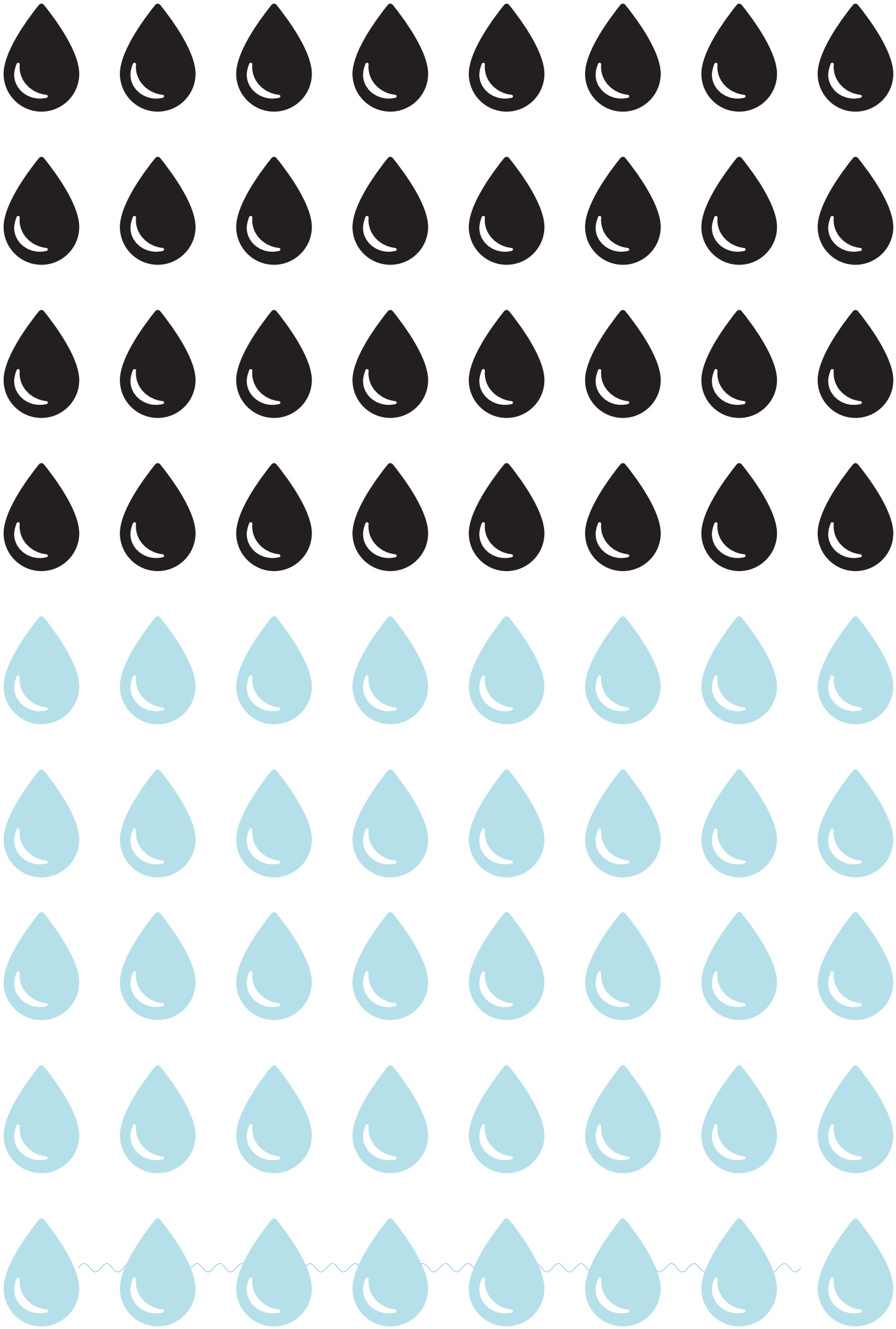
Agrupal
Agrupación de Empresas de Alimentación

esamur
Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia

Región de Murcia

GUÍA PRÁCTICA
PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA



GUÍA PRÁCTICA

PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Agrupal
Agrupación de Industrias Alimentarias

esamur
Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia

Región de Murcia

Coordinación de la Obra:
Agrupación de Industrias Alimentarias de Murcia, Alicante y Albacete – AGRUPAL

Entidad de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia- ESAMUR

Redacción:
Sandra Bueno Férez
Celia Del Cacho Sanz
Mercedes Garcia Yuste
Rafael Garrido Martinez
Jesús Saorín Guillamón

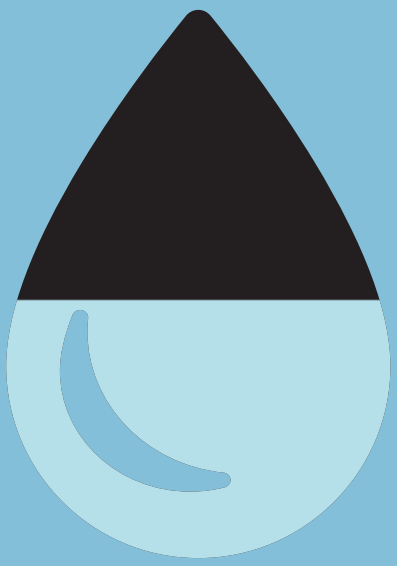
Colaboraciones:
Intecsa – Inarsa, S.A.
Juan Antonio Caballero Jiménez
Luis Miguel Martínez Martínez
Marín Giménez Hnos., S.A.
Mensajero Alimentación, S.L.
Consorcio de Depuración de Santomera, A.I.E.

Edita:
Agrupación de Industrias Alimentarias de Murcia, Alicante y Albacete – AGRUPAL

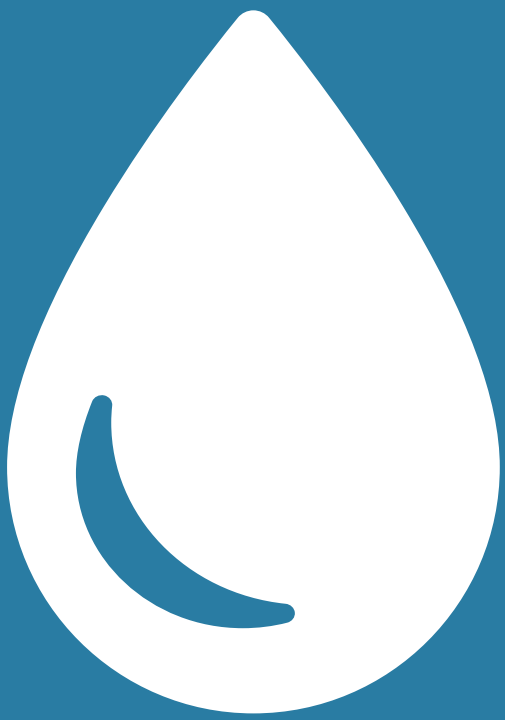
Depósito Legal: MU 731-2019

Esta publicación se realiza en el marco del Convenio de Colaboración suscrito entre la Agrupación de Industrias Alimentarias de Murcia, Alicante y Albacete – AGRUPAL y la Entidad de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia- ESAMUR para la mejora de las aguas de vertido procedentes de la Industria Alimentaria.

Fecha de publicación: Enero 2020.



