

Programa Específico: Instalaciones hidráulicas y plantas potabilizadoras

TEMA 4: CONOCIMIENTOS SOBRE VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES Y ESTACIONES DEPURADORAS.

1.- MARCO LEGISLATIVO

Para definir con exactitud el concepto de “vertido”, tenemos que acudir en primer lugar al principal marco legislativo que lo ampara, el cual es:

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA). Títulos V, VI y VII.
- Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RDPH), aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. Capítulo II. De los vertidos dentro del título III.
- El Real Decreto 665/2023, de 18 de julio, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico
- Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental
- Real Decreto 1085/2024, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de reutilización del agua y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión del agua
- Orden AAA/2056/2014, de 27 de octubre, por la que se aprueban los modelos oficiales de solicitud de autorización y de declaración de vertido
- Orden TED/1191/2024, de 24 de octubre, por la que se regulan los sistemas electrónicos de control de los volúmenes de agua utilizados por los aprovechamientos de agua, los retornos y los vertidos al dominio público hidráulico
- DIRECTIVA (UE) 2024/3019 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de noviembre de 2024 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Pendiente de trasponer al ordenamiento español.

Es en el artículo 100 del TRLA donde se define el concepto de vertido como:

“A los efectos de la presente Ley, se considerarán vertidos los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada. Queda prohibido, con carácter general, el vertido directo o indirecto de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales o cualquier otro elemento del dominio público hidráulico, salvo que se cuente con la previa autorización administrativa.”

La actividad humana genera aguas residuales, las cuales han de someterse a un proceso de depuración antes de su vertido al medio receptor, con el objetivo de proteger la salud y garantizar la consecución de los objetivos medioambientales establecidos para la masa receptora.

Todo vertido de aguas residuales debe contar con la autorización de vertido correspondiente, que establecerá los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuenta las mejores técnicas disponibles y de acuerdo con las normas de calidad ambiental del medio receptor. Entre los condicionados de la autorización de vertido se incluirá la localización geográfica del punto de vertido, el caudal y los valores límite de emisión del efluente, la periodicidad en la que el titular debe evaluar el cumplimiento de los valores límite de emisión y demás condiciones del vertido, el plazo de vigencia (cinco años renovables, como norma general), el importe del canon de control de vertidos y, en su caso, el establecimiento de los programas de reducción de la contaminación y medidas para la regulación de los desbordamientos de los sistemas de saneamiento en episodios de lluvia.

Dentro de la definición de vertidos, según el artículo 245 del RDPH, podemos hacer una primera segregación en los siguientes grupos:

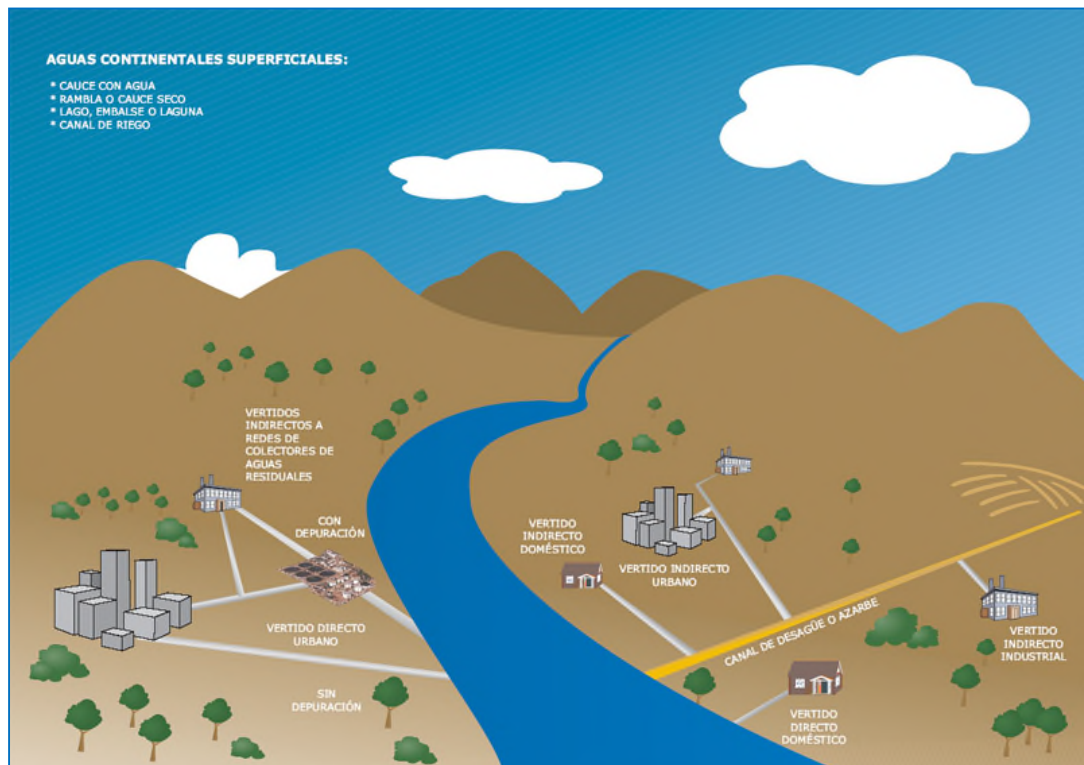
- Son vertidos **DIRECTOS** la emisión directa de contaminantes a las aguas continentales o a cualquier otro elemento del dominio público hidráulico, así como la descarga de contaminantes en el agua subterránea mediante inyección sin percolación a través del suelo o del subsuelo.
- Son vertidos **INDIRECTOS** tanto los realizados en aguas superficiales a través de azarbes, redes de colectores de recogida de aguas residuales o de aguas pluviales o por cualquier otro medio de desagüe, o a cualquier otro elemento del dominio público hidráulico, así como los realizados en aguas subterráneas mediante filtración a través del suelo o del subsuelo.

Además, existen una serie de casos especiales que merecen ser destacados:

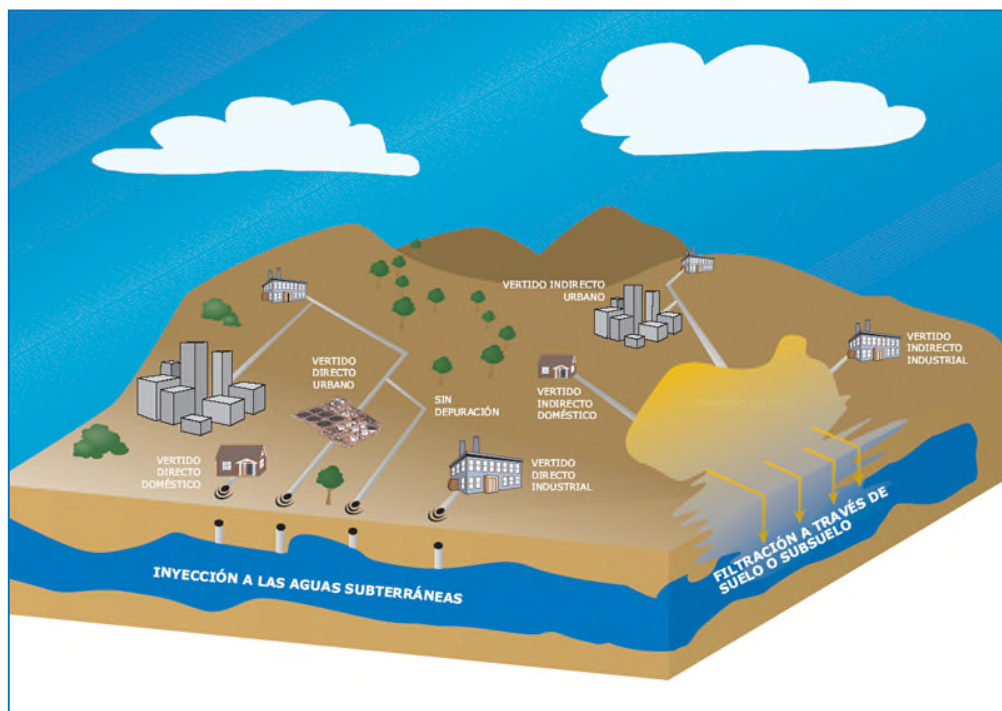
- **Vertidos a canales de riego:** se considera que los canales de riego transportan un elemento del DPH, el agua, proveniente por ejemplo de un cauce, lago, embalse o laguna, por lo que los vertidos a dichas conducciones son vertidos directos al DPH.
- **Vertidos a ramblas:** otro caso especial son los vertidos directos a ramblas, que tienen la doble consideración de vertidos directos (a aguas superficiales en las

