
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DESDE UNA PERSPECTIVA CTS

Daylen Yara Font Prieur

Licenciada. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba
dyara@ucf.edu.cu. <https://orcid.org/0000-0001-5656-9050>

Yanelain Martínez Olmo

Licenciada. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba.
dyara@ucf.edu.cu <http://orcid.org/0000-0003-4009-1202>

Eliané Arias Molina

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba.
dyara@ucf.edu.cu.<https://orcid.org/0000-0003-4567-6779>

Gabriel Orlando Lobelles Sardiñas

Refinería Cienfuegos S.A., Cienfuegos, Cuba dyara@ucf.edu.cu.
<https://orcid.org/0000-0002-2128-6146>

Resumen

En la forma de abordar el tratamiento de las aguas residuales, cabe distinguir tres etapas fundamentales etapa primaria, secundaria y terciaria. En un primer momento (previo a la década de los 80), las tecnologías de tratamientos que se aplicaban a las aguas residuales no tenían gran efectividad. Debido a tecnologías con un mal funcionamiento, un elevado contenido de estas aguas residuales afectó tanto al medio ambiente como a la humanidad quedando fuera de servicios estas tecnologías con el pasar del tiempo. En la actualidad, se comienza a tomar conciencia ante tal situación, planteándose todo un

Palabras clave:

Tratamiento, Agua residual, Tecnología.



abánico de posibles tecnologías (filtración, sedimentación), todas ellas válidas en función de las características cuyas aguas residuales se vayan a tratar, y de las exigencias de vertido. La siguiente investigación está basada en el estudio del tratamiento de las aguas residuales unido a su avance tecnológico hasta la actualidad con un enfoque Ciencia Tecnología Sociedad.

WASTEWATER TREATMENT IN INDUSTRY FROM A CTS PERSPECTIVE

Abstract

In the way of approaching wastewater treatment, three fundamental stages can be distinguished: primary, secondary and tertiary stage. At first (prior to the 1980s), treatment technologies applied to wastewater were not very effective. Due to malfunctioning technologies, a high content of these wastewater affected both the environment and humanity, leaving these technologies out of service over time. At present, awareness of this situation is beginning, considering a whole range of possible technologies (filtration, sedimentation), all of them valid depending on the characteristics whose wastewater is going to be treated, and the discharge requirements. The following research is based on the study of wastewater treatment coupled with its technological progress to date with a Science Technology Society approach.

Keywords

Treatment, Wastewater,
Technology.

Recibido 2 noviembre 2021 – Aceptado 09 diciembre 2022

1. Introducción

Hay decisiones y acciones propiamente tecnológicas influidas por un criterio de optimización inevitablemente afectado por circunstancias sociales, que se basa en una comprensión de la naturaleza y de la acción humana sobre ella y se adoptan decisiones que parten de racionalidades económicas y sociales, de valores e intereses (Núñez, 1999).

El tratamiento de aguas se ha convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes. La descarga de aguas residuales contamina ríos, aguas subterráneas, etc; causando un grave daño al medio ambiente y a la salud humana (Nolasco, 2010).

Muchas veces las masas receptoras de estos desechos líquidos son incapaces de absorber y neutralizar la carga contaminante. Por este motivo, las aguas residuales antes de su descarga a los cursos y cuerpos receptores deben recibir algún tipo de tratamiento que modifique sus condiciones iniciales (Rojas, 2002).

Cada proceso industrial requiere de unas características especiales del agua, exenta de determinados contaminantes. Para eliminarlos se somete al agua a unos tratamientos de purificación. A su vez los procesos industriales introducen en el agua unos nuevos contaminantes. Como también los efluentes están sujetos a unas calidades mínimas de vertido, establecidas para el cauce receptor, si no las cumplen deben someterse a otros tratamientos que den calidad de vertido necesario o que permita la recuperación interna del agua.

