

Experiencias de deficiencias en el diseño de humedales de tratamiento

Experiences about deficiencias designing treatment wetlands

Armando Rivas Hernández

Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Paseo Cuauhnáhuac N° 8532, Col. Progreso.
CP 62550. Jiutepec, Morelos. México. +52 777 363 5787 (E-mail: rivas.hz@gmail.com)

Palabras clave: aguas residuales, deficiencias de diseño, humedales de tratamiento.

Key words: wastewater, design deficiencias, treatment wetlands.

Introducción:

Son abundantes las fallas que se presentan en el diseño físico de los humedales de tratamiento. Una de las más recurrentes y que generan un mayor impacto negativo se refiere a su diseño, ya sea en su dimensionamiento o durante el diseño físico. Con base en numerosas visitas a humedales de tratamiento en operación, estimando el área de las instalaciones y obteniendo información de los datos de proyecto (calidad y cantidad de agua) se puede determinar que una gran cantidad de estos sistemas fueron subdimensionados, ya sea por insuficiencia de recursos económicos, de área disponible o por la inexperiencia para definir cuál de las ecuaciones de diseño es la más adecuada. Vymazal & Kröpfelová (2008), citan que a partir de las fórmulas disponibles se pueden obtener áreas que varían entre los 3 y los 5 m²/hab. En el manual de diseño de la EPA (2000) se muestra un ejercicio de dimensionamiento para cinco ecuaciones de diseño, donde con los mismos datos de proyecto el área menor calculada es de 1 420 m² y la mayor de 9 430 m². La pregunta es ¿Cuál de las fórmulas es la más adecuada para cada caso particular? Además, las constantes de las ecuaciones existentes fueron obtenidas bajo condiciones (técnicas, sociales, ambientales, clima, económicas y políticas) totalmente diferentes a las existentes en México, lo que limita su aplicabilidad en este país. Rivas (2011) diseñó dos humedales, con áreas per cápita de 2.8 y 3.0 m²/hab, y poblaciones de 1 200 y 3 400 habitantes, respectivamente. En uno de estos sistemas (donde el agua tratada cumple con los límites establecidos en la norma, en la modalidad de protección de la vida acuática en un clima templado) obtiene una constante de 0.167 d-1, para una carga orgánica de 15 gDBO₅/m² y una profundidad de operación de 0.5 m (Kadlec y Knight (1996) señalan cargas orgánicas de diseño de entre 8 y 12 gDBO₅/m², García *et al* (2004) de 4 a 6 gDBO₅/m², para humedales con profundidad entre 50-60 cm). Por lo anterior, se evidencia la necesidad de obtención de constantes cinéticas locales (México tiene 30 variables de clima), además la necesidad de apoyarse en personal con experiencia para el diseño de estos sistemas.

Por otro lado, la hidráulica del sistema no es menos importante que las constantes de diseño, lo que regularmente no se toma en cuenta en el diseño físico (las formas cuadradas generan altos porcentajes de zonas muertas en comparación con las formas alargadas, que reducen la dispersión y mejoran las eficiencias de tratamiento (Rivas *et al*, 2011).

Las consecuencias del subdimensionamiento son: obtención de sistemas sobrecargados (generación de mal olor), disminución de la eficiencia de remoción de contaminantes,

incumplimiento de las regulaciones normativas para descarga o reúso del agua tratada, afectación de las actividades productivas, daños a la salud, impactos negativos a la biodiversidad, la sustentabilidad y la resiliencia de los ecosistemas (daño y pérdida de la biodiversidad, especies en riesgo, especies enfermas, etc.).

Durante la obtención de los datos de proyecto es necesario un riguroso cuidado en todas sus etapas, por ejemplo, no es recomendable caracterizar la descarga en temporada de lluvias, ya que se incrementan los caudales y se diluye la carga orgánica, por lo que los valores así obtenidos generan dimensionamientos incorrectos. El mismo riesgo se presenta cuando se realiza la caracterización de la descarga durante días festivos o bien cuando hay deficiencias en el suministro de agua (se reducen los volúmenes y se incrementan las cargas orgánicas).

