



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

**TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS
A TRAVÉS DE DIFERENTES PROCESOS CON
ÉNFASIS EN PROCESOS DE TERMOADSORCIÓN
CON UTILIZACIÓN DE INDUCCIÓN
ELECTROMAGNÉTICA**

TREATMENT OF CONTAMINATED WATER THROUGH DIFFERENT
PROCESSES WITH EMPHASIS ON THERMAL ADSORPTION
PROCESSES USING ELECTROMAGNETIC INDUCTION

José Julián Carvajal Escudero
Investigador Independiente

Tratamiento de Aguas Contaminadas a Través de Diferentes Procesos con Énfasis en Procesos de Termoadsorción con Utilización de Inducción Electromagnética

José Julián Carvajal Escudero¹

Julian.carvajal.escudero@gmail.com

Investigador Independiente

RESUMEN

“El agua potable es un derecho humano, no un privilegio, por lo que se deben poner en marcha alternativas de limpieza y entender que el tratamiento de aguas se puede hacer con responsabilidad, ¿enmarcado dentro de procesos de economía circular?”. El siguiente artículo hace una descripción de los diferentes procesos de tratamiento de agua, haciendo énfasis en la identificación de una tecnología avanzada del tratamiento de agua para el consumo humano, describe un innovador sistema mediante un dispositivo de evaporación en línea, utilizando calor producido y manteniéndolo a través de inducción electromagnética y aplicando el principio de evaporación. Este enfoque incorpora conceptos de termodinámica y técnicas de pulverización, con el objetivo de obtener un flujo de vapor que ingresará a una turbina generadora de energía, optimizando así el consumo energético del proceso, aplicando el concepto de circularidad en el tratamiento de agua. El proceso tecnológico representa un sistema que busca una solución para cambiar la manera en que manejamos nuestras aguas residuales con el poder de la termoadsorción y la tecnología electromagnética. Se trata de un dispositivo que, con un campo electromagnético, tiene la capacidad de evaporar fluidos residuales y de esta manera llevar a cabo la limpieza de los mismos. Este proceso, acoplado con el calor generado en un campo electromagnético, permite que el fluido se transforme instantáneamente en vapor, el cual impulsa una turbina, la cual, mediante un mecanismo físico unido a un generador, produce energía, la cual no solo se destina a usos externos, sino que se reinvierte en el propio proceso evaporativo, creando un ciclo casi autosuficiente que minimiza el consumo energético. Aquí, el vapor se transforma de nuevo en agua limpia, lista para ser reutilizada en diversos procesos industriales, agrícolas, recreativos y/o consumo.

Palabras clave: termoadsorción, tecnología electromagnética, evaporación, termodinámica, turbina

¹ Autor principal

Correspondencia: Julian.carvajal.escudero@gmail.com

Treatment of Contaminated Water Through Different Processes with Emphasis on Thermal Adsorption Processes Using Electromagnetic Induction

ABSTRACT

The following article describes the different water treatment processes, emphasizing the identification of advanced technology for treating water for human consumption. It describes an innovative system using an in-line evaporation device, utilizing heat produced and maintained through electromagnetic induction and applying the principle of evaporation. This approach incorporates thermodynamic concepts and spray techniques, with the goal of obtaining a steam flow that will enter a power-generating turbine, thus optimizing the process's energy consumption and applying the concept of circularity in water treatment. The technological process represents a system that seeks a solution to change the way we manage our wastewater with the power of thermoadsorption and electromagnetic technology. It is a device that, using an electromagnetic field, has the ability to evaporate waste fluids and thus carry out their cleaning. This process, coupled with the heat generated in an electromagnetic field, allows the fluid to instantly transform into steam, which drives a turbine. Through a physical mechanism connected to a generator, this turbine produces energy. This energy is not only used externally but is also reinvested in the evaporation process itself, creating a nearly self-sufficient cycle that minimizes energy consumption. Here, the steam is transformed back into clean water, ready to be reused in various industrial, agricultural, recreational, and/or consumer processes.