El agua natural puede contener una gran variedad de impurezas, características del ciclo hidrológico que ha experimentado previamente. El agua natural puede llegar directamente a la industria desde una captación independiente o a través de una red de suministro que probablemente entregará el agua con algunas modificaciones en su composición original. Cuando las impurezas representan elementos nocivos para el uso a que va destinada el agua la denominamos contaminantes. Por lo tanto, es el grado de calidad requerido el que determina si una impureza es contaminante o no (Ramalho,1996).

La composición de las aguas residuales es muy variable en razón de los diversos factores que lo afectan. En general, las aguas residuales contienen aproximadamente un 99.9 % de agua y el resto está constituido por materia sólida. Los residuos sólidos están conformados por materia mineral y materia orgánica (Rojas, 2002).

El tratamiento de las aguas residuales tiene por objetivo eliminar de esta los factores contaminantes a diferentes niveles físico-biológicos, proporcionando un nivel de pureza al agua que permita su reutilización en los afluentes naturales con los que cuentan en una comunidad o región específica, además de que evita la introducción de

sustancias extrañas en un proceso de fabricación, los problemas asociados a la corrosión o incrustación en usos energéticos, o la perturbación ecológica del medio receptor de un agua residual.

Por ello nos proponemos analizar la interpretación de la tecnología como proceso social en el tratamiento de las aguas residuales en la industria.

2. Desarrollo

La búsqueda sistemática de lo óptimo dentro de un campo de posibilidades es la tarea de la tecnología movida por intereses sociales. Asumimos la definición dada por Pacey (1990) al considerar que existen dos definiciones de tecnología, una restringida y otra general. En la primera se le aprecia sólo en su aspecto técnico: conocimiento, destrezas, herramientas, máquinas. La segunda incluye también los aspectos organizativos: actividad económica e industrial, actividad profesional, usuarios y consumidores, y los aspectos culturales: objetivos, valores y códigos éticos, códigos de comportamiento. Entre todos esos aspectos existen tensiones e interrelaciones que producen cambios y ajustes recíprocos.

Donde las soluciones técnicas son sólo un aspecto del problema, estas deben ser consideradas siempre en relación con los aspectos organizativos y culturales. es decir, la interrelación entre actividad industrial, profesional y los consumidores para producir cambios en los comportamientos como valores culturales. Donde estas se han transformado en su evolución. En lo que representa un nivel de desarrollo de las técnicas de tratamiento de agua (Núñez, 1999).

Las técnicas de tratamiento de agua cubren una amplia variedad de procesos de purificación. Si el agua fuese siempre pura, o si siempre tuviese una composición constante de los contaminantes presentes, su acondicionamiento para un uso industrial determinado sería simple y uniforme. Sin embargo, éste no es el caso, y la variabilidad de las impurezas, junto con alternativas diferentes de tratamiento que podemos elegir, cada una óptima para unas condiciones determinadas, requieren una evaluación experta, basada en unos conocimientos especializados (Ramalho, 1996).

Las plantas de tratamiento son instalaciones que cuentan con sistemas diseñados especialmente para retirar los contaminantes que son

vertidos en el agua. Esto con el objetivo de hacer que el agua no represente un riesgo a la salud o al medio ambiente al ser incorporada a un cuerpo lacustre natural (mares, lagos o ríos). Asimismo, puede ser rehusada en otras actividades de la vida cotidiana con la excepción del consumo humano, es decir, no para ser ingerida o para aseo personal (Rojas, 2002).

Estas plantas trabajan las aguas residuales de fábricas, incluso grandes comunidades, etc. Llevan a cabo procesos físicos, químicos y biológicos. Estos permiten la eliminación de los distintos agentes contaminantes que están presentes en el agua que es usada y desechada por las personas (Lapeña, 1989).

El óptimo funcionamiento de la planta de tratamiento en cada una de sus etapas es fundamental para que el resultado final cumpla con los requerimientos puntualizados a nivel ambiental. El nivel de descontaminación del agua depende de la calidad en los métodos que se realicen en la planta. No olvidando que el objetivo principal del procedimiento es suministrar agua depurada a los afluentes naturales.

Evolución del tratamiento de aguas residuales.

Antecedentes.

El conocer cuál es la fuente emisora de las aguas residuales es fundamental para determinar sus características físicas, químicas y biológicas, y poder establecer una estrategia de tratamiento adecuado.