1. Presentación 4
2. Protección de la salud y el medio ambiente 4
3. Condicionante de depuración en industrias 6
4. Elegir la solución adecuada de la depuración en industrias 6
5. Criterios económicos 8
5.1. Costes Inversión (CAPEX) 8
5.2 Costes Explotación (OPEX) 11
5.2.1. Gastos fijos 12
5.2.2. Gastos variables 14
6. Sectores de depuración aplicables en industrias 17
6.1. Sector vegetales: 20
6.2. Sector cárnicas: 23
6.3. Sector pescado: 27
6.4. Sector lácteo: 31
6.5 Sector licores: 33
6.5.1. Cerveceras 33
6.5.2. Bodegas vitivinícolas y alcoholeras 37
6.5.3. Almazaras 42
6.6. Sector golosinas - pastelería: 46
7. Tecnologías de depuración aplicables en industrias 47
7.1. Línea de agua. 47
7.1.1. Pretratamiento: desbaste, desarenado y desengrasado 49
7.1.2. Tratamiento primario: 50
7.1.3. Tratamientos de regulación, neutralización/homogeneización: 53
7.1.4. Tratamiento secundario: 54
7.1.5. Tratamiento terciario: 62
7.2. Línea de fangos: 66
7.2.1. Espesamiento 67
7.2.2. Estabilización 69
7.2.3. Acondicionamiento 71
7.2.4. Deshidratación 73
7.2.5. Evacuación 75
7.3. Línea de gas: 77
7.4. Línea de desodorización: 79
8. Obligación legal empresa y responsabilidad compartida. Marco normativo 80
9. Conclusión. 81
10. Anexos. 81
10.1. ANEXO I Marco normativo. 83
10.2. ANEXO II Mantenimiento 87
Bibliografía. 102
Glosario 103



Los objetivos que la Región de Murcia se planteó en materia de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales Urbanas hace algo menos de dos décadas, han sido totalmente alcanzados. Las aglomeraciones urbanas cuentan con tratamiento adecuado de sus aguas residuales, el río Segura ha sido ambientalmente recuperado y se reutiliza un importante volumen de agua regenerada.

Esta ingente tarea ha sido posible gracias a un decidido esfuerzo, plasmado en una normativa y en una planificación que ha impulsado la construcción de las infraestructuras necesarias, así como una adecuada organización y recursos suficientes para el mantenimiento y mejora de las instalaciones.

El canon de saneamiento, como tributo de carácter ambiental y finalista, se encarga de la recuperación de costes. Además, en el caso de las industrias se aplica un coeficiente corrector proporcional a la contaminación aportada, dando cumplimiento al principio europeo de "quien contamina más paga más". También se incentiva la depuración en origen a través de una bonificación del 20 % en el canon de saneamiento para aquellas empresas que cumplen los requisitos de depuración de forma continuada.

Las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales sólo pueden tratar aguas asimilables a urbanas. La industria, que por su proximidad a núcleos urbanos, puede conectarse a los sistemas de depuración debe realizar un tratamiento previo de sus aguas. En este sentido, la Región de Murcia también fue pionera regulando los Vertidos de Aguas Residuales Industriales al Alcantarillado mediante un Decreto autonómico, que sirve de marco para las ordenanzas municipales.

La industria en la Región de Murcia, y en especial la agroalimentaria, que utiliza grandes cantidades de agua en sus procesos productivos, ha realizado también un gran esfuerzo en este periodo de tiempo, adecuando de forma mayoritaria sus aguas con la implantación de tratamientos antes del vertido.

Resulta imprescindible que las industrias tengan criterios para elegir el tratamiento adecuado y que este funcione correctamente para cumplir con la normativa en materia de vertidos y no afectar negativamente a las EDAR urbanas. Y este ha sido uno de los objetivos de la colaboración entre AGRUPAL y ESAMUR.

Esta guía, que sin duda servirá para que la industria optimice el tratamiento de sus aguas, contribuirá también a que las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas continúen siendo una garantía de calidad del agua para usos medioambientales y reutilización, dentro de los principios de la Economía Circular.

Entidad de Saneamiento y Depuración
de Aguas Residuales de la Región de Murcia
ESAMUR

La Industria Alimentaria de la Región de Murcia tiene una innegable importancia en la economía Regional, Nacional e Internacional. Una industria dinámica, emprendedora y diversificada, pero también comprometida con su entorno y los recursos naturales del mismo. De esta forma podemos observar como las empresas fabricantes de productos alimentarios han implantado y disponen de sistemas de tratamiento y depuración de las aguas residuales generadas, haciendo suya la necesidad de contribuir a la mejora del medio ambiente y su entorno.

Encontramos en nuestra Región empresas fabricantes de muy diversos productos que tienen por tanto, necesidades distintas para el tratamiento de sus aguas de vertido. Esta diversidad nos exige un mayor esfuerzo para mejorar sus sistemas de depuración con el fin de optimizar estos procesos, y mejorar por tanto la calidad final de las aguas generadas en el proceso productivo con el fin de facilitar su mejor aprovechamiento por la sociedad contribuyendo por tanto a una economía circular.

Una incorrecta depuración de las aguas residuales, o una depuración insuficiente de las mismas puede causar daños al medio ambiente y suponer riesgos para la salud pública. Es por esto que la Industria Alimentaria somete sus aguas de vertido a una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que tienen como objeto conseguir unos niveles adecuados a la legislación vigente y que no supongan ningún tipo de riesgo para su ecosistema.

Si bien el proceso de depuración de las aguas de vertido es llevado a cabo en las empresas por personal y departamentos con una elevada cualificación y conocimiento, fruto de la experiencia y la formación especializada y específica recibida, en ocasiones encontramos que existen procedimientos y sistemas aplicados en algunas industrias, sectores y/o depuradoras, que aplicados a otros sectores o incluso empresas permiten mejorar la calidad de las aguas de vertido generadas, facilitando por tanto su reutilización y depuración a través de la Red de Depuración de la Región de Murcia, contribuyendo a la utilización de menores recursos para el tratamiento de estas aguas, optimizando las actividades de depuración que hasta el momento se habían llevado a cabo.

Existen grandes diferencias entre las diversas instalaciones de depuración existentes en las empresas, debido a los productos fabricados, tamaño de las instalaciones, volumen de agua depurado, etc., por este motivo se ha decidido desarrollar esta Guía atendiendo a las necesidades de diversos Subsectores de la Industria Alimentaria. Esto no impide sin embargo que las distintas empresas puedan beneficiarse de las experiencias y tecnologías aplicadas por otras instalaciones, poniendo en valor las distintas técnicas existentes y contribuyendo por tanto a una mejora global en la depuración de las aguas generadas por el sector de la transformación de Alimentos, posibilitando su reutilización especialmente en el sector agrícola, al que facilita un recurso complementario para paliar el déficit estructural de agua disponible para regadío.

Esta guía pretende ante todo ampliar el conocimiento sobre los distintos fundamentos existentes en la depuración de aguas residuales de la Industria Alimentaria, incluyendo conceptos como el mantenimiento, características constructivas, aplicación de tecnologías, etc., que seguro contribuirán a la mejora de la gestión de las aguas de proceso en este sector.

Agrupación de Industrias Alimentarias de Murcia, Alicante y Albacete – AGRUPAL

2. PROTECCIÓN DE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Aguas residuales industriales.

Son aguas contaminadas por actividades de origen antropogénico industrial o comercial y luego liberadas al alcantarillado, medio ambiente o reutilizadas. Estas aguas son tratadas en la estación depuradora de aguas residuales industriales o EDARI. Los efectos negativos, son la disminución del oxígeno de las aguas, aporte excesivo de nutrientes, aparición de fangos y flotantes, propagación de organismos patógenos, olores desagradables, eutrofización del medio receptor, etc.

Parámetros básicos de las aguas residuales en la industria alimentaria.

