

Hidráulica Agrícola y Saneamiento

Aguas Residuales

Palabras Clave: aguas residuales, aguas negras, contaminantes, planta de tratamiento, DBO.

Las aguas residuales son aquéllas que proceden del uso doméstico o industrial que no pueden ser vertidas a ríos o lagos debido a los problemas de salud, económicos o estéticos que podrían producir. Las aguas residuales comúnmente contienen sustancias orgánicas o inorgánicas potencialmente peligrosas, así como microorganismos patógenos. El tratamiento completo de las aguas residuales requiere tratamientos químicos y microbiológicos para eliminar o neutralizar los contaminantes.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales generalmente tratan tanto aguas de origen doméstico como las derivadas de la industria. Las aguas residuales domésticas son aquéllas resultantes de la limpieza y el aseo. Las aguas residuales de origen industrial incluyen las producidas por diferentes industrias como la petroquímica, alimenticias, plásticas, farmacéuticas, metalúrgicas, etc. No todas contaminan de la misma forma ni con los mismos contaminantes.

Las aguas residuales industriales pueden contener sustancias tóxicas que deben ser consideradas antes de ser tratadas como aguas residuales. El pretratamiento generalmente consiste en un proceso mecánico con el que se eliminan los residuos que pueden dañar el equipamiento de las plantas de tratamiento. Sin embargo, algunas aguas deben ser previamente tratadas biológicamente para eliminar sustancias tóxicas como el cianuro y los metales pesados. Estas sustancias se pueden convertir en otras menos tóxicas a través de la acción de microorganismos específicos capaces de neutralizar, oxidar, precipitar o volatilizar los residuos tóxicos o infecciosos.

El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es reducir la cantidad de materiales tanto orgánicos como inorgánicos a un nivel que no permita el crecimiento microbiano, así como la eliminación de los compuestos tóxicos que pudieran estar presentes.

La eficiencia del tratamiento se expresa en términos de reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno o demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad relativa de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos en la completa oxidación de toda la materia orgánica e inorgánica en una muestra de agua. Niveles altos de materiales orgánicos o inorgánicos oxidables resultan en una alta DBO.

Los valores normales en aguas residuales domésticas están en torno a 200 unidades de DBO. En el caso de aguas de origen industrial, por ejemplo las provenientes de la industria lechera, los valores pueden llegar hasta 1500 unidades de DBO. Un tratamiento eficaz reduce los niveles a menos de 5 unidades de DBO en el agua resultante del tratamiento.

Una planta típica de aguas residuales trata tanto las aguas domésticas como las industriales. El tratamiento es un proceso que se compone de múltiples etapas de carácter físico y biológico independientes. Tratamientos primarios, secundarios y, a veces, terciarios, se emplean para reducir la contaminación fecal y química del agua. Cada nivel de tratamiento emplea tecnologías más complejas y caras.

Se le llama *tratamiento primario* de aguas negras al proceso que se usa para eliminar los sólidos

40 de las aguas contaminadas; *secundario*, al que se usa para reducir la cantidad de materia
41 orgánica por la acción de bacterias (disminuir la demanda bioquímica de oxígeno) y *terciario*,
42 al proceso que se usa para eliminar los productos químicos como fosfatos, nitratos, plaguicidas,
43 sales, materia orgánica persistente, entre otros.

44 El tratamiento primario de las aguas residuales consiste en la separación física. El agua que
45 entra en la planta de tratamiento se pasa a través de una serie de cribas y filtros que eliminan
46 los objetos de gran tamaño. El líquido resultante se deja que se asiente durante unas horas para
47 permitir la sedimentación de sólidos

48 Los municipios que solamente proporcionan tratamientos primarios generan un agua extrema-
49 damente contaminada cuando el effluente es vertido en los ríos debido a la gran cantidad de
50 materia orgánica y otros nutrientes que permanecen en el agua después del tratamiento prima-
51 rio. Por ello la mayoría de las plantas dan un tratamiento secundario destinado a reducir la
52 carga orgánica del agua que se devuelve a la naturaleza. Los tratamientos secundarios están
53 íntimamente ligados a procesos microbiológicos.