Las aguas residuales de origen industrial presentan diferentes composiciones, de acuerdo al proceso productivo de procedencia. Debido a esto, existen diferentes normativas que regulan el vertido de estos residuos a los cuerpos de aguas receptores, con el objetivo de minimizar los distintos impactos ambientales, como la pérdida de calidad del agua, entre otros.

Para esto se han desarrollado distintas tecnologías de tratamiento que permiten reducir la carga de contaminante inicial. Su aplicación dependerá del tipo de compuesto que se quiera eliminar, como, por ejemplo: sólidos, materia orgánica, nutrientes (nitrógeno y fósforo), patógenos, compuestos específicos, entre otros, dependiendo de cuál sea el uso final (Jordi, M. & Peñuela, G, 2009).

El tratamiento de las aguas residuales es relativamente reciente. Su inicio data de fines de 1800 y principios del actual siglo y coincide con la época de la higiene. Esto se desarrolló como consecuencia de la relación entre contaminación de los cursos y cuerpos de agua y las enfermedades de origen hídrico.

En un principio, el tratamiento se hacía mediante el vertido de las aguas residuales al suelo, pero prontamente las superficies de los terrenos no fueron suficientes para absorber el cada vez mayor volumen de aguas residuales.

A mitad del siglo XIX, se inició la construcción de los sistemas de alcantarillado, pero el tratamiento de aguas residuales recibió pequeña atención. Debido a lo pequeño de sus ríos en longitud y caudal, la contaminación del agua, pronta se convirtió en un problema. Al principio, el tratamiento estuvo dirigido a evitar problemas con la industria y agricultura más que a los problemas de salud (Rojas, 2002).

Previo a la década de los 80, las tecnologías de depuración que se aplicaban a las pequeñas aglomeraciones eran mera reproducción, a menor escala, de las que se aplicaban en las grandes urbes, predominando la implantación de instalaciones basadas en la tecnología de aireación prolongada, que se disponían enterradas en las aplicaciones de menor tamaño. Carencias técnicas y económicas, para hacer frente a la correcta explotación y mantenimiento de este tipo de instalaciones, provocaron que un gran número de ellas quedasen fuera de servicio, o no cumpliesen con las expectativas previstas (Massa López, 1988).

Luego aparece otro tipo de tecnología alcanzando un mayor grado de implantación a nivel nacional siendo estos los Filtros de Turba, tratamiento anaerobio y los Lagunajes, y en menor medida, los Filtros Verdes. En la mayoría de los casos, estas instalaciones tampoco resultaron ser una opción válida (Andrés, A. y col., 1991).

El tratamiento anaerobio fue aplicado a las aguas residuales desde el siglo XIX, con el

desarrollo de la fosa séptica (1895) y del tanque Imhoff (1905). Más recientemente, varios autores han presentado argumentos y evidencias sobre la viabilidad del tratamiento anaerobio en las aguas

residuales (Jewell et al., 1981; Switzenbaum y Grandy, 1986; Jewell, 1987; Alaerts et al., 1993; Sperling, 1996; Lettinga et al., 1993).

El incremento de la carga contaminante industrial junto a deficiencias en el diseño, fueron las principales causas del mal funcionamiento de estas tecnologías de tratamiento (Rodríguez, 2012).

Actualidad

La pérdida de la calidad del agua debido al vertido de agua residual y al no cumplimiento de las leyes ha significado, entre otras cosas, la eutrofización de mares, ríos y lagos. Esto es, el acelerado crecimiento de microalgas debido al aumento de nutrientes en el agua, y los consiguientes efectos sobre la biodiversidad de estos sitios (Jordi, M. & Peñuela, G, 2009).

A fin de evitar estos problemas se idearon y llevaron a la práctica nuevos métodos de tratamiento intensivo. De este modo, se estudió la precipitación química, digestión de fangos, filtración intermitente en arena, filtración en lechos de contacto, aeración de aguas residuales, sedimentación y finalmente en 1912 se desarrolló del proceso de lodos activados (Rojas, 2002).