DBO5 (mgO_2/l), DQO (mgO_2/l), SS (mg/l), Nt (mg/l), Pt (mg/l), aceites y grasas, tensioactivos, pH, conductividad (µS), turbidez (NTU), toxicidad.
Valor de conversión, Habitante equivalente (h-e).

Contaminación promedio.

Dotación y carga contaminante por h-e /día.
Lo primero que hay que establecer son las dotaciones en alta y baja, para cada uno de los meses o trimestres de producción, siendo bastante variable el volumen del agua según las campañas y estacionalidad.

Los habitantes equivalentes, están basados en la DBO5: 60 gr/ (hab·día). Unidades: gr/día.

La depuración.

Se realiza de forma ordenada y secuencial en las distintas líneas de tratamiento.

Línea de agua:

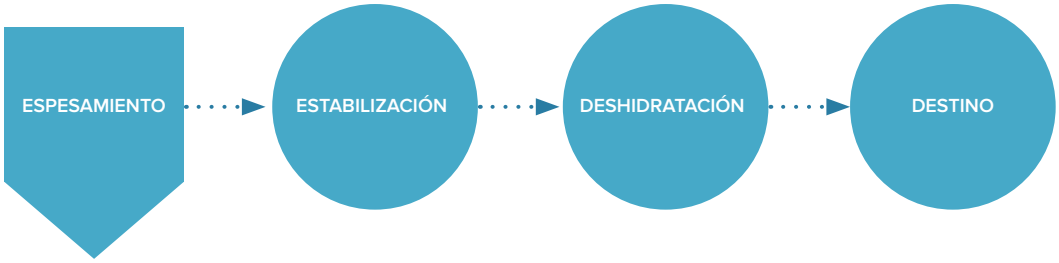
- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

Figura 1. Línea de agua

Línea de fango:

- Espesamiento
- Estabilización
- Acondicionamiento
- Deshidratación
- Cogeneración

Figura 2. Línea de fango



3.
CONDICIONANTE DE DEPURACIÓN EN INDUSTRIAS

> Industrias de pequeño tamaño, aisladas y dispersas.

> Escasos recursos económicos y técnicos.

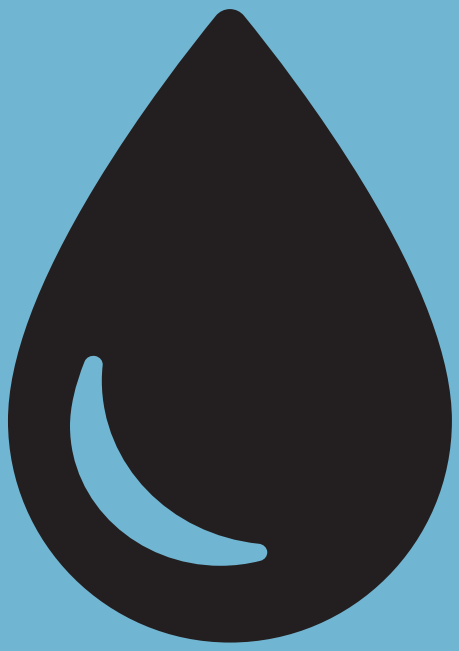
> Ubicación en zonas protegidas.

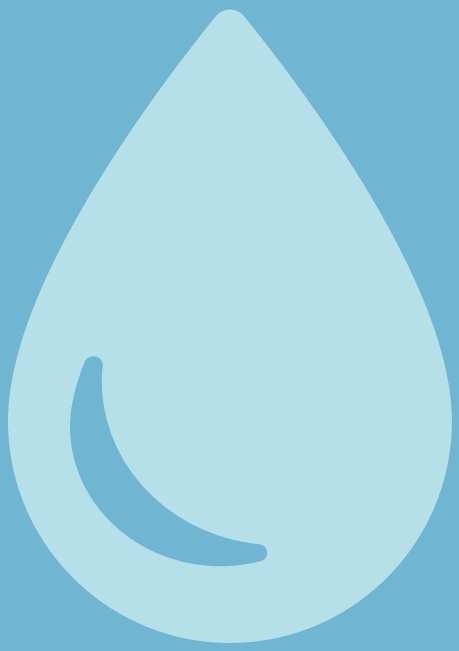
> Características de los vertidos de las industrias.

· Variabilidad de caudal y carga.
Oscilaciones diarias de caudal variaciones estacionales (campañas).

· Calidad.
Menor dilución del contaminante.

· Impacto ambiental.
En especial en zonas de alto valor ecológico.





4.
ELEGIR LA SOLUCIÓN ADECUADA DE LA DEPURACIÓN EN INDUSTRIAS

Partiendo del grado de tratamiento en las industrias.

Depende de los estudios previos adecuados de caudales, carga contaminante, alternativas posibles en el diseño y dimensionado de los sistemas de depuración de grandes industrias.

Nos podemos encontrar instalaciones POCO o NADA adecuadas para que cumplan los parámetros de vertido.

Requisitos de las tecnologías de depuración industrial.

- Tecnologías que requieran un mantenimiento sencillo.
- Costes mínimos de implantación y explotación, englobando consumo energético, elementos electromecánicos y reactivos químicos.
- Simplicidad en la gestión de los lodos generados.
- Sistemas robustos. Capaces de autorregularse (caudal y carga).
- Integración ambiental.

Criterios de selección:

Criterios técnicos:

- Tamaño de la industria.
- Superficie disponible.
- Naturaleza del agua residual (industria y campaña).
- Flexibilidad y adaptación de la capacidad de tratamiento.
- Meteorología.
- Gestión de fangos generados.
- Complejidad en la explotación y mantenimiento.

Criterios ambientales:

- Calidad requerida del efluente.
- Producción de olores.
- Generación de ruidos.
- Integración paisajística.

Criterios económicos:

- Coste inversión (CAPEX).
- Coste explotación (OPEX).

CRITERIOS APLICABLES

A continuación, se hace un desglose de todos los procesos pasando a desarrollar los más utilizados en este tipo de industria y en esta zona geográfica (Región de Murcia)

Línea de agua:

Pretratamiento:

- · Desbaste.
- · Desarenado (si procediese).
- · Desengrasado.

Tratamiento primario:

- · Fosa séptica.
- · Tanque Imhoff.
- · Decantación primaria.
- · Flotación.

Tratamientos de regulación, neutralización/homogeneización.

Tratamiento secundario:

- · Tecnologías extensivas. Lagunajes, humedales, filtros de arena, etc. Tecnologías intensivas. Aireación prolongada, (UASB), rectores secuenciales (CBR), ultra/microfiltración sistema MBR, lechos bacterianos, contactores biológicos rotativos (CBR), etc.

Tratamiento terciario:

- · Desinfección U.V.
- · Dosificación reactivo (cloro, dióxido · de cloro, ozono, peróxido...)
- · Etc.

Línea de fango:

- · Espesado.
- · Estabilización.
- · Acondicionamiento.
- · Deshidratación.
- · Destino.

Línea de gas:

- · Cogeneración

Línea de desodorización.

5. CRITERIOS ECONÓMICOS

Es obvia la importancia del factor económico en el diseño de cualquier construcción, por lo que se debe hacer un estudio independiente.

La infraestructura que supone la ejecución de una E.D.A.R. tiene una componente "estática" o inicial (terrenos, obras de conexión con servicios e infraestructura existente y obras para la depuración propiamente dicha) y otra "dinámica" o continuada (sistemas electromecánicos, que exigen un mantenimiento para asegurar su funcionamiento eficaz). Este último componente, comporta unos gastos anuales de explotación que se sitúan frecuentemente en un 10-15% del valor total de la inversión inicial realizada. Ello obliga a la consideración conjunta de ambos tipos de costes (**inversión y explotación**) con el objetivo final de garantizar un equilibrio económico entre ingresos y gastos en el ciclo del agua.