En los casos en los que el terreno disponible para instalar el humedal se ubica muy lejos de la población que genera el agua residual, la caracterización debe efectuarse al final del tubo colector, lo más cerca posible del terreno seleccionado. Con esto se evitarán las variantes (cargas orgánicas e hidráulicas) que pudieran presentarse durante la conducción; algunas de estas son: “desviación” del agua para otros fines, presencia de fugas o infiltraciones, cambio de calidad del agua producida durante su conducción por reacciones bioquímicas propias del tratamiento (especialmente cuando se presentan grandes longitudes del colector).

Los periodos de muestreo deben tener un mínimo de tres muestras compuestas para obtener una media que sea un poco más confiable. Debe evitarse el utilizar los resultados de poblaciones cercanas, ya que sin duda las caracterizaciones arrojarán resultados diferentes por las diferencias en actividades productivas, tipos de suelo, etc.

No es recomendable dimensionar para periodos largos de utilidad del sistema, por ejemplo 20 o 30 años, ya que la población proyectada pudiera variar significativamente de la población real. Es preferible diseñar de manera modular, por ejemplo, un dimensionamiento para la población actual, que de hecho corresponde al área objetiva de tratamiento, y dejar un área disponible para la ampliación del sistema, para las condiciones reales futuras, que incluirían información actualizada del agua residual (nuevas descargas producidas en la industria, turismo, restaurantes, talleres, hospitales, migración poblacional, etc.) que, sin duda, modificarán los datos del dimensionamiento.

Como se citó previamente, la geometría de los estanques juega un papel de suma importancia en la eficiencia de tratamiento, de tal modo que las formas cuadradas o las irregulares generan zonas muertas, reducen el tiempo de retención hidráulica, pueden generar mal olor y disminuyen la eficiencia. Este aspecto, dado que no está contemplado de manera directa en las fórmulas de diseño, debe de dársele especial atención. Peña et al (2003) cita estudios realizados mediante trazadores en diversos humedales con geometría cuadrada en donde el tiempo de retención hidráulico real no es mayor del 25% del tiempo teórico. García et al., (2003), concluyen que los humedales son más eficientes con una amplia relación ancho-largo, y con un menor tamaño de medio granular por reducir la dispersión externa. Rivas, *et al* (2009) obtienen eficiencias de remoción que cumplen con la norma para reúso del agua tratada en riego de áreas verdes con contacto al público (NOM-003-SEMARNAT-2017) y para el llenado de un lago con fines recreativos (paseo en pequeñas lanchas), en un humedal (combinado con lagunas), que mediante el uso de mamparas se genera un canal con una longitud total de 450 m y un ancho de 5m. Debe de tomarse en cuenta que a mayor

relación largo – ancho se incrementa el riesgo de acumulación de sólidos (taponamientos) en las zonas cercanas al afluente.

Uno de los principales problemas que se presentan durante la operación de los humedales es la colmatación del medio filtrante, lo que provoca flujos preferenciales y afectación de la eficiencia de tratamiento. En los humedales de flujo subsuperficial suelen producirse flujos superficiales y malos olores. De ahí la vital necesidad de diseñar y construir un pretratamiento (desarenador y rejillas) altamente eficiente. Se recomienda diseñar el desarenador con un factor de riesgo de entre el 25 y el 50% mayor que el dimensionamiento obtenido con las ecuaciones tradicionales. Igualmente se aconseja colocar dos o tres tipos de rejillas, en serie y con diferentes aberturas entre barras, con el propósito de reducir riesgos de taponamientos; de hecho, la última criba podría efectuarse mediante un tamiz para eliminar pequeños sólidos suspendidos o flotantes, como son las pequeñas semillas de diversos frutos. Es mucho más conveniente y sencillo removerlos desde esta unidad, que del interior del humedal.

Cabe señalar la importancia que representa el construir un tratamiento previo al humedal (tanque séptico, biodigestores, tanque Imhoff, RAFA's o lagunas anaerobias), que además de reducir el paso de sólidos hacia el medio filtrante, reducirán el área total requerida para el tratamiento.