Keywords: thermoadsorption, electromagnetic technology, evaporation, thermodynamics, turbine

Artículo recibido 05 julio 2025

Aceptado para publicación: 11 agosto 2025



INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas es útil para garantizar que ésta se reintroduzca en el ciclo de la naturaleza, uno de los usos finales de este proceso es devolver el agua de forma segura a fuentes medioambientales. Por supuesto, las instalaciones de tratamiento de agua deben asegurarse de que el agua está libre de sustancias nocivas antes de hacerlo para evitar la contaminación y otros problemas para el medio ambiente, como la contaminación del agua.

El presente artículo muestra una forma de tratamiento de agua a través de un proceso de termo adsorción con la introducción de inducción electromagnética, que busca con la utilización de energías alternativas, mejorar la calidad de aguas contaminadas y disminuir el vertimiento de las mismas con la reutilización a través de vapor, al final el uso del recurso podrá ser utilizado para el suministro de agua industrial, las actividades recreativas y la reposición de fuentes ambientales y con tratamientos adicionales como agua potable.

El proceso de termo adsorción, acoplado con el calor generado en un campo electromagnético, permite que el fluido se transforme instantáneamente en vapor, el cual impulsa una turbina, la cual, mediante un mecanismo físico unido a un generador, produce energía, la cual no solo se destina a usos externos, sino que se reinvierte en el propio proceso evaporativo, creando un ciclo casi autosuficiente que minimiza el consumo energético. Aquí, el vapor se transforma de nuevo en agua limpia, lista para ser reutilizada en diversos procesos industriales o agrícolas.

En la mayoría de los casos, las plantas de tratamiento de aguas se encargan de recoger, tratar y distribuir el suministro de agua, ya sea para usos residenciales, comerciales o industriales. A nivel mundial, estas instalaciones pueden seguir procesos ligeramente diferentes en sus sistemas de tratamiento de aguas, sin embargo, todos sus métodos se basan en etapas similares en función del uso final que pretenden conseguir. A través de la termo adsorción y la inducción electromagnética se busca establecer un ciclo cerrado para el manejo del agua y que los contaminantes que tiene el recurso puedan ser encapsulados disminuyendo cualquier afectación sobre los recursos naturales.

La cadena de técnicas involucradas en el tratamiento del agua incluye procesos químicos, biológicos y físicos. La combinación de pasos, operaciones unitarias y procesos se conoce como el «tren de tratamiento».



Este diseño se rige por las características específicas de la fuente de agua que se trata y por los criterios de calidad para el uso previsto, de esta manera se identifican las limitaciones y los alcances en la construcción y puesta en operación de una planta de tratamiento.

Tecnologías de limpieza

Las técnicas de purificación del agua son cada vez más sofisticadas y modernas, dentro de las cuales se destacan la descontaminación con plantas acuáticas, con utilización de bacterias, con microorganismos y/o con energía solar, al final existen procesos físicos, químicos, biológicos y/o térmicos para descontaminar aguas contaminadas, siendo algunas de las técnicas las siguientes:

Procesos físicos: Hacen alusión a aquellas que utilizan métodos mecánicos o físicos para separar los contaminantes del agua. Dentro de estas técnicas se tiene la *filtración* que utiliza medios como arena, grava o carbón activado para eliminar partículas; la *decantación* que permite que los sólidos se asienten en el fondo de un recipiente, separando el agua clara en la parte superior y la *flotación* que consiste en la introducción de aire en el agua para que las partículas sólidas floten y puedan ser retiradas.

La *ósmosis inversa* es una tecnología de membrana que permite eliminar entre otros contaminantes, la salinidad del agua. Se basa en un proceso de difusión a través de una membrana semipermeable que facilita el paso de gases disueltos y moléculas sin carga electrostática de bajo peso molecular. Es el sistema indicado para la producción de agua pura con un bajo contenido en sales, libre de virus y contaminantes químicos. Se emplean membranas de ósmosis, cuya configuración varía en función de la naturaleza del agua a tratar, algunos avances en la tecnología de filtración por membrana, son las membranas de mayor superficie activa, membranas más permeables, elementos de membrana de espiral de mayor diámetro y membranas de baja formación de incrustaciones las cuales permiten más opciones para una mayor tasa de descontaminación del agua.