5.1 COSTES INVERSIÓN (CAPEX)

Cuando se evalúa el importe total previsible correspondiente a la implantación de una nueva depuradora deben considerarse una serie de costes que, atendiendo a la diversidad de sus leyes de variabilidad, pueden clasificarse en cuatro grupos:

5.1.1 ESTUDIOS PREVIOS.

5.1.2 TERRENOS (OCUPACIÓN Y SERVIDUMBRES).

5.1.3 OBRAS DE CONEXIÓN CON SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA EXTERNOS.

5.1.4 OBRAS E INSTALACIONES DE DEPURACIÓN.

5.1.1 ESTUDIOS PREVIOS.

En este apartado se recogen los trabajos previos que deben realizarse para definir la tipología y características técnicas de la depuradora, la ubicación de esta y todo aquello necesario para iniciar la construcción de esta infraestructura.

Entre los numerosos costes incluidos en este apartado se pueden resaltar los siguientes:

- Evaluación de la contaminación actual y futura.
- Determinación de caudal y contaminantes del agua a tratar.
- Selección del tipo de depuradora.
- Adoptados los datos de diseño, conocidas las características del agua residual y fijados los rendimientos que se deben garantizar se define el tipo de depuradora. Esto es, tipología de proceso tanto en la línea de agua como de fangos, esta última condicionada por la calidad esperada de los mismos y destino que se les dará.

- Tramitación medioambiental.
- La construcción de estas infraestructuras está sometida a la Declaración de Impacto Ambiental (D.I.A.)
- Redacción del proyecto.
- Realización proyecto y estudios complementarios necesarios tales como, el estudio geotécnico y topográfico de los terrenos, etc.

5.1.2 TERRENOS.

La elección de la ubicación de una depuradora obedece a criterios de carácter muy variado y contrapuesto. Se ha de considerar y es aconsejable para evitar posibles molestias a la población su localización en áreas alejadas del núcleo urbano actual y futuro.

Se puede hacer una valoración estimada, como previsión inicial y con un amplio margen de error, indicando que el coste de la adquisición de los terrenos podría suponer entre el 3 y 5% del coste total de la depuradora. Este coste es función de dos parámetros: superficie requerida y precio unitario del suelo.

Se adjunta tabla donde se hace una estimación de según el tipo de tratamiento la superficie que se requeriría:

TIPO DE TRATAMIENTO	***SUPERFICIE UNITARIA (m^2/h-e)***
Filtro verde	20
Lagunaje natural	10
Lechos de turba	2
Lagunas aireadas	2,5
Biodiscos	0,4-1 (con depósito anaeróbico de fangos)
Filtros biológicos	0,2-1 (con depósito anaeróbico de fangos)
Aireación Prolongada	0,4-0,8 (incluso 0,25 de eras de secado)

***Tabla 1**. Estimación superficie unitaria y precio procesos EDAR*

5.1.3 OBRAS DE CONEXIÓN CON SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA EXTERNOS.

En este concepto pueden incluirse obras tales como los colectores de agua bruta o emisarios de agua tratada, las líneas de alimentación eléctrica, la acometida de agua potable y la conexión con el sistema viario de la instalación.

Los costes estimados se sitúan entre el intervalo entre el 5 y 20% de la inversión total de la depuradora.

5.1.4 OBRAS E INSTALACIONES DE DEPURACIÓN.

La inversión correspondiente en este punto no depende solo de valores intrínsecos (Habitante equivalente, tipología de los procesos elegidos, calidad para equipos y materiales, etc.) sino de otros condicionantes externos que eventualmente pueden influir muy notablemente:

- Características geotécnicas del terreno de implantación (nivel freático, tipo de cimentación...)
- Situación del mercado de la construcción civil. Con el fin de completar este apartado se adjunta la siguiente tabla con los desgloses por tipo de tratamiento, diferenciando entre la obra civil (OC) y los equipos mecánicos (EM).

	E.D.A.R.	***DISTRIBUCIÓN DE COSTES***		
Capacidad (h-e)	**Tipología**	**Concepto**	**OC/EM %**	**Fracción**
10.000-25.000	· Precipitación química en primarios (Q)	Línea de agua	40/60	53
	· Fangos activos (FA)	Línea de fangos	30/70	25
	· Digestión aerobia (a)	Auxiliares	78/22	22
		TOTAL	46/54	100
35.000-70.000	· Precipitación química en primarios (Q)	Línea de agua	42/58	50
	· Fangos activos (FA)	Línea de fangos	34/66	27
	· Digestión aerobia (a)	Auxiliares	77/23	23
		TOTAL	48/52	100
70.000-300.000	· Precipitación química en primarios (Q)	Línea agua	51/49	46
	· Fangos activos (FA)	Línea de fangos	29/74	36
	· Digestión aerobia (a)	Auxiliares	90/10	18
		TOTAL	49/51	100

***Tabla 2**. Costes de obra civil en función del nº de habitantes equivalentes.*

TRATAMIENTO	***CAPACIDAD E.D.A.R.***			
	10.000-70.000		**70.000-300.000**	
	Fracción %	**OC/EM %**	**Fracción %**	**OC/EM %**
Pretratamiento	15	40/60	11	35/65
Dec. Primaria	7	75/25	6	80/20
Físico Químico	13	40/60	9	45/55
Aireación	20	50/50	23	60/40
D. Secundaria	8	70/30	7	75/25
Estabilizac. Fangos	20	50/50	27	40/60
Deshidratac. fangos	17	30/70	17	35/65
Total	100	47/53	100	49/51

***Tabla 3**. Equipos mecánicos por precios unitarios.*

E.D.A.R.		*DISTRIBUCIÓN INVERSIÓN EQUIPOS*	
Capacidad (h-e)	**Tipología**	**Concepto**	**Fracción %**
10.000-25.000	Q,FA,a	Electricidad	17
		Control	4
		Resto de equipos	33
		TOTAL	54
35.000-70.000	Q,FA,a	Electricidad	14
		Control	5
		Resto de equipos	33
		TOTAL	52
70.000-300.000	Q,FA,d	Electricidad	9
		Control	6
		Resto de equipos	36
		TOTAL	51

Tabla 4. *Distribución de costes por equipos.*

5.2 COSTES EXPLOTACIÓN (OPEX)

En todo coste de explotación de una planta depuradora, se ha de hacer una distinción inicial entre:

Gastos fijos. Independientes del caudal de agua tratado: Incluirán los gastos de personal, mantenimiento y conservación, gastos de oficina, laboratorio, seguros.

Gastos variables. Directamente dependientes del caudal: Se incluyen, energía eléctrica, productos químicos, material fungible de laboratorio, reactivos, retirada y disposición de residuos, agua potable.

5.2.1 GASTOS FIJOS

PERSONAL

Este concepto de gasto es uno de los de mayor peso. Varía en función de distintos factores:

- Tipo de explotación. Plantas individuales o en conjunto.
- Distribución de las instalaciones en la planta.
- Grado de automatización.
- Tipo de proceso.
- Organización de mantenimiento correctivo y preventivo.
- Antigüedad de las instalaciones
- Formación y productividad del personal.
- Normas sociolaborales (seguridad y salud, convenios, etc.)

Hablar de la organización del personal o de su especialización profesional, es necesario, sobre todo, en el caso de la gestión de grandes depuradoras o de un conjunto de otras menores.