épocas en que el cauce lleve agua, o al DPH en la época en la que el cauce se encuentre seco) y de vertidos indirectos a subterráneas.

- **Vertidos indirectos a las aguas superficiales con especial incidencia para la calidad del medio receptor:** de acuerdo con el art. 245.4 del RDPH, si los vertidos indirectos a las aguas superficiales conllevan una especial incidencia para la calidad del medio receptor (riesgo para el buen estado ecológico), en el caso de que por parte de los Órganos autonómicos o locales se comunique su existencia al Organismo de cuenca o éste detecte su presencia (identificación del vertido indirecto como causa de problemas en el medio receptor), han de ser informados favorablemente por el Organismo de cuenca previamente al otorgamiento de la preceptiva autorización por parte de los citados Órganos autonómicos o locales. En este informe favorable, debe tenerse en cuenta que el vertido de aguas residuales pueda ser tratado convenientemente en la EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) municipal si existe, y que el correspondiente Órgano autonómico o local cuente con el debido Reglamento u Ordenanza de vertidos.
- **Vertidos por desbordamientos del sistema de saneamiento en episodios de lluvia,** regulados en el artículo 259 ter y siguientes y Anexo XI de RDPH. Los puntos en los que una red de saneamiento desborde durante los episodios de precipitación deberán ser inventariados y contar con las instalaciones que permitan retener y evacuar adecuadamente hacia la estación depuradora de aguas residuales las primeras aguas de escorrentía generadas.



Vertidos directos e indirectos a las aguas superficiales



Vertidos directos e indirectos a las aguas subterráneas

El siguiente cuadro resume la competencia en el otorgamiento de las autorizaciones de vertido. Además de los vertidos directos e indirectos a las aguas continentales, superficiales y subterráneas (DPH), se incluyen los vertidos al dominio público marítimo-terrestre (DPMT), es decir los efectuados desde tierra al mar.

TIPO DE VERTIDO	DESTINO	ÓRGANO COMPETENTE	
		Cuencas intercomunitarias	Cuencas intracomunitarias
DIRECTO	aguas superficiales (cauces, canales de riego, subterráneas, etc.) o cualquier otro elemento del DPH	Organismos de cuenca	Administración hidráulica autonómica
	aguas subterráneas	Organismos de cuenca	Administración hidráulica autonómica
INDIRECTO	aguas superficiales (azarbes y canales de desagüe)	Organismos de cuenca	Administración hidráulica autonómica
	aguas superficiales (red de alcantarillado o de colectores)	Órgano autonómico o local competente	Órgano autonómico o local competente
	aguas subterráneas	Organismos de cuenca	Administración hidráulica autonómica
TODOS	aguas costeras y de transición (dominio-público marítimo-terrestre)	Órganos Autonómicos	Administración hidráulica autonómica

2.- PARÁMETROS CONTAMINANTES DE VERTIDOS

Los Controles y Análisis a que deben someterse las aguas vienen regulados en la legislación vigente y en la autorización de vertido otorgada.

Los Análisis pueden resumirse en: *Análisis Físico-Químicos y Análisis Bacteriológicos*.

Los puntos de muestreo suelen ser en la entrada y la salida de las instalaciones de depuración, aunque también pueden tomarse muestras en otros puntos del proceso de depuración para controlar el funcionamiento de los distintos tratamientos.