Llevándose a cabo estos métodos por diferentes etapas las cuales son:

Etapla preliminar: Este proceso cumple las funciones de regular y medir el caudal de agua que ingresa a la planta. Además, en este tratamiento se remueven los sólidos flotantes de gran tamaño, la arena y la grasa presentes en las aguas negras. Estos agentes indeseables son eliminados mediante un proceso de filtración, siendo este indispensable para el correcto desarrollo de esta etapa.

Etapla primaria: El objetivo de este tratamiento es la eliminación de los sólidos en suspensión. Este se realiza por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por sustancias químicas.

Etapla secundaria: Los objetivos principales de esta etapa es eliminar la materia orgánica en estado coloidal y en disolución a través de un proceso de oxidación de naturaleza biológica. También, la degradación de sustancias del contenido biológico presente en el agua residual causado por desechos humanos.

Etapla terciaria: Esta es la etapa final del tratamiento de aguas residuales. En ella se realizan una serie de procesos, entre ellos la

eliminación de agentes patógenos. Estos procesos aumentan a estándares requeridos la calidad del agua para ser descargada en mares, ríos, lagos y demás cuencas hidrográficas.

El bajo nivel de soluciones avanzadas en el campo de las aguas residuales indica que existe una necesidad urgente de investigación y nuevas tecnologías que mejoren el tratamiento de las aguas residuales. Además, los nuevos contaminantes emergentes evidencian que esta investigación es vital para comprender su naturaleza y las consecuencias que éstos tienen en los recursos hídricos y el medio ambiente, así como para conseguir su absoluta eliminación, permitiendo un uso seguro de las mismas.

Filtración por membranas: los avances en la tecnología de membranas no sólo han reducido los riesgos de salud y medioambiente asociados a las aguas residuales, sino que también han abierto nuevas vías como la reutilización potable. El uso de tecnologías de membrana (ósmosis inversa, microfiltración, ultrafiltración, etc.) es cada vez más común para el tratamiento terciario o avanzado, especialmente en los países desarrollados. Además, a medida que las membranas continúan mejorando y los costos operacionales disminuyen.

Los biorreactores de membrana (MBR): son una tecnología emergente, resultado de innovaciones de la separación por membranas, incorporándola al proceso de fangos activados. Actualmente, el número de plantas con tecnología MBR está en auge. Los MBR ofrecen ventajas tales como compacidad, flexibilidad y capacidad de operar de una manera totalmente fiable bajo control remoto.

Las celdas de combustible microbianas: esta innovación tecnológica, basada en procesos bio-electroquímicos, se comenzó a aplicar en el tratamiento de aguas residuales durante esta última década, con el fin de producir energía (corriente eléctrica) mediante la utilización de la digestión anaeróbica, la cual imita las interacciones bacterianas que se encuentran en la naturaleza. Esta tecnología puede reducir significativamente los costos del proceso de tratamiento y la cantidad de fangos sobrantes. Sin embargo, teniendo en cuenta los retos que plantea su aplicación práctica, se necesitan mejoras para superar las altas necesidades energéticas.

Los nuevos desarrollos en los procesos de tratamiento biológico: estos han resultado exitosos debido a la alta eficiencia y bajos costos de inversión y operación. Ejemplos incluyen procesos innovadores para eliminación de nitrógeno mejorado, así como procesos de cristalización mineral para la recuperación y reutilización del fósforo. Los procesos de tratamiento de los fangos granulares también están surgiendo mediante el uso de estructuras microbianas de ingeniería.

La nanotecnología: es un campo emergente y creciente con aplicaciones muy prometedoras en el tratamiento de aguas residuales, así como en la calidad del agua y el monitoreo de aguas residuales. En la actualidad, las aplicaciones de la nanotecnología en el tratamiento del agua y las aguas residuales se centran en la tecnología de maduración y demostración a gran escala.