El personal en la explotación de estas plantas se les puede dividir en las siguientes áreas:

- Operación.
- Mantenimiento y conservación.
- Laboratorio.
- Otros servicios (jardinería, limpieza, etc.)
- Administración.
- Dirección de planta.

Para la determinación de la plantilla necesaria se debe realizar un exhaustivo estudio de:

- Los trabajos que se precisan llevar a cabo en la explotación.
- Tiempos requeridos para su ejecución.
- Simultaneidad y cualificación del personal responsable
- Turnos de vigilancia
- Presencia mínima por motivos de seguridad.
- Descansos, vacaciones, bajas por enfermedad
- Horas anuales de trabajo según convenio.

A efectos indicativos y como primera aproximación para la determinación de la dotación de personal para la explotación y mantenimiento de una EDAR se suele adoptar la siguiente formula de la E.P.A. “Enviromental Protection Agency” para plantas de pequeño y mediano tamaño:

TIPO DE TRATAMIENTO	***NÚMERO DE EMPLEADOS***
Sólo con tratamiento primario	$0{,}24*10^{-3}*Q+3{,}25$
Con tratamiento secundario	
Lechos bacterianos	$0{,}31*10^{-3}*Q+2{,}59$
Fangos activos	$0{,}51*10^{-3}*Q+2{,}38$
Con tratamiento terciario	$0{,}52*10^{-3}*Q+5{,}48$

Donde Q= Caudal diario en m^3/día.

Tabla 5. *Dotación de personal.*

El coste del personal representa entre el **30-50%** del coste total de explotación.

MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

En este concepto se incluyen todos los costes relacionados con el mantenimiento y conservación de las instalaciones.

- Adquisición de repuestos.
- Reparaciones en talleres externos/depuradora con personal externo.
- Equipamiento de talleres y almacén propios.

El cálculo del coste:

- Estudio para cada equipo.
- Coste anual del mantenimiento del conjunto del equipamiento electromecánico, 2,5% del coste de adquisición.
- Obra civil y edificación coste anual. 0,35% del coste de construcción
- Reposición de las instalaciones.
- ontrol de la vida media de equipos mecánicos (8-14 años)
- Control de vida media de los equipos de control y automatización (4-8 años).

El coste total del mantenimiento y conservación oscila entre el **4-7%.**

DIRECCION, ADMINISTRACIÓN, CONTROL Y GASTOS GENERALES

Se incluyen:

- Administración. Material de oficina, comunicaciones, gastos materiales, etc.
- Control: material de laboratorio (reactivos, material fungible, etc.)
- Medios de transporte.
- Costes que afectan al personal: vestuario, formación, servicio médico, etc.
- Costes generados por el cumplimiento de las normativas de seguridad y salud laboral.
- Seguros.
- Otros costes menores.

El coste global de los conceptos incluidos en este apartado oscila entre el **6-8%.**

5.2.2 GASTOS VARIABLES

ENERGÍA

Su coste es muy importante y previsiblemente se incrementará. Este coste es fundamentalmente variable en función del caudal y características del agua de entrada.

El consumo varía en función de los distintos procesos de depuración como se indica en la siguiente tabla:

	MENOR CONSUMO	MAYOR CONSUMO
Línea de agua	Biodiscos, lechos bacterianos	Fangos activos
	Aireación por burbuja	Aireación por turbinas de superficie.
	Eliminación química de fósforo	Eliminación biológica de fósforo
	Existencia de tratamiento fisicoquímico previo	Eliminación biológica de nitrógeno
	Gran tamaño E.D.A.R.	Pequeño tamaño
Línea de fango	Espesado por gravedad	Espesado por flotación
	Estabilización química	Estabilización biológica
	Digestión anaerobia	Estabilización aerobia
	Secado natural	Secado mecánico

Tabla 6. *Gastos variables*

Producción de energía con el biogás generado.

Como "ratio" de consumos eléctricos habituales y englobando toda esta diversidad se pueden adoptar estos:

- 0,35 - 0,80 kWh/m^3 de agua tratada
- 0,90 - 2,0 kWh/Kg. de DBO5 eliminada.

Destacar que en todo momento se ha de evaluar el optimizar el consumo energético de la planta al suponer el 20-30% del coste total de la explotación. Aspectos para la optimización energética:

- Control diario de los ratios eléctricos (Kwh/m^3); Kwh/Kg. de DBO5 eliminada, Kwh/d, Kwh/hora bombeo, Kwh/m3 bombeo.
- Controlar el maxímetro diariamente. La diferencia de la Potencia Contratada se factura x 3 veces.
- Controlar el funcionamiento de los equipos de mayor potencia a lo largo del día.
- Determinar si se puede disminuir el número de horas de trabajo de los equipos. Poner las horas máximas en el momento de Valle, o Periodo de menos coste correspondiente.
- Controlar la Reactiva diariamente, para evitar el cobro de exceso en recibo.
- Líneas de investigación. Mejoras energéticas, mejoras de mantenimiento, etc.

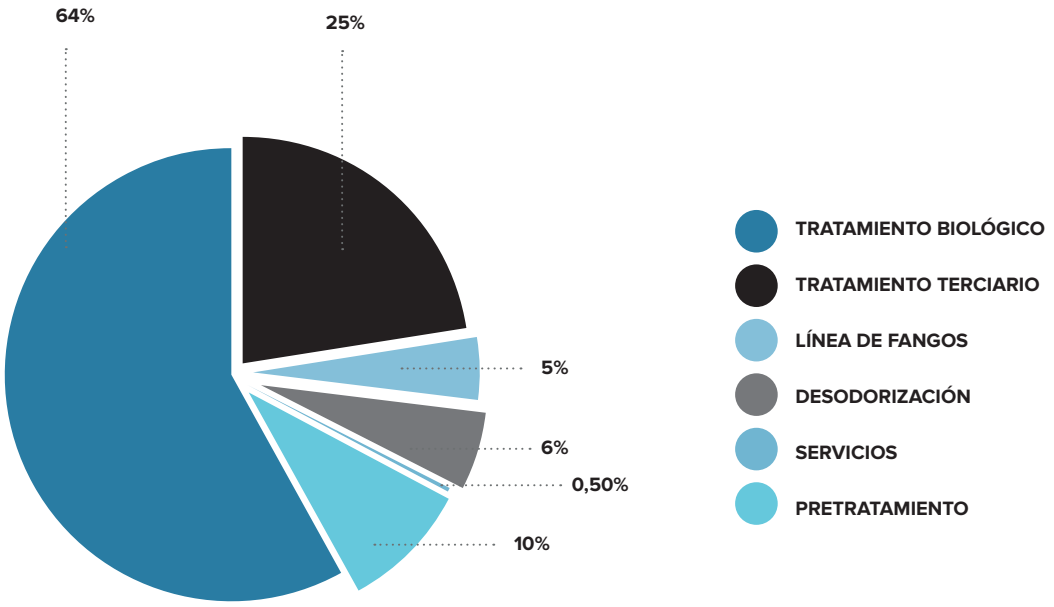


***Gráfico 1**. Porcentaje consumo kWh/d procesos EDAR.*

REACTIVOS

Estos costes son muy variables en función de que exista o no tratamiento físico-químico en la línea de agua, estabilización química en los fangos, etc.