En cuanto a la periodicidad, ésta puede ir desde controles diarios para grandes poblaciones hasta controles mensuales en caso de pequeñas poblaciones.

La investigación de la contaminación de un agua residual recurre al uso de Índices de Contaminación como indicador relativo de la calidad de la misma.

Los Índices más utilizados:

Oxígeno disuelto (OD)

Es la fuente energética de los seres vivos. Se incrementa la cantidad de oxígeno en el agua por la captación a través de la superficie de interfase agua-aire y por la acción fotosintética, principalmente de las algas verdes. La cantidad disminuye por la respiración de los microorganismos, elevación de la temperatura, reacciones químicas y acción metabólica de los microorganismos regidos por la acción enzimática.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno, expresada en mg/l, consumida en condiciones de ensayo (20°C, Presión Atmosférica y oscuridad), en un tiempo dado, como consecuencia de la oxidación por vía biológica, de las materias biodegradables presentes en el agua residual. Refleja la materia orgánica que existe en el agua. Se suele adoptar la de cinco días DBO₅.

La capacidad de una EDAR es medida en habitantes equivalentes. Un h-e es la carga orgánica biodegradable al día, con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días de 60 g de oxígeno al día.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Su determinación es más rápida que la correspondiente a la DBO. La oxidación es activa sobre sales minerales oxidables, así como sobre la materia orgánica biodegradable. Se utiliza una sustancia oxidante como puede ser el dicromato potásico.

Sólidos en suspensión y contenido de materia orgánica.

Elementos en suspensión orgánicos e inorgánicos. Se definen los siguientes parámetros:

- Sólidos Totales (ST)
 - Sólidos en Suspensión (SS): Sedimentables (Ss) y No Sedimentables (Sc)
 - Sólidos Disueltos (SD)

A los sólidos inorgánicos se les denomina Sólidos Fijos (F) y a los Orgánicos Volátiles (V). Para su determinación se deseca la muestra a 103 °C. A 700 °C los orgánicos se volatilizan.

Carbono Orgánico Total (COT)

El Carbono Orgánico Total es un parámetro que se utiliza para valorar la calidad de las aguas de un determinado lugar. Se mide por la cantidad de dióxido de carbono que se genera al oxidar la materia orgánica en condiciones especiales.

Índices de Contaminación Bacteriana

La materia orgánica es un medio para el desarrollo de las bacterias. Para su determinación se han escogido microorganismos de origen humano y de fácil identificación.

Índices de los Vertidos Industriales.

Aparecen como tóxicos o inhibidores, que en ciertas proporciones impiden los procesos enzimáticos de los microorganismos, o incluso producen su muerte. Son muy numerosos: ácidos, básicos, petrolíferos, grasas, detergentes, metales pesados, fenoles, etc.

Nitrógeno

Se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco (fundamentalmente) y de nitratos y nitritos. Para su determinación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos.

Fósforo

En las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Para su determinación se emplean normalmente métodos espectrofotométricos.

Organismos patógenos

Virus, bacterias, protozoos y helmintos. Al ser muy difícil su aislamiento se emplean, habitualmente, los coliformes como organismo indicador.

Aceites y Grasas

El contenido en aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado, y la posterior evaporación del disolvente.

Contaminantes emergentes o prioritarios

También conocidos como microcontaminantes por su baja concentración en las aguas residuales. En este grupo incluye fármacos, plaguicidas, biocidas, aditivos, cosméticos, drogas y más recientemente los microplásticos. Para su determinación se emplean normalmente métodos de extracción en fase sólida y cromatografía líquida.

