se pretende hacer uso del núcleo de la tierra. En la actualidad es una energía muy atractiva en términos de que se podría generar una gran cantidad de energía, pero aún no se ha podido avanzar en los suficiente, debido a las profundidades en las que se encuentra el centro de la Tierra, pero sin duda alguna, sería un fenómeno, para las nuevas generaciones, aparte de ser autosustentable.

## Referencias

- E. Ahmadi, B. McLellan, B. Mohammadi-Ivatloo, and T. Tezuka, “The role of renewable energy resources in sustainability of water desalination as a potential fresh-water source: An updated review,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 13, Jul. 2020, doi: 10.3390/su12135233.
- G. M. Gold and M. E. Webber, “The energy-water nexus: An analysis and comparison of various configurations integrating desalination with renewable power,” *Resources*, vol. 4, no. 2, pp. 227–276, 2015, doi: 10.3390/resources4020227.
- N. Chekir, “Geothermal energy for sustainable water desalination: Case of Tunisia,” *Water and Energy International*, vol. 63r, no. 1, pp. 27–40, 2020.
- V. G. Gude, “Geothermal source potential for water desalination - Current status and future perspective,” *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, vol. 57, pp. 1038–1065, May 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.186.
- F. Jiang *et al.*, “Wood-Based Nanotechnologies toward Sustainability,” *ADVANCED MATERIALS*, vol. 30, no. 1, Jan. 2018, doi: 10.1002/adma.201703453.
- H. Al-Najjar, G. Ceribasi, and A. I. Ceyhunlu, “Effect of unconventional water resources interventions on the management of Gaza Coastal Aquifer in Palestine,” *WATER SUPPLY*, vol. 21, no. 8, pp. 4205–4218, Dec. 2021, doi: 10.2166/ws.2021.170.
- N. Ghorbani, A. Aghahosseini, and C. Breyer, “Assessment of a cost-optimal power system fully based on renewable energy for Iran by 2050-Achieving zero greenhouse gas emissions and overcoming the water crisis,” *RENEWABLE ENERGY*, vol. 146, pp. 125–148, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.06.079.
- A. Kamal, S. G. Al-Ghamdi, and M. Koc, “Assessing the Impact of Water Efficiency Policies on Qatar’s Electricity and Water Sectors,” *ENERGIES*, vol. 14, no. 14, Jul. 2021, doi: 10.3390/en14144348.
- S. Li and Z. Li, *Reverse osmosis and forward osmosis in integrated systems*. 2019. doi: 10.1016/B978-0-12-816777-9.00011-3.
- M. Hiremath, P. Viebahn, and S. Samadi, “An integrated comparative assessment of coal-based carbon capture and storage (Ccs) vis-à-vis renewable energies in india’s low carbon electricity transition scenarios,” *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 2, Jan. 2021, doi: 10.3390/en14020262.
- E. Najjar, M. Al-Hindi, M. Massoud, and W. Saad, “Life Cycle Assessment of a seawater reverse osmosis plant powered by a hybrid energy system (fossil fuel and waste to energy),” *ENERGY REPORTS*, vol. 7, no. 5, pp. 448–465, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.egyr.2021.07.106.



- D. Rodriguez-Urrego, D. Canadillas-Ramallo, B. Gonzalez-Diaz, and R. Guerrero-Lemus, “Analysis of the Water-Energy Nexus Applied to an Insular System: Case Study of Tenerife,” *SUSTAINABILITY*, vol. 14, no. 3, Feb. 2022, doi: 10.3390/su14031653.
- F. Berenguel-Felices, A. Lara-Galera, and M. B. Munoz-Medina, “Requirements for the Construction of New Desalination Plants into a Framework of Sustainability,” *SUSTAINABILITY*, vol. 12, no. 12, Jun. 2020, doi: 10.3390/su12125124.
- M. Patel *et al.*, “Advancements in spontaneous microbial desalination technology for sustainable water purification and simultaneous power generation: A review,” *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, vol. 297, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113374.
- Y. H. A. Amran, Y. H. M. Amran, R. Alyousef, and H. Alabduljabbar, “Renewable and sustainable energy production in Saudi Arabia according to Saudi Vision 2030; Current status and future prospects,” *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, vol. 247, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119602.
- C. M. Papapostolou, E. M. Kondili, D. P. Zafirakis, and G. T. Tzanes, “Sustainable water supply systems for the islands: The integration with the energy problem,” *Renewable Energy*, vol. 146, pp. 2577–2588, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.07.130.
- S. Harris, G. Tsalidis, J. B. Corbera, J. J. E. Gallart, and F. Tegstedt, “Application of LCA and LCC in the early stages of wastewater treatment design: A multiple case study of brine effluents,” *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, vol. 307, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127298.
- Q. Ma and H. Lu, “Wind energy technologies integrated with desalination systems: Review and state-of-the-art,” *DESALINATION*, vol. 277, no. 1–3, pp. 274–280, Aug. 2011, doi: 10.1016/j.desal.2011.04.041.
- H. March, “The politics, geography, and economics of desalination: a critical review,” *WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS-WATER*, vol. 2, no. 3, pp. 231–243, May 2015, doi: 10.1002/wat2.1073.
- S. Manju and N. Sagar, “Progressing towards the development of sustainable energy: A critical review on the current status, applications, developmental barriers and prospects of solar photovoltaic systems in India,” *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, vol. 70, pp. 298–313, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.226.
- Z. Li, A. Siddiqi, L. D. Anadon, and V. Narayanamurti, “Towards sustainability in water-energy nexus: Ocean energy for seawater desalination,” *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, vol. 82, no. 3, pp. 3833–3847, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.10.087.
- Z. Wang, A. Ye, K. Liu, and L. Tan, “Optimal Model of Desalination Planning Under Uncertainties in a Water Supply System,” *WATER RESOURCES MANAGEMENT*, vol. 35, no. 10, pp. 3277–3295, Aug. 2021, doi: 10.1007/s11269-021-02892-6.
- C. Fernandez-Gonzalez, A. Dominguez-Ramos, R. Ibanez, and A. Irabien, “Sustainability assessment of electrodialysis powered by photovoltaic solar energy for freshwater production,” *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, vol. 47, pp. 604–615, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.03.018.
- A. Foley, B. M. Smyth, T. Puksec, N. Markovska, and N. Duic, “A review of developments in technologies and research that have had a direct measurable impact on sustainability considering the Paris agreement on climate change,” *RENEWABLE &*



Artículo de Investigación

*SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, vol. 68, no. 2, pp. 835–839, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.11.215.

- D. Sengupta, “Incorporating low grade energy recovery in process integrated systems,” *CURRENT OPINION IN CHEMICAL ENGINEERING*, vol. 17, no. SI, pp. 54–60, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.coche.2017.06.007.