DOSIS MEDIAS		
Reactivo	**Precio medio €/kg**	**Con tratamiento biológico posterior (gr/m³)**
Cal	0,07	0 - 150
Cl_3Fe (comercial)	0,16	50 - 90
Polielectrolito aniónico	2,6 – 3,8	0,3 – 0,6

Tabla 7. *Dosis medias*

Estabilización química de fango:

- Dosis de cal utilizada del orden del 25-50% de la materia seca del fango.
- En el polielectrolito catiónico utilizado en la deshidratación de los fangos puede situarse entre 4 y 6 kg / tonelada de materia seca de fango deshidratado con un coste medio de 3,8 €/kg del reactivo.

El coste de reactivos en la explotación se sitúa entre el **4** y el **15%** según los procesos existentes en la depuradora.

EVACUACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE FANGOS Y RESIDUOS.

Los residuos producidos en una depuradora pueden agruparse en estos apartados:

- Arenas y flotantes eliminados en el pretratamiento.
- Materiales retenidos en el desbaste de agua y tamizado de fangos frescos (detritus).
- Lodos procedentes del proceso de depuración.

En este apartado se incluyen los costes del transporte, cánones o tasas de vertederos de los lodos a su destino final:

> Aplicación agrícola directa.

> Plantas de compostaje o secados térmicos.

La calidad de los lodos determina su destino final, siendo el coste de la retirada muy diferente si su destino es a agricultura o a vertedero o a destrucción térmica.

De forma global en la siguiente tabla se reflejan los costes de evacuación de fango, dependiendo del punto de aplicación, distancia a los vertederos etc.

El peso relativo en los costes globales de explotación se podría situar entre el 8-20%

DISPOSICIÓN FINAL. COSTES EVACUACION FANGO (€/T)	
Aplicación directa a la agricultura	10-20
Compostaje	22-40
Secado Térmico	40-80
Vertedero	30-60

Tabla 8. *Costes evacuación fango €/T*

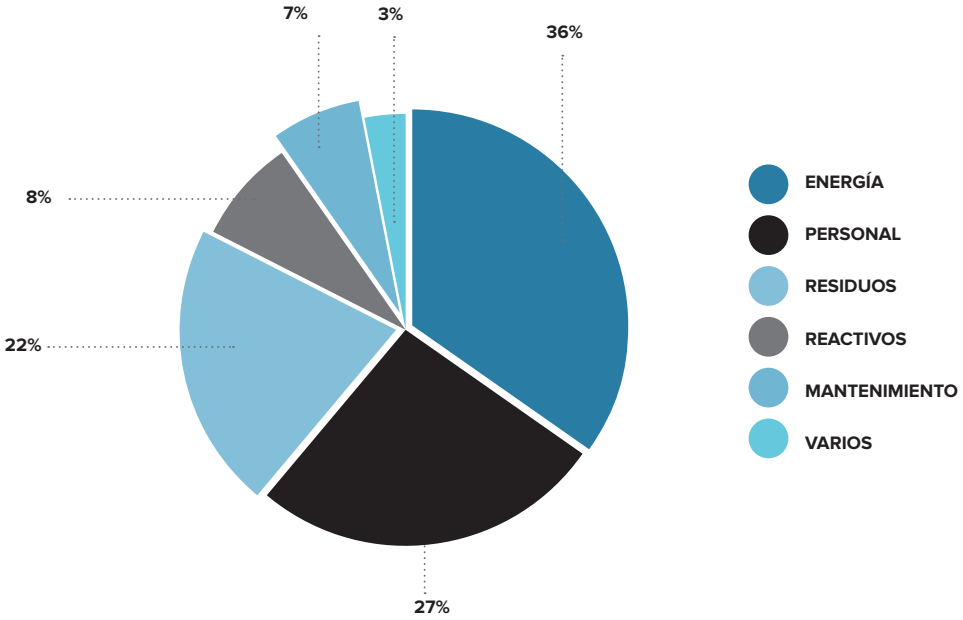


Gráfico 2*. Porcentaje consumo % procesos EDAR.*

6. SECTORES DE DEPURACIÓN APLICABLES EN INDUSTRIAS

En este sector de la alimentación aparece como parte de la elaboración del producto, la generación de residuos y aguas residuales. Dentro del apartado de aguas residuales hay que considerar el volumen o caudal que se genera en las distintas industrias, siendo condicionado por el sector en el que estemos trabajando (*vegetales, cárnicas, lácteos, licores, etc.*) y las campañas de mayor producción como es el caso de las empresas del sector de vegetales en particular, como consecuencia del elevado consumo de agua. Un porcentaje elevado del consumo de agua se vierte en forma de aguas residuales (el restante se incorpora al producto y en procesos muy puntuales, se pierde en evaporaciones). El sector tiene como punto más significativo la variabilidad y estacionalidad de sus aguas residuales.

En el caso de las campañas, viene condicionado por la disponibilidad de las distintas materias primas a lo largo del año. En un mismo sector se pueden dar varias etapas de fabricación diferentes, provocando cambios en los consumos de agua y afectando a las características de sus aguas residuales.

En los últimos años, numerosas empresas de este sector se han esforzado en reducir el consumo de agua, y han invertido en sistemas que permiten su reciclaje y / o reutilización. A pesar de ello, la cantidad que se continúa consumiendo es importante, lo que hace necesario seguir insistiendo en la concienciación empresarial, con el objetivo de cuidar este bien tan preciado que es el Agua e incrementar el respeto al Medio Ambiente, además del ahorro económico que supone la disminución de su consumo.

Es importante que puedan ser recicladas y reutilizadas de nuevo en los procesos, y garantizar el verterlas a la red de saneamiento dentro de los parámetros legales establecidos.