En la siguiente tabla se muestran valores habituales de contaminación de las aguas residuales urbanas:

	ALTA CONTAMINACIÓN	CONTAMINACIÓN MEDIA	BAJA CONTAMINACIÓN
SOLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/l)	300	250	100
DBO5 (mg O₂/l)	350	250	100
DQO (mg O₂/l)	1000	600	200
COT (mg/l)	300	150	100
Nitrógeno total (mg N/l)	90	50	25
Fósforo total (mg P/l)	15	10	5

3.- ESTACIONES DEPURADORAS Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales constan de tres elementos principales:

- Recogida y conducción de las aguas residuales hasta la estación de tratamiento.
- Tratamiento propiamente dicho de las aguas residuales en las instalaciones destinadas para ello.
- Evacuación de los productos resultantes del tratamiento: efluentes depurados, lodos y residuos urbanos.

Si nos centramos en las aguas residuales urbanas, atendiendo a su origen, las aguas residuales urbanas pueden estar compuestas en mayor o menor medida de:

- **Aguas residuales domésticas:** incluyen aguas de cocina, aguas de lavadoras, aguas de baño, aguas negras, etc.
- **Aguas residuales industriales:** resultantes de actividades comerciales o industriales que descargan sus vertidos a la red de alcantarillado municipal. Estas aguas presentan una composición muy variable dependiendo de cada tipo de industria.
- **Aguas de escorrentía pluvial:** en la mayoría de las ocasiones (sistemas de alcantarillados unitarios), las aguas de lluvia son recogidas por el mismo sistema de alcantarillado que se emplea para la recogida y conducción de las aguas residuales domésticas e industriales.

Los factores característicos a considerar en el agua a tratar:

- 1 Cantidad (caudal): función del número de habitantes, dotaciones y tipo de red (unitaria o separativa).
- 2 Calidad: fundamentalmente referida a DBO5, DQO, S.S., Nitrógeno y Fósforo, dependiendo del tamaño de la aglomeración urbana y del medio receptor.



De forma resumida, una Estación de Depuración de Aguas Residuales completa presenta el siguiente esquema que consta de 2 partes:

- **Línea de Agua:** donde se realiza el tratamiento de las aguas residuales propiamente mediante tratamientos físicos, químicos y en su caso, microbiológicos.

En la línea de aguas, existen distintos tipos de tratamiento, desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o térmicos. Los más usuales son:

- a) Pretratamiento: obras de llegada, desbaste, desarenado, desengrasado.
 - b) Tratamiento Primario: decantación primaria.
 - c) Tratamiento Secundario: tratamiento biológico y decantación secundaria.
 - d) Tratamiento Terciario: afino del resultado o como eliminador de nutrientes.
- **Línea de Fangos:** donde se tratan adecuadamente los fangos producidos durante la depuración de las aguas residuales. Suelen aparecer etapas de espesamiento, digestión de fango, acondicionamiento, secado y eliminación controlada o valorización, por ejemplo, en la agricultura. Las principales fases son:
 - a) Espesamiento: por gravedad o por flotación.
 - b) Estabilización: por Digestión Anaerobia o por Estabilización Aerobia.
 - c) Espesador Secundario: centrífuga o filtros banda.

- **Línea de gas:** en la digestión de fangos anaerobia se produce un gas (biogás o gas biológico) que tiene un contenido en metano de 65-70%. El resto son gases inertes, la mayoría CO₂. Este biogás puede servir para producir energía y convertirse en un valioso subproducto para la EDAR.
- **Línea de aire:** las instalaciones de mayor tamaño disponen de un sistema de ventilación para el tratamiento de olores que capta el aire en los puntos de mayores emisiones y lo conduce hasta el punto donde los compuestos que desprenden malos olores son retirados mediante tratamientos de tipo químico (adsorción por carbón activo y torres de lavado o scrubbers) o biológico (biotrikling o biofiltros percoladores).

Siguiendo el flujo que sigue el agua a la entrada de una EDAR, los tratamientos a los que se le somete se pueden dividir en:

- PRETRATAMIENTO
- TRATAMIENTO PRIMARIO
- TRATAMIENTO SEGUNDARIO
- TRATAMIENTO Terciario
- TRATAMIENTO CUATERNARIO

Vamos a verlos a continuación con un poco más de detalle:

PRETRATAMIENTO.