Los sistemas innovadores de monitoreo y control de aguas residuales están encontrando aplicaciones en la mejora de tecnologías ya existentes: los avances tecnológicos más prometedores incluyen técnicas de monitoreo con nuevos sensores, dispositivos de telemetría computarizados y herramientas innovadoras de análisis de datos. La investigación en nuevos sensores y sistemas de control es uno de los campos que más avanza en la actualidad. Nuevos métodos para controlar el tratamiento de aguas residuales están introduciéndose continuamente, incluyendo aplicaciones móviles para operar (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) para el monitoreo en remoto y el control de los sistemas de aguas residuales.

Los sistemas de tratamiento natural :(sistemas de humedales) son cada vez más atractivos como soluciones naturales para complementar las limitaciones tecnológicas existentes.

El modelado: se ha convertido en un aspecto importante de los nuevos desarrollos de investigación en el campo de las aguas residuales, como conocimientos fundamentales sobre avances en microbiología y bioquímica, y la mejora de la capacidad computacional. El modelado no sólo permite la transferencia de conocimientos científicos a aplicaciones prácticas, sino que facilita la comunicación entre científicos e ingenieros a nivel mundial (Weerasekara, 2017).

La selección del proceso de tratamiento depende del uso al cual se le destinará al efluente tratado, la naturaleza del agua residual, la

compatibilidad de las distintas operaciones y procesos, los medios disponibles de evacuación de los contaminantes finales y la posibilidad económica de las distintas combinaciones. De un modo general, el tratamiento persigue evitar:

Daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua.

Daño a las aguas destinadas a la recreación y el esparcimiento.

Perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra.

Impacto al entorno ecológico.

El tratamiento de las aguas residuales ha sido una consecuencia del desarrollo de la civilización y que se caracteriza por el aumento de la densidad demográfica y expansión industrial. Las razones que justifican el tratamiento de las aguas residuales pueden ser resumidas como:

Razones higiénicas o de salud pública.

Razones económicas.

Razones estéticas.

Razones legales.

3. Conclusiones

El diseño y manejo de las plantas de tratamiento de aguas residuales requieren de una evaluación de la calidad de las aguas residuales.

Luego de haber pasado el tratamiento de las aguas residuales por una serie de transformaciones, este es realizado con el propósito de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radioactiva de los cursos y cuerpos de agua receptores. Existen, por ejemplo, numerosas técnicas para determinar la calidad de las aguas (filtración, sedimentación) y elementos y compuestos tóxicos que pueden tener, los micro contaminantes.

El cambio de imagen que experimenta las técnicas de tratamiento de residuales desde su implementación hasta la actualidad demuestra la solución aportada por esta área del saber a las consecuencias del proceso civilizatorio y que enriquecen la comprensión desde la perspectiva social. Analizar con los estudiantes en formación las

teorías que forman parte de los procesos que como futuros docentes puedan interesar en relación con estos temas.

Referencias

- Jover, J. N. (1999). La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. Ed. Felix Varela, La Habana.
- Nolasco, D. A. (2010). Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales, 1(1), 8-15.
- Ramalho, R. S. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Reverté.
- Pacey, J. W., & Pham, T. M. (1990). The predictiveness of bankruptcy models: Methodological problems and evidence. *Australian Journal of Management*, 15(2), 315-337.
- Lapeña, M. R. (1989). Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales (Vol. 27). Marcombo.
- Jordi, M., & Peñuela, G. (2009). Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas. Red Alfa Tecspar, Barcelona
- Andrés, A. S., Mercader, J. S., Mateu, F. T., Amorós, L. M. B., del Riquelme, M. L. P., Márquez, I. M., & Sandoval, J. F. O. (1991). Biomasa generada y depuración por lagunaje de aguas residuales urbanas. In *Agroenergética* (pp. 179-223). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (España).
- Jewell, W.J.; Switzenbaum, M.S.; Morris, J.W. "Municipal wastewater treatment with the anaerobic attached microbial film expanded bed process". *Journal WPCF*, Vol. 53 (1981), núm. 4: p. 482-490.
- Rodríguez, J. G. (2012). Desarrollo del Proyecto LIFE09 NAT/ES/000516 Conservación de *Oxyura leucocephala* en la Región de Murcia, España.

Weerasekara, P. (2017). The United Nations World Water Development Report 2017 Wastewater. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 5(2), 80-81.