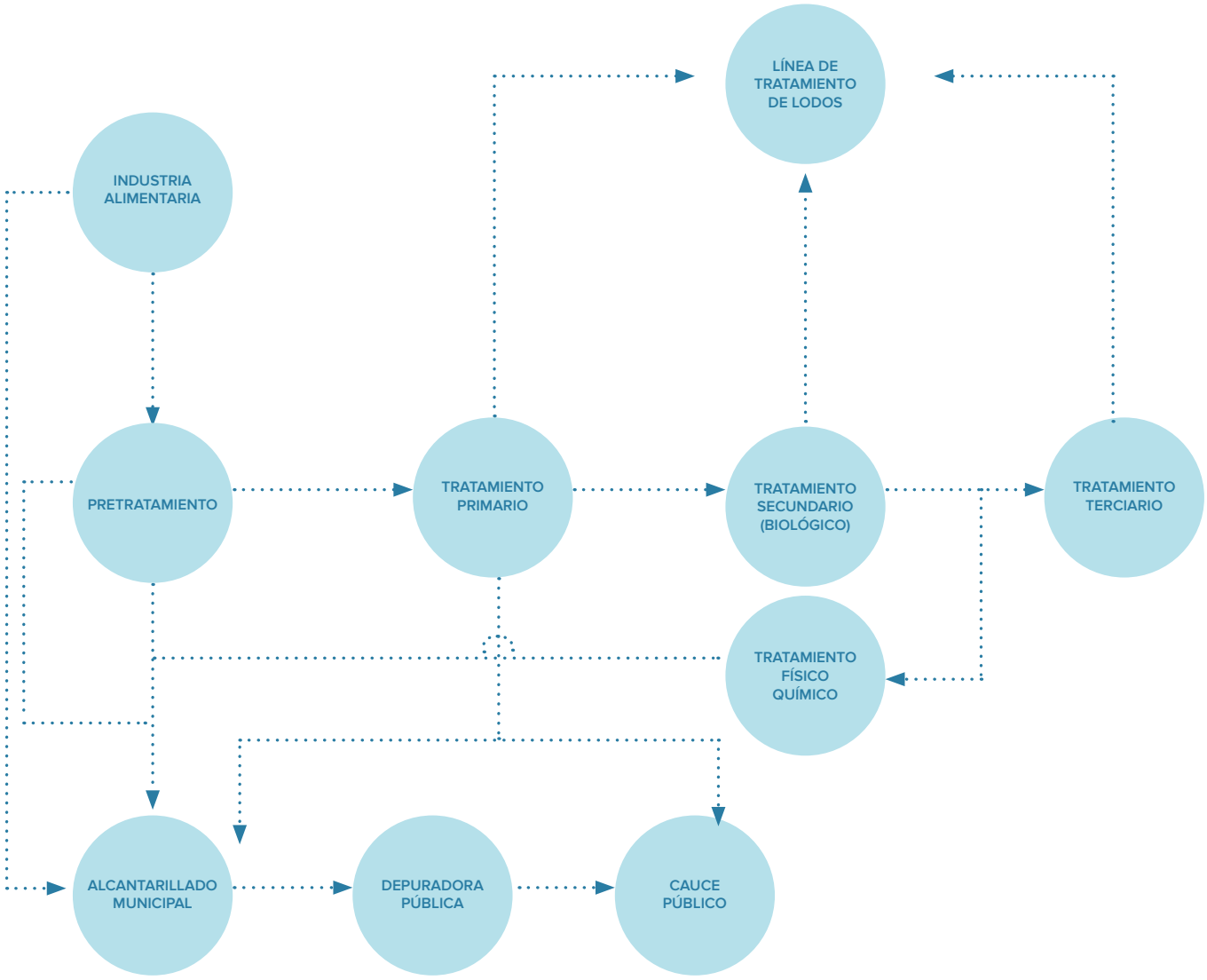


***Figura 3**. Ejemplo de un diagrama de tratamiento de aguas residuales.*

A) Sector vegetales:

Soluciones de Comidas Congeladas
Conservas Vegetales
Concentrados y Cremogenados para Zumos
Comerciales Hortofrutícolas / Centrales Hortofrutícolas
Ingredientes Alimentarios / Especias y Condimentos
Alimentación Infantil
Alimentación Dietética
Frutos Secos

Encurtidos
Aceitunas
Central de Cítricos
Patatas Congeladas
Legumbres Secas
Arroces
Harinas

B) Sector cárnicas:

Soluciones de Comida Congeladas
Industria Cárnica
Elaborados Cárnicos
Salas de Despiece
Jamón Curado
Huevos

C) Sector pescado:

Soluciones de Comida Congeladas
Elaborados de Pescado Refrigerados
Acuicultura
Comerciales Pescado Fresco
Productos del Mar Congelados
Salazones de Pescado
Conservas de Pescado

D) Sector lácteos:

Leche Líquida
Lácteos (Genérico)
Quesos
Yogures y Postres

E) Sector licores:

Cerveceras
Mostos
Vinos
Licores

F) Sector almazaras y salsas:

Vinagres y Aliños
Salsas
Aceites
Almazaras

G) Sector golosinas - pastelería:

Golosinas
Helados
Cafés y Sucedáneos
Confitería
Pastelería y Bollería

6.1 SECTOR VEGETALES

Consumos de agua

Principal punto de consumo es el **lavado del producto**. En el caso de los vegetales está entorno al **50% del total**. Hay que tener en cuenta que el consumo son las aguas de limpieza, escaldado, refrigeración, etc.

Puede darse que existan puntos que sean susceptibles de reutilizar el agua (esterilización, lavado, etc.), en este caso se deberá estudiar la viabilidad higiénica y económica, pudiendo afectar al producto en cuanto a calidad y seguridad alimentaria.

Indicar que, del agua consumida en el proceso productivo, la mayor parte es vertida una vez utilizada y tan solo en algunos casos se incorpora al producto final.

PRODUCCIÓN	*Consumo de agua (m^3/t producto)*
Conservas vegetales	3.5-6.0
Congelados vegetales	5.0-8.5

Tabla 9. *Consumo de agua en industrias de transformación vegetales (documento BREF, Banco Mundial (IBRD) UNEP UNIDO.*

Cargas contaminantes

La carga contaminante de los vertidos de las empresas del sector se compone de materia orgánica y sólidos en suspensión (en su mayoría), la presencia o concentración depende entre otras cosas:

- La materia prima, presentación final que se le dé al producto (congelado, concentrado, etc.).
- Tipo de industria (multi producto o no), sistema de producción empleado, nivel de producción.
- Análisis de contaminantes, los parámetros como DBO (demanda bioquímica de oxigeno), DQO (demanda química de oxígeno) y sólidos en suspensión (SST), conductividad y pH variables en función de los procesos de limpieza, en el caso de vegetales y frutas, si se utiliza pelado alcalino.
- La contaminación se incrementa con el escaldado y la limpieza de las instalaciones. El escaldado, es el agua que se carga de materia orgánica, (DQO), debido a la disolución de sustancias como azúcares, almidones y productos orgánicos solubles procedentes de las hortalizas.

Según la materia prima utilizada, estos son los niveles de contaminación que se pueden encontrar en el vertido:

MATERIA PRIMA	*DQO (mg/L)*	*SS (mg/L)*
Melocotón	4.000-5.000	500-1.000
Tomate	2.000-3.000	500-1.000
Champiñón	2.000-3.000	800-1.000
Alcachofa	600-1.000	100-500
Col, brocoli, berza	600-1.000	100-500
Judía verde	2.000-3.000	300-700
Guisante	8.000-10.000	1.000-2.000
Alubia	3.000-4.000	300-700
Habas	1.000-2.000	1.000-2.000
Alubia	8.000-10.000	1.000-2.000
Garbanzo	7.000-8.000	500-1.000
Esparrago	600-1.000	100-500
Pimiento	1.000-2.000	200-500
Maíz	10.000-12.000	1.000-3.000
Patata	10.000-12.000	1.000-3.000

Tabla 10. *Niveles de contaminación de las aguas residuales en el sector de conservas vegetales.*

Tratamiento de las aguas residuales

La variabilidad en los parámetros de vertido es muy alta (valores de DQO entre 600 y 12.000 mg DQO/l y de Sólidos en suspensión entre 100 y 3.000mg/l) y se pueden considerar los siguientes **sistemas de tratamientos** que se adapten a las características generales de las aguas residuales que sirvan de orientación para que este tipo de industrias desarrollen unos sistemas más adecuados a los vertidos que generan:

***Pretratamiento*:** Desbaste para eliminar o reducir los sólidos en suspensión (gruesos y finos). Los más utilizados son:

- Tamices rotativos.
- Tamices de escalera.
- Tamices estáticos.

Homogeneización.

Sistema de neutralización: En el caso de que se generen vertidos con pH extremos como consecuencia del pelado químico de la materia prima.

Tratamiento físico/químico.

Tratamiento biológico: Este es el punto más importante del tratamiento. La materia orgánica se encuentra en forma soluble (azucares, alcoholes y ácidos grasos) esta debe eliminarse de forma biológica. El estudio previo y la elección adecuada, nos condicionara el diseño y la operación del reactor biológico. Los más utilizados son:

- SBR
- Aireación prolongada
- MBR

Relación DBO5/DQO Grado de biodegradación.

Si DBO5/DQO < 0,2 Poco biodegradable.

Si 0.2 < DBO5/DQO < 0,4 Biodegradable.

Si DBO5/DQO > 0,4 Muy biodegradable.