Otros procesos físicos para la desinfección del agua se hacen a través de procesos solares, incluyendo el uso de peróxido de hidrógeno, sales de persulfato, ácido peracético y fluoresceína como agentes oxidantes, pasando de esta manera a una descontaminación combinada con aditivos químicos.

Procesos químicos: Hacen referencia la adición de sustancias químicas al agua para neutralizar o eliminar contaminantes. Aquí se pueden identificar la *cloración*, que consiste en la eliminación de microorganismos con la adición de cloro; la *oxidación* que utiliza agentes oxidantes como ozono o



peróxido hidrógeno. para transformar contaminantes en formas menos dañinas y la neutralización a través de la cual se eliminan contaminantes con la adición de ácidos o bases para ajustar el pH del agua; la *coagulación* donde se añaden productos químicos para agrupar partículas y facilitar su eliminación; la *floculación* que permite la formación de flóculos que se pueden separar del agua.

La *oxidación química* es un proceso rápido que puede tratar grandes volúmenes de agua en tiempos reducidos, pero tiene como desventaja el costo, la posibilidad de generar subproductos tóxicos y el requerimiento de mano de obra especializada.

La *reducción química* se utiliza como un método para transformar metales pesados en formas menos tóxicas o más fáciles de eliminar, de igual manera se utiliza como un método para la eliminación de contaminantes orgánicos, mediante la degradación secuencial de los compuestos en formas menos dañinas.

La *electrólisis* del agua se lleva a cabo en una celda electrolítica, que consiste en dos electrodos sumergidos en agua. Cuando se aplica una corriente eléctrica a la celda, los iones de hidrógeno y oxígeno se separan y se combinan para formar moléculas de hidrógeno y oxígeno separadamente. La electrólisis del agua se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo la producción de hidrógeno y oxígeno para uso industrial y la producción de agua potable.

La utilización de polímeros naturales como la celulosa, hemicelulosa, lignina, almidón, quitosano y alginato, se convierte en otro proceso para la limpieza de aguas.

Procesos biológicos: Estos consisten en la adición de microorganismos para descomponer contaminantes del agua. Este enfoque es especialmente efectivo para tratar aguas residuales, ya que los microorganismos pueden metabolizar materia orgánica y nutrientes en el agua. Existen diferentes métodos biológicos, como la *lagunación* que utiliza estanques o lagunas para el tratamiento donde las plantas acuáticas y microorganismos actúan sobre los contaminantes y el *tratamiento biológico en lechos*, el cual utiliza grava o arena donde los microorganismos se adhieren y de esta manera descomponen contaminantes.

La utilización de bacterias y microorganismos es uno de los métodos más innovadores y efectivos en la descontaminación del agua. Estas entidades microscópicas tienen la capacidad de degradar sustancias químicas no biodegradables como nitratos, fosfatos y pesticidas.



Al intervenir en los ciclos biogeoquímicos, las bacterias no solo eliminan contaminantes, sino que también facilitan el reciclaje de nutrientes esenciales para el entorno acuático.

Procesos térmicos: Con el de tratamiento térmico se procede a someter el agua contaminada a muy altas temperaturas, con lo cual se evaporan las sustancias químicas y el agua convirtiéndolos en gases, las altas temperaturas pueden llevar a destruir algunas sustancias químicas y a cambiar las propiedades organolépticas del agua. El vapor se condensa en un recipiente limpio, resultando en agua destilada apta para diversos usos. La *destilación* es especialmente eficaz en la eliminación de metales pesados, sales y muchos compuestos orgánicos, contribuyendo significativamente a la descontaminación del agua.

Nanotecnología: La cual utiliza partículas extremadamente pequeñas para tratar el agua. Estas nanopartículas pueden tener propiedades únicas que les permiten interactuar con contaminantes de maneras que los métodos tradicionales no pueden. Dentro de este proceso se tienen nanopartículas de hierro con las que se pueden eliminar contaminantes orgánicos y metales pesados y membranas nanoporosas que permiten la separación de contaminantes a nivel molecular.

Adsorción y Absorción

En el manejo del agua, tanto la adsorción como la absorción son procesos fundamentales en la interacción de diversas sustancias con el agua. Sin embargo, hay una diferencia clave entre ambos.