En sistemas grandes se aconseja construir bordos con coronas con un ancho mínimo de 3 m para facilitar el paso vehicular. También se recomienda construir esquinas redondeadas para facilitar el tráfico en esas áreas.

Los humedales de tratamiento se construyen para profundidades de entre 0.6 y 0.3 m. Comúnmente se recomienda construirlos con una pendiente del 1 %, sin embargo, esto en humedales grandes no es conveniente, ya que en un humedal con una longitud de 100 m terminaría requiriendo una profundidad de 1.6 m, lo cual afectaría el funcionamiento del humedal, además de incrementar de manera dramática los costos y las labores de construcción. Los estanques pueden construirse en terrenos planos, solamente es necesario controlar los niveles de entrada y salida del agua. La gravedad y el tirante hidráulico propiciarán el flujo y desalojo del agua tratada.

Los humedales de tratamiento no requieren energía eléctrica para su funcionamiento, sin embargo, en los casos en que debido a la topografía se necesite bombeo es aconsejable instalar más de una bomba, con el objeto de tener una disponible para cuando se presenten fallas en una de las dos.

Es muy recomendable proteger los estanques mediante cunetas o canales para evitar que el agua superficial, por ejemplo, en temporada de lluvias, pueda ingresar al sistema afectando el balance hídrico e introduciendo azolves que taponen el medio filtrante.

Todos los sistemas de tratamiento deben incluir una estructura de derivación de caudal, ya sea para re direccionar parte del caudal en temporada de lluvias, o para realizar acciones de mantenimiento.

Se recomienda utilizar tuberías ranuradas (se pueden fabricar manualmente) para la distribución y recolección de caudal, ya que las perforaciones, aun cuando tengan diámetros de una pulgada, o un poco mayores, tienden a taponarse por la biopelícula que ahí se desarrolla.

En todos los casos es preferible utilizar especies vegetales existentes en la región, con el fin de propagar especies invasoras.

Conclusiones:

Son numerosas las experiencias de fallas en los humedales de tratamiento debido a errores en el diseño físico. Las causas pueden ser de varios tipos (ecuaciones de diseño, caracterización de la descarga y geometría incorrectas, inexperiencia de los diseñadores, etc.). Las consecuencias pueden ser múltiples (aumento de costos, dificultades para la operación y mantenimiento, incumplimiento de normas, daño ambiental y a la salud, etc.). La prueba y error ha generado conocimiento que permite obtener mejores y más eficientes diseños, por lo que es de gran importancia informarse de casos de estudio previos, o bien, solicitar la asesoría de personal con experiencia, con el fin de evitar fallas, reparaciones o rehabilitaciones costosas.

Bibliografía

EPA. Desing Manual, (2000).

García, J., Morató, J. y Bayona, J. (2004). Nuevos Criterios para el Diseño y Operación de Humedales Construidos. Ediciones CPET, Centro de Publicaciones de Campus Nord.

Kadlec, R. & Knight, R. (1996). Treatment Wetlands. Lewis Publishers. Boca Ratón. pp. 896.

Peña M., Restrepo I., Mara D. y Gijzen H. (2003). Evaluation of a Mexican wetland with the variants of subsurface horizontal flow and subsurface vertical flow. Aqua 2003 International Conference on Multiple Uses of Water for Life and Sustainable Development. WEMS No.11. The title belongs to Water and Environmental Management Series (WEMS). Publication Date: June 2006. Pages: 204 · ISBN: 1843395045 · Paperback · Publication Type: Books.

Rivas H. A., I. Barceló-Quintal and G. E. Moeller. (2011). Pollutant removal in a multi-stage municipal wastewater treatment system comprised of constructed wetlands and a maturation pond, in a temperate climate. Water Science & Technology 64.4.

Rivas H. A., Alarcón R. Y., Vidal T. J. M. y Figueroa G. N. E., (2009). Optimizing a pond system with constructed wetlands for public services reuse. 3rd Wetland Pollutant Dynamics and Control. Symposium WETPOL.

Vymazal, J, & Kröpfelová, L. (2008). Environment pollution 14. Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow. (Ed.) Springer. Pp. 566