Las aguas residuales antes de su tratamiento, propiamente dicho, se someten a un pretratamiento, que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objetivo separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias, que, por su naturaleza o tamaño, pueden dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento.

Con el pretratamiento se elimina la parte de polución más visible: cuerpos voluminosos, trapos, palos, hojas, arenas, grasas y materiales similares, que llegan flotando o en suspensión desde los colectores de entrada.

El correcto diseño y posterior mantenimiento de la etapa de pretratamiento son aspectos de gran importancia, pues cualquier deficiencia en los mismos repercute negativamente en el resto de las instalaciones, originando obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc.

Dentro del Pretratamiento se incluyen las siguientes operaciones:

- Separación de grandes sólidos.
- Desbaste.
- Tamizado.
- Desarenado.
- Desengrasado.

Separación de grandes sólidos: cuando en las aguas residuales a tratar se prevea la presencia de sólidos de gran tamaño, o una excesiva cantidad de arenas, se recurre a

instalar en cabecera de la instalación de depuración un pozo de gruesos, que permita la separación de estos elementos.

Desbaste: el objetivo del desbaste es la eliminación de los sólidos de tamaño mediano-pequeño (trozos de madera, trapos, raíces, etc.), presentes en las aguas residuales, que de otro modo podrían deteriorar o bloquear los equipos mecánicos y obstruir el paso de la corriente de agua

Tamizado: tiene por objeto la reducción del contenido en sólidos en suspensión de las aguas residuales, mediante su filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso.

Desarenado: tiene por objetivo la eliminación de materias pesadas de tamaño superior a 0,2 mm, para evitar que sedimenten en canales y conducciones y para proteger a las bombas y otros elementos de la abrasión.

Desengrasado: en esta etapa se eliminan las grasas y demás materias flotantes más ligeras que el agua. Es necesario eliminar las grasas debido a los problemas que pueden ocasionar en las rejillas (obstrucción), en los decantadores (dificultan la sedimentación del fango) y en la depuración por el sistema de fangos activos (dificultan la aireación). Dentro de los desengrasadores se distingue entre los desengrasadores estáticos y los desengrasadores aireados.

TRATAMIENTO PRIMARIO.

Se entiende por tratamiento primario a aquel proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento.

La Directiva 2024/3019 sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas define Tratamiento Primario como *“el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o químico, o ambos, que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO 5 de las aguas residuales entrantes se reduzca por lo menos en un 20 % antes del vertido y los sólidos en suspensión totales en las aguas residuales entrantes se reduzcan por lo menos en un 50 %”*.

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica (al depositarse estas partículas de fango, arrastran al caer una cierta cantidad de bacterias, consiguiendo también una reducción de la DBO (30%) y una cierta depuración biológica).

La decantación primaria es un proceso que debe preceder siempre a un lecho bacteriano (eliminación de grasas y sólidos en suspensión), si bien es prescindible en fangos activos.

Los Tratamientos Primarios más habituales son la Decantación primaria y los Tratamientos fisicoquímicos.

Decantación primaria: su objetivo es la eliminación de la mayor parte posible de sólidos sedimentables, bajo la acción exclusiva de la gravedad. La retirada de estos sólidos es muy importante, ya que en caso contrario originarían fuertes demandas de oxígeno en el resto de las etapas de tratamiento de la estación.

Tratamientos fisicoquímicos: en este tipo de tratamiento, mediante la adición de reactivos químicos, se consigue mejorar la reducción de los sólidos en suspensión, al eliminarse, además, sólidos coloidales, al incrementarse el tamaño y densidad de los mismos mediante procesos de coagulación-floculación. Los tratamientos fisicoquímicos se aplican fundamentalmente:

- Cuando las aguas residuales presentan vertidos industriales que pueden afectar negativamente al tratamiento biológico.
- Para evitar sobrecargas en el posterior tratamiento biológico.
- Cuando se dan fuertes variaciones estacionales de caudal.
- Para la reducción del contenido en fósforo.