La absorción implica la incorporación de una sustancia en el volumen de otra. En este proceso, una sustancia (sólida, líquida o gaseosa) es absorbida o incorporada en el volumen de otra sustancia, como el agua. Esta absorción puede ser física, como cuando el agua es absorbida por una esponja, o química, como cuando el agua absorbe dióxido de carbono para formar ácido carbónico.

Por otro lado, la adsorción es un fenómeno superficial. En la adsorción, las moléculas de una sustancia se adhieren a la superficie de otra sustancia. Un ejemplo de esto es cuando los contaminantes se adhieren a la superficie de un material adsorbente, como el carbón activado, en un filtro de agua. Este proceso es muy utilizado en sistemas de tratamiento y purificación de agua para retirar contaminantes.

En resumen, la principal diferencia entre ambos radica en que la absorción involucra la penetración de una sustancia dentro de otra, mientras que, en la adsorción, las moléculas de una sustancia se adhieren solo a la superficie de otra.



Con respecto a la termo adsorción, objeto del presente artículo, la idea es utilizar la evaporación utilizando inducción electromagnética para evaporar el fluido residual, se aplica el principio de evaporación flash, donde el fluido se somete a una rápida reducción que provoca su rápida vaporización. Además, se emplea una técnica de pulverización para optimizar la dispersión del fluido y mejorar la eficiencia de la evaporación. El vapor generado en la unidad evaporativa se dirige a una turbina que, mediante un mecanismo físico unido a un generador, produce energía, esta energía se reutiliza en el mismo proceso evaporativo, reduciendo así el consumo energético total del sistema. El vapor que pasa por la turbina se dirige a una unidad condensativa, donde se convierte en agua limpia. Esta agua puede ser reutilizada en diferentes procesos industriales y agrícolas, promoviendo la sostenibilidad y la reducción de residuos.

Durante la evaporación, los sólidos disueltos en el fluido se cristalizan, estos cristales son removidos mediante un sistema mecánico de barrido y pueden ser aprovechados como insumo para la producción de materiales de construcción, abonos y fertilizantes.

La evaporación flash, es un proceso unitario que permite concentrar disoluciones mediante la eliminación del componente más volátil al reducir la presión y hacer que hierva a una temperatura más baja. Esto ocurre de forma adiabática, manteniendo la entalpía constante mientras el punto de ebullición cambia. Se usa para desalinizar agua, tratar condensados, entre otros, aprovechando el vapor flash formado.

El proceso de vapor flash se lleva a cabo en un recipiente cerrado que contiene el líquido a alta presión. Cuando se abre la válvula de salida, el líquido se expande rápidamente debido a la reducción de presión, lo que resulta en la evaporación instantánea de una parte del líquido. La expansión también da lugar a una disminución de la temperatura, ya que la energía térmica se disipa en forma de vapor.

El vapor flash, generado cuando el condensado presurizado reduce su presión de manera súbita, puede ser una valiosa fuente de energía reutilizable. Este proceso no solo disminuye la necesidad de generar nuevo vapor, reduciendo costos operativos, sino que también ayuda a disminuir las emisiones de carbono, promoviendo operaciones más sostenibles. Implementar sistemas de recuperación de vapor flash puede transformar significativamente la eficiencia energética de una planta.

Inducción Electromagnética

El agua tiene un alto índice específico de calor, es decir que tiene la capacidad de absorber mucho calor antes de que suba su temperatura. Por este motivo, el agua adquiere un papel relevante como enfriador en las industrias, y para el proceso de limpieza de agua es relevante para eliminar algunos contaminantes del agua.

Para el proceso de limpieza de agua con vapor, el calentamiento por inducción se define como un proceso en el que el material conductor de la electricidad se calienta cuando se coloca dentro de un campo magnético dinámico sin tocar el inductor. Se trata de un proceso de calentamiento sencillo y rentable que proporciona un calor rápido y constante, para mantener la temperatura entre 500°C y 600°C, de esta manera el agua mantiene vaporizada, para posteriormente con el vapor realizar el movimiento de un generador para producir energía que es almacenada en baterías de litio, la cual es utilizada por el mismo sistema, de esta manera se genera un circuito cerrado, promoviendo un proceso de economía circular en el tratamiento de agua.