54 Los tratamientos secundarios son procesos biológicos, en los que la depuración de la materia
55 orgánica biodegradable del agua residual se efectúa por la actuación de microorganismos (fun-
56 damentalmente bacterias), que se mantienen en suspensión en el agua o bien se adhieren a un
57 soporte sólido formando una capa de crecimiento

58 Los procesos biológicos pueden ser de dos tipos: aerobios y anaerobios; en general, para aguas
59 con alta carga orgánica (industrias agroalimentarias, residuos ganaderos, etc.) se emplean sis-
60 temas anaerobios y para aguas no muy cargadas, sistemas aerobios. En la práctica pueden
61 ser empleadas ambas técnicas de forma complementaria. Los tratamientos biológicos engloban
62 tanto el proceso de reacciones biológicas comentado, como la posterior separación de los fangos
63 por decantación. Entre las variables a controlar en estos procesos se encuentran la temperatu-
64 ra (en anaerobios esencialmente), oxígeno disuelto, el pH, nutrientes, sales y la presencia de
65 inhibidores de las reacciones.

66 El tratamiento secundario anaeróbico de las aguas residuales recoge una serie de reacciones
67 digestivas y fermentativas llevadas a cabo por bacterias y es empleado generalmente para tratar
68 aguas con gran contenido en materias orgánicas, tales como aguas provenientes de fábricas de
69 fibras, celulosa, alimentos o leche.

70 La descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire,
71 utilizándose reactores cerrados; en un proceso anaerobio, la mayoría de las sustancias orgánicas
72 se convierte en dióxido de carbono y metano. Los productos finales de la digestión anaerobia
73 son el biogás (mezcla gaseosa de metano, dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y sulfuro
74 de hidrógeno), que se puede aprovechar para la producción energética, y los lodos de digestión
75 (compuestos no biodegradables y biomasa).

76 El tratamiento secundario aeróbico de las aguas residuales elimina las partículas coloidales y
77 similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es
78 un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica
79 que llevan las aguas. Este proceso se suele hacer llevando el effluente que sale del tratamiento
80 primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos (microorganismos).
81 Estos tanques tienen sistemas de burbujeo o agitación que garantizan condiciones aerobias

82 para el crecimiento de los microorganismos. Posteriormente se conduce este líquido a tanques
83 cilíndricos, con sección en forma de tronco de cono, en los que se realiza la decantación de los
84 lodos. Separados los lodos, el agua que sale contiene muchas menos impurezas.

85 El Tratamiento terciario de aguas residuales consisten en procesos físicos y químicos especiales
86 con los que se consigue limpiar las aguas de los contaminantes: fósforo, nitrógeno, minerales,
87 metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que
88 los anteriores y se usa en casos más especiales: para purificar desechos de algunas industrias,
89 especialmente en los países más desarrollados, o en las zonas con escasez de agua que necesitan
90 purificarla para volverla a usar como potable, en las zonas declaradas sensibles (con peligro de
91 eutrofización) en las que los vertidos deben ser bajos en nitrógeno y fósforo, etc.

92 **Las principales técnicas son:**

93 *Arrastre con vapor de agua o aire:* denominados como procesos de “stripping”, para la elimi-
94 nación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), como disolventes clorados (tricloroetileno,
95 clorobenceno, dicloroetileno, etc.) o contaminantes gaseosos (amoníaco, etc.).

96 *Procesos de membrana:* en estos procesos el agua residual pasa a través de una membrana
97 porosa, mediante la adición de una fuerza impulsora, consiguiendo una separación en función
98 del tamaño de las moléculas presentes en el efluente y del tamaño de poro de la membrana.

99 *Intercambio iónico:* sirve para eliminar sales minerales, las cuales son eliminadas del agua resi-
100 dual que atraviesa una resina, por intercambio con otros iones (H^+ en las resinas de intercambio
101 catiónico y OH^- en las de intercambio aniónico) contenidos en la misma.

102 *Adsorción con carbón activo:* para eliminar compuestos orgánicos. Se puede utilizar en forma
103 granular (columnas de carbón activado granular: GAC) y en polvo (PAC)

104 *Procesos de oxidación:* sirven para eliminar o transformar materia orgánica y materia inorgánica
105 oxidable. Los principales procesos de oxidación se pueden clasificar en: -procesos convencionales
106 de oxidación: se usan como oxidantes ozono, peróxido de hidrógeno, permanganato de potasio,
107 hipoclorito de sodio, cloro y oxígeno. - Procesos de oxidación avanzada:

108 *Procesos de reducción:* para reducir elementos metálicos en alto estado de oxidación (reducción
109 de Cr^{6+} a Cr^{3+} mediante sulfito de sodio, tiosulfato de sodio, sulfato ferroso, etc.).

110 *Precipitación química:* se basa en la utilización de reacciones químicas para la obtención de
111 productos de muy baja solubilidad. La especie contaminante a eliminar pasa a formar parte de
112 esa sustancia insoluble, que precipita y puede ser separada por sedimentación y filtración.