El tratamiento primario permite eliminar en un agua residual urbana aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO de alrededor del 30-35%.

TRATAMIENTO SECUNDARIO.

A raíz del aumento de las cargas contaminantes urbanas e industriales, frente al poder autodepurador de los cauces receptores, un pretratamiento e incluso una depuración primaria o física no son suficientes para poder realizar el vertido sin problemas.

La Directiva 2024/3019 define Tratamiento Secundario como *“el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya, por lo general, un tratamiento biológico con sedimentación secundaria, u otro proceso que reduzca la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales urbanas”*.

El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias), que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Una parte de la materia orgánica es oxidada por la flora bacteriana, que obtiene de esta forma la energía necesaria para el mantenimiento celular. De forma simultánea, otra fracción de materia orgánica se convierte en nuevo tejido celular (síntesis), empleándose para ello la energía liberada en la fase de oxidación.

Finalmente, cuando se consume la materia orgánica disponible, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para su mantenimiento. Este tercer proceso se conoce como respiración endógena.

El aporte de oxígeno para el mantenimiento de las reacciones de oxidación, síntesis y respiración endógena, se efectúa introduciendo oxígeno, generalmente en forma de aire, en los recipientes en que se llevan a cabo estas reacciones, recipientes que se conocen con el nombre de Reactores Biológicos o Cubas de Aireación. Los dos métodos más

habituales para el aporte de oxígeno a los reactores biológicos hacen usos de aireadores mecánicos o de difusores.

Para la separación de estos agregados, conocidos como lodos o fangos, el contenido de los reactores biológicos (licor de mezcla), se conduce a una etapa posterior de sedimentación (decantación o clarificación secundaria), donde se consigue la separación de los lodos de los efluentes depurados por la acción de la gravedad.

De los lodos decantados una fracción se purga como lodos en exceso, mientras que otra porción se recircula al reactor biológico, para mantener en él una concentración determinada de microorganismos.

El proceso descrito, que se conoce como proceso de lodos activos, no es el único que se puede utilizar como tratamiento secundario, ya que también es extendida la metodología de lechos bacterianos, siendo la diferencia principal que, en los lechos, los organismos están adheridos al medio de fijación y en ellos se recibe el material orgánico a transformar, mientras que en los lodos activos son los organismos los que buscan la materia orgánica de las aguas negras.

En ambos, se emplean cultivos biológicos para conseguir una descomposición aeróbica y oxidación de la materia orgánica, pasando a compuestos más estables. A continuación, se lleva a cabo una decantación denominada secundaria.

TRATAMIENTO TERCIARIO.

La Directiva 2024/3019 define Tratamiento Terciario como “*el tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante un proceso que reduce el nitrógeno o el fósforo, o ambos, en las aguas residuales urbanas*”.

Típicamente el tratamiento terciario ha sido aplicado por aquellas EDAR que vierten a zonas declaradas como sensibles.

El término de tratamiento terciario también ha venido utilizándose para los tratamientos avanzados, más rigurosos o de afino, como son los procesos adicionales para conseguir una mayor calidad del agua depurada y su reutilización.

Algunos de estos tratamientos son los siguientes:

Eliminación biológica de nitrógeno y fósforo: Con reactores biológicos secuenciados con zonas anaerobias, óxicas y anóxicas.

Eliminación química de fósforo: Para retirar el fósforo comúnmente se recurre a la precipitación química empleado sales de hierro y de aluminio.

Adsorción: Propiedad de algunos materiales de fijar en su superficie moléculas orgánicas extraídas de la fase líquida en la que se encuentran.

Cambio iónico: Consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua a tratar por otros que forman parte de una fase sólida finamente dividida (cambiador), sin

alterar su estructura física. Suelen utilizarse resinas y existen cambiadores de cationes y de aniones.

Procesos de separación por membranas: tanto mediante membranas semipermeables (procesos de ultrafiltración y ósmosis inversa) como mediante membranas de electrodiálisis.