Cabe resaltar que una temperatura óptima del agua, proporcionará un ambiente conveniente al interior del dispositivo, con lo que se consigue una alta eficiencia energética, así mismo el ambiente anóxico al interior del dispositivo, impedirá que se produzcan formaciones corrosivas.

El vapor flash se genera cuando el condensado a alta presión se libera a una presión más baja. El agua hierve a 100°C a presión atmosférica. El vapor generalmente se utiliza a una presión superior a la presión atmosférica dentro de las tuberías de vapor. A medida que el vapor pierde su calor al transportarlo para las operaciones del proceso o por pérdidas de radiación, resulta en condensado. El condensado formado tiene la misma presión y temperatura que el vapor.

El condensado presurizado se introduce a la presión atmosférica con más energía de la que podría contener a presión atmosférica. La energía excedente se utiliza para convertir el condensado. Esta ocurrencia se conoce como «flashing» y el vapor generado se conoce como vapor flash.

Para determinar la temperatura óptima para la evaporación, definida como aquella en la que la mayor cantidad de fluido se evapora en el menor tiempo, se llevaron a cabo pruebas a diferentes temperaturas, las cuales se ajustaron desde un tablero de control, comenzando desde los 300°C hasta los 550°C y aquí el papel de la inducción en el proceso para mantener esta temperatura.



METODOLOGÍA

La evaporación flash es el corazón de la tecnología. En términos simples, se trata de someter un fluido a termoadsorción, lo que provoca su rápida vaporización. Este proceso, acoplado con el calor generado en un campo electromagnético, permite que el fluido se transforme instantáneamente en vapor. Pero no es solo la rapidez lo que lo hace fascinante; es la precisión y eficiencia con la que se realiza, maximizando la conversión de energía térmica en vapor. Esto significa que la generación de residuos secundarios o lodos es mínima, lo que hace que el proceso sea mucho más respetuoso con el medio ambiente y menos mantenimiento, adicionalmente estos lodos se pueden utilizar en materia prima, enmarcando así el proyecto dentro del concepto de economía circular.

Para solucionar el problema de la contaminación la idea consiste en diseñar una planta que a través de aplicar microaspersión en un campo electromagnético se genere vapor en la generación de energía, generando descontaminación del agua sin la necesidad de utilizar aditivos químicos, el tratamiento es en línea, por lo que no se requieren tiempos adicionales de tratamiento y el manejo se puede hacer con un mínimo de operarios.

El caudal corresponde a la cantidad de agua que fluye a través de un ducto, en una unidad de tiempo y se mide a través de flujómetros o caudalímetros. Para nuestro caso, el caudal de alimentación está determinado por la bomba hidráulica y las boquillas de pulverización. Estas dos unidades están directamente relacionadas, ya que el caudal de pulverización depende de la presión con la que la bomba envía el fluido.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados en la etapa de validación del desarrollo, se deben utilizar boquillas que produzcan una buena pulverización a una presión de 25psi, proporcionada por una bomba de 0.5HP. Con la información técnica de estas boquillas, se debe proyectar la cantidad de estas unidades, para un caudal de 3LPS, que es el caudal objetivo. Teóricamente, se requerían 243 boquillas, que se fijaron a lo largo de una flauta de acero inoxidable de 1pulg de diámetro y 60 cm de longitud.

Se debe disponer de una bomba de 1HP que pueda proporcionar una presión de hasta 49psi, y con la flauta de boquillas (243 Unids) el caudal máximo fue de 0.42LPS (1.5 m³/h), lo que indica que esta cantidad de boquillas requiere una mayor presión para entregar un mayor caudal.



Para determinar la temperatura óptima para la evaporación, definida como aquella en la que la mayor cantidad de fluido se evapora en el menor tiempo, se deben llevar a cabo pruebas a diferentes temperaturas. Estas temperaturas se ajustaron desde el tablero de control, comenzando desde los 300 hasta los 550°C. Los resultados indicaron que, en el rango de 500 a 550°C, se logra la mayor evaporación a una mayor velocidad.

Para determinar la mejor opción en la operación, es decir, el modo y tiempo que evaporará la mayor cantidad de agua, se establecen dos modos de operación: flujo continuo y por lotes (batch). En el modo de flujo continuo, se observó que, con el paso del tiempo, la temperatura desciende rápidamente, esto se debía a que la cantidad de agua en contacto con la superficie caliente actúa como un efecto refrigerante, enfriando la superficie y no permitiendo el tiempo suficiente para evaporar la siguiente gota, sin embargo, se encontró que, en el momento inicial de entrada del agua, la gota entraba en contacto con la superficie caliente y se evaporaba de forma inmediata. Por ello, se decidió continuar las pruebas en el modo de operación por lotes (batch), obteniendo buenos resultados y optimizando la evaporación.

En cuanto a la variable de presión, se determinó que la bomba hidráulica de 1 HP proporcionaba una presión de 49 psi. En los escenarios en los que se cambiaba la tubería de conducción por una de menor diámetro (1/2" o 3/4"), se evidencia un aumento de presión a 51 psi, el cual no es lo suficientemente significativo como para mejorar el caudal de alimentación al convertidor. Por lo tanto, se debe continuar trabajando en el rango de 49 a 51 psi. Este hallazgo confirma la necesidad de cambiar la bomba por una que proporcione mayor presión, aproximadamente 80 psi, ya que también, cada accesorio instalado en la tubería de conducción genera pérdidas que, al sumarse, reducen significativamente la presión de salida del fluido.

La generación de energía a partir de un sistema eólico requiere velocidades superiores a 3m/s, siendo óptima cuando la velocidad del aire supera los 15m/s. Asumiendo que el vapor que se produce se comporte como aire, todas las pruebas deben estar encaminadas para alcanzar velocidades superiores a 10m/s.

En cuanto a la temperatura, como se describió anteriormente, entre mayor temperatura hay una evaporación más rápida y, por consiguiente, una rápida generación de vapor.



En los diferentes escenarios de pruebas, se determinó que la temperatura con la que finalmente se debe trabajar sería de 500°C, obteniéndose velocidades de salida del vapor entre 3.5 y 6.8m/s.

Inicialmente, se tenía una salida del vapor de diámetro 3/8" sin restricción. Para aumentar la presión, se instaló una reducción y válvula de 1/4" con el fin de controlar la salida del vapor a diferentes presiones indicadas por el manómetro. Una vez se alcanzaban presiones en un rango de 20 a 50 psi y operando por batch de Splash-Pausa de 5-5 segundos, se daba apertura a la válvula, logrando velocidades de hasta 40m/s, adecuada para la generación de energía.

A llevar a cabo los cálculos necesarios para determinar el volumen óptimo de remanente en el interior del conversor, se diseñó un sistema de recirculación que controla y mantiene dicho volumen de manera eficiente. Gracias a esta actividad, se logró transformar una aparente dificultad, en una ventaja significativa que beneficia nuestro proceso.

Finalmente, con las velocidades que se logró alcanzar durante el desarrollo de esta etapa sumado al hallazgo del remanente de agua, se logró validar que es posible la generación de energía a partir de este proceso.

Una vez implementado el diseño de tratamiento de aguas, se puede concluir que para el desarrollo de la presente tecnología, la eficiencia y sostenibilidad se centran en mejorar la eficiencia del proceso de tratamiento y minimizar la energía y los recursos. Al no utilizar productos químicos se optimiza el proceso y la utilización de la tecnología de termoadsorción e inducción electromagnética, es más eficiente, promoviendo así una mayor sostenibilidad en el tratamiento del agua.

CONCLUSIONES

El objetivo principal es asegurarse de que el flujo de vapor producido por la evaporación del agua pulverizada alcanzará la velocidad y la presión necesarias para mover una turbina y, de este modo, generar energía.

El «vapor flash» es simplemente vapor. El prefijo «flash» se usa para informar que este vapor se ha generado a partir de agua residual presurizada que ha reducido su presión de manera súbita.

El vapor es más denso en comparación con el agua, lo que resulta en un pequeño aumento en el porcentaje de vapor flash generado que aparece como un gran aumento en el volumen de vapor generado. Para entenderlo en profundidad, el volumen de condensado a 100°C es 0.00104 m³/kg, y el



volumen de vapor atmosférico es 1.67 m³/kg. A medida que el condensado a alta temperatura a 1.0 MPaG se libera a una presión más baja como la atmosférica, el 16.1% en masa de ese condensado se convierte en vapor, el cual es utilizado posteriormente para mover un generador que producir la energía que se requiere para el sistema.