De todas formas, en la mayoría de los casos el tratamiento terciario de aguas residuales urbanas queda limitado a una desinfección para eliminar patógenos, normalmente mediante la adición de cloro gas, en las grandes instalaciones, e hipoclorito, en las de menor tamaño. La cloración sólo se utiliza si hay peligro de infección. Cada vez más se está utilizando la desinfección con ozono que evita la formación de organoclorados que pueden ser cancerígenos.

Durante las últimas décadas, no obstante, ha crecido notablemente el interés por la eliminación del N (también, pero menos, el S y el P). Estos compuestos pueden provocar un crecimiento anormal de algas, plantas acuáticas y microorganismos de diferentes clases. Esto ejerce una fuerte demanda de oxígeno, la cual afecta negativamente la vida de los peces y tiene un negativo impacto en el uso de esa agua. A este fenómeno se le llama Eutrofización del agua. Es tal la preocupación por los efectos del exceso de nutrientes en el medio acuático que la reciente revisión de la normativa europea de tratamiento de aguas residuales urbanas añade la obligación de eliminar nitrógeno y fósforo en las depuradoras de más de 150.000 habitantes equivalentes.

Para la reutilización de las aguas residuales (que han de pasar a ser aguas regeneradas) es imperativo que haya un tratamiento terciario.

TRATAMIENTO CUATERNARIO.

A pesar de que los tratamientos primario, secundario y terciario ya eliminan algunos microcontaminantes, debe introducirse un tratamiento adicional que garantice la eliminación de un amplio abanico de los microcontaminantes.

La Directiva 2024/3019 introduce la definición del Tratamiento Cuaternario como *“el tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante un proceso que reduce un amplio abanico de microcontaminantes en las aguas residuales urbanas”*.

La nueva Directiva exige el establecimiento de zonas de riesgo y la aplicación de un tratamiento cuaternario en las depuradoras de más de 150.000 habitantes equivalentes, así como la responsabilidad ampliada de las industrias productoras de esta clase de contaminantes.

4.- LAS DEPURADORAS COMO FUENTE DE RECURSOS Y DE ENERGÍA.

La aplicación de los principios de la economía circular al tratamiento de las aguas residuales ha producido un cambio de paradigma respecto al tratamiento convencional de las aguas residuales, que actualmente ya no son consideradas como un residuo a eliminar, sino más bien como una potencial fuente de recursos reutilizables para diversos usos, así como una fuente de producción de energía.

Los avances tecnológicos actuales permiten el aprovechamiento del biogás que se produce en determinados procesos, como en los reactores biológicos de tipo anaerobio o en los digestores anaerobios de fangos. Mejorando la eficiencia de estos procesos se llega a conseguir que una planta depuradora sea excedentaria desde el punto de vista energético, es decir, que la planta puede generar más energía de la que consume.

Y no solo es posible diseñar plantas depuradoras con excedentes de energía, sino que determinadas técnicas de depuración, como las tecnologías de membranas, permiten alcanzar en las depuradoras unos efluentes de alta calidad que pueden ser reutilizados para usos ambientales, de regadío, industriales y otros usos urbanos.

Cada nuevo metro cúbico de agua depurada destinado a reutilización permitirá sustituir otro metro cúbico procedente de recursos superficiales o subterráneos, y cada kilowatio-hora que pueda aprovecharse del agua residual permitirá sustituir un kilowatio-hora producido en centrales térmicas de gas o de otras fuentes de energía no renovables.

El aprovechamiento de los lodos de depuración, una vez adecuadamente estabilizados, es muy extendido en el sector agrícola.

Además, están surgiendo nuevas tecnologías que permiten recuperar del agua residual recursos como fertilizantes de nitrógeno y fósforo, bioplásticos o proteínas para alimentación animal

Esta es la razón por la que el diseño de las depuradoras de aguas residuales convencionales está evolucionando hacia lo que se conoce con el nuevo concepto de *Green factory (Biofactoría)*, con la nueva concepción de las EDAR no como una instalación para la eliminación de contaminantes sino como una instalación para la recuperación de agua y recursos.