Cuando disminuye la temperatura, disminuye de forma directa la energía cinética de las moléculas, lo que promueve la condensación. Para que se dé la condensación del agua en el aire se tiene que bajar de un límite de temperatura llamado "punto de rocío". El punto de rocío no es fijo, depende de otros factores, en especial de la presión.

La reutilización de agua procesada es otra ventaja de esta tecnología, la cual es la capacidad de reutilizar el agua procesada para fines no regulares, como el riego, el uso industrial y la carga de la capa de agua. Esto ayuda a ahorrar recursos hídricos y reducir la presión sobre las fuentes de agua dulce.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Acciona. (2019). Sostenibilidad para todos. ¿Qué es el cambio climático?
<https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/>
- [2] APPHA-AWWA-WWWA-WPCF, (2005). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 Edition. Washington D.C."
- [3] Arbeláez, P.; Borrull, F.; Marcé, R.M.; Pocurull, E. Trace-level determination of sweeteners in sewage sludge using selective pressurized liquid extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. J. Chromatogr. A 1408 (2015) 15-21. (sección 3.3.2)
- [4] Bueno, J.L; Sastre, H. & Lavin, A.G. (1997) Contaminación e ingeniería ambiental: contaminación de las aguas. Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología (FICYT), pp: 196-469.
- [5] ECUACIONES Y CÁLCULOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS., (2019). Autor: Varios autores. Coordinador: Mario Díaz. (1ª Edición). Colombia.
- [6] GTC 25. GESTION AMBIENTAL. CALIDAD DE AGUA. (1995). MUESTREO. TECNICAS GENERALES DE MUESTREO PARA ESTUDIOS BIOLOGICOS. 15p. 1 Edición. Colombia.



- [7] GTC 31. GESTION AMBIENTAL. AGUA. (2011). GUIA PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS DE TOXICIDAD (BIOENSAYOS) EN ORGANISMOS ACUATICOS. 7p. 1 Edicion. Colombia
- [8] INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). (2015). Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas, IDEAM, Bogotá.
- [9] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2016). Impacto del fenómeno “EL NIÑO” 2015-2016 en los nevados y alta montaña en Colombia. Bogotá: IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- [10] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2019). Informe Nacional de residuos peligrosos. Bogotá.
- [11] Innovación y Cualificación, S.L. & Target Asesores, S.L. (2016) Exerto en gestión medioambiental (2ªEdición). Editorial ic, pp: 109-171.
- [12] IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK y NY, EUA: Cambridge University Press.
- [13] I.V. Muralikrishna and V. Manickam. "Environmental Management", (2017). Chapter Twelve - Wastewater Treatment Technologies, pp. 249-293. [Links]
- [14] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guías para manejo seguro y gestión ambiental de 25 sustancias químicas. (2017). http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/guia_25_sustancias.pdf . Bogotá.
- [15] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2015). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. MADS. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1895> Norma de vertimientos resolución 0631. Bogotá.



- [16] Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud) & Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2018). Estudio Nacional de Equidad y Salud Ambiental (ENESA) Colombia 2018; fascículo de agua y saneamiento. Bogotá: Minsalud y OPS.
- [17] ONU (2018). Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. Resumen ejecutivo. WWAP
- [18] PALLÀS SECAL, Pol. Recensión: VVAA, Agua, recurso natural limitado. Entre el desarrollo sostenible y la seguridad internacional, Ana M. Badia Martí (Dir.) y Laura Huici Sancho (Coord.), Marcial Pons: Madrid, 2018. Revista de Derecho, Agua y Sostenibilidad, n. 3, (2019). Disponible en: <http://redas.webs.uvigo.es/images/redas2/bibliografia.pdf>
- [19] Y. Pan, H. Li, X. Zhang, y A. Li. Characterization of natural organic matter in drinking water: Sample preparation and analytical approaches. Trends in Environmental Analytical Chemistry, 12, 23-30. doi: 10.1016/j.teac.(2016).11.002.