Grado de biodegradabilidad según relación entre la DBO5 y la DQO (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

6.2 SECTOR CÁRNICAS

Consumos de agua

Los mataderos consumen agua en gran cantidad, desde el remojo y lavado del ganado, pasando por el lavado de camiones, de los canales y subproductos, suelos, y sobre todo para la limpieza y esterilización del equipo y de las áreas de proceso, ya que la prevención y contención de los desechos de la carne y de los subproductos es una necesidad de higiene pública.

Del agua consumida en el proceso productivo, la mayor parte es vertida una vez utilizada (80 y el 95 %).

INDUSTRIA	PROCESO	PRODUCTO FINAL
Matadero	Sacrificio de animales	Carne fresca
Matadero **Sala de despiece**	Sacrificio Despiece	Carne fresca en canal y en piezas.
Matadero **Sala de despiece** **Elaborados cárnicos**	Sacrificio Despiece Elaborados	Carne fresca con mayor o menor grado de despiece y productos cárnicos.

Tabla 11. *Tipos de industria según procesos de carne.*

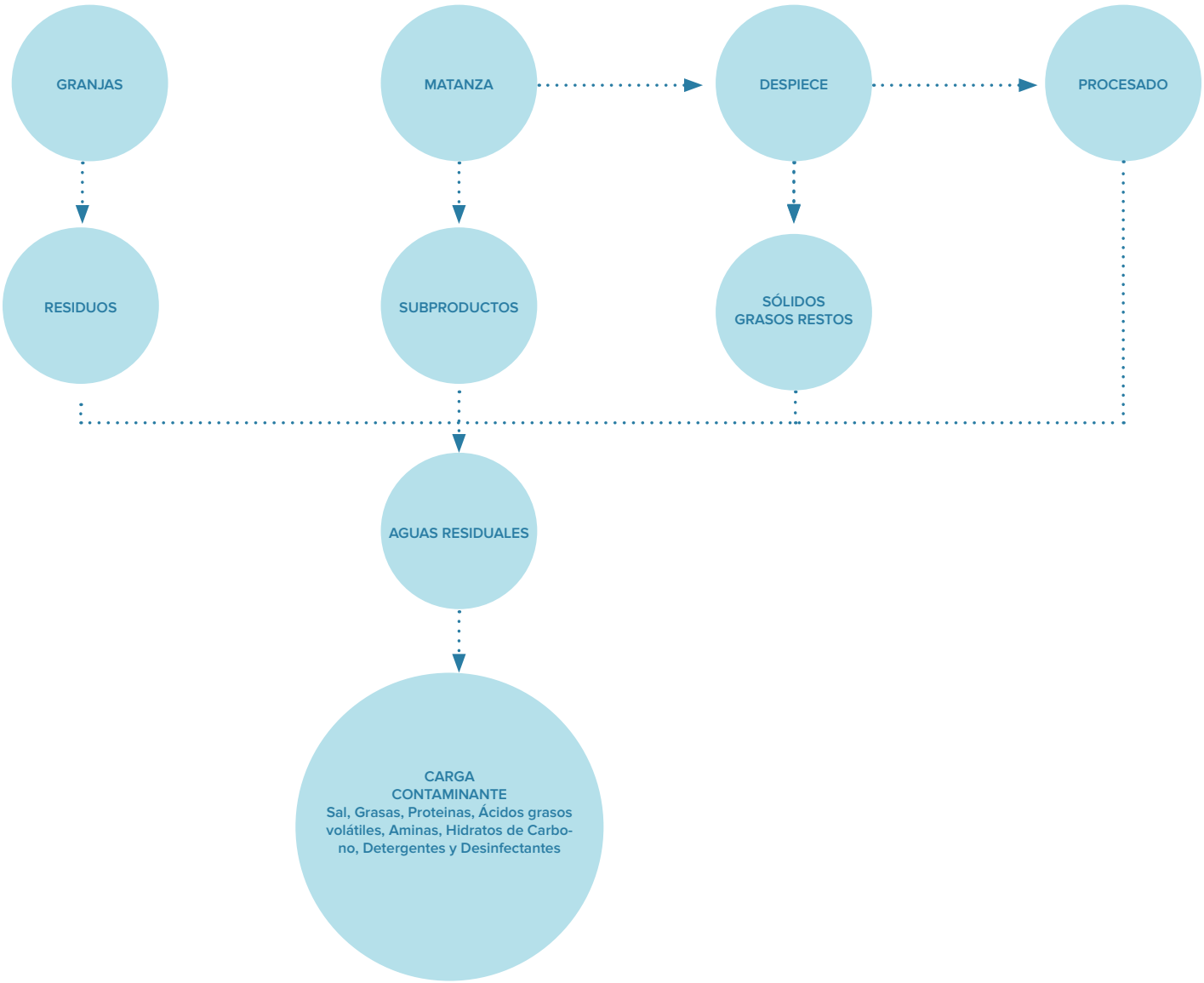


Figura 4. *Ejemplo de un diagrama de generación de residuos en una industria cárnica.*

El consumo de agua en industria cárnica se encuentra en un intervalo de 1.09-5.67 siendo el promedio 4.46 m^3/Tm (peso del canal).

Destacar los consumos de agua en mataderos polivalentes (Consumo medio de agua (l/pieza)):

- **Vacuno 500-1.000 (l/pieza)**
- **Porcino 250-550 (l/pieza)**
- **Aves 8 (l/pieza)**

Cargas contaminantes

La carga contaminante generada, se compone de materia orgánica y sólidos en suspensión (en su mayoría) pudiendo contener restos de materias primas como huesos, pelos, fragmentos de piel, contenidos intestinales, etc., la presencia o concentración depende y se caracterizan por contener entre otras cosas:

- Sólidos en suspensión.
- Alta carga orgánica debido a la presencia de sangre, grasa, purines....
- Niveles elevados de grasas.
- Análisis de contaminantes, los parámetros como DBO (demanda bioquímica de oxigeno), DQO (demanda química de oxígeno) y sólidos en suspensión (SST), conductividad y pH variables en función de los procesos de limpieza, al uso de sosa y ácidos como agentes de limpieza.
- Niveles elevados de nitrógeno, fósforo y sal.
- La materia prima, presentación final que se le dé al producto (congelado, concentrado, etc.).
- Tipo de industria (multi producto o no), sistema de producción empleado, nivel de producción.

PARAMETROS	*MÁX*	*MÍN*	*PROMEDIO*
DQO(mg/l)	35.000	774	10.259
DBO_5 (mg/l)	5.350	500	2.550
SS (mg/l)	5.000	220	2.102
AyG (mg/l)	1.200	23	474
NT (mg/l)	750	48	252
PT (mg/l)	90	10	40
Cl (mg/l)	1.000	649	825
pH	8	6	7

Tabla 12. *Características de las aguas residuales antes de depuración en mataderos*

CONCEPTO	INTERVALO	MEDIA
CONTAMINACION AGUAS		
DBO_5 (mg/l)	320-2.830	1.253
DQO (mg/l)	650-4.560	2245.6
SS (mg/l)	200-1.450	833
DQO/DBO_5	1.56-3.1	1.79
SS/DBO_5	0.39-2	0.66

Tabla 13. *Promedio de parámetros de vertido en efluente de la industria cárnica*

Tratamiento de las aguas residuales

La variabilidad en los parámetros de vertido es muy alta (valores de DQO entre 600 y 35.000 mg DQO/l y de Sólidos en suspensión entre 200 y 5.000 mg/l). Se pueden considerar unos sistemas de tratamientos básicos que se adapten a las características generales de las aguas residuales que sirvan de orientación para que este tipo de industrias desarrollen unos sistemas más adecuados a los vertidos que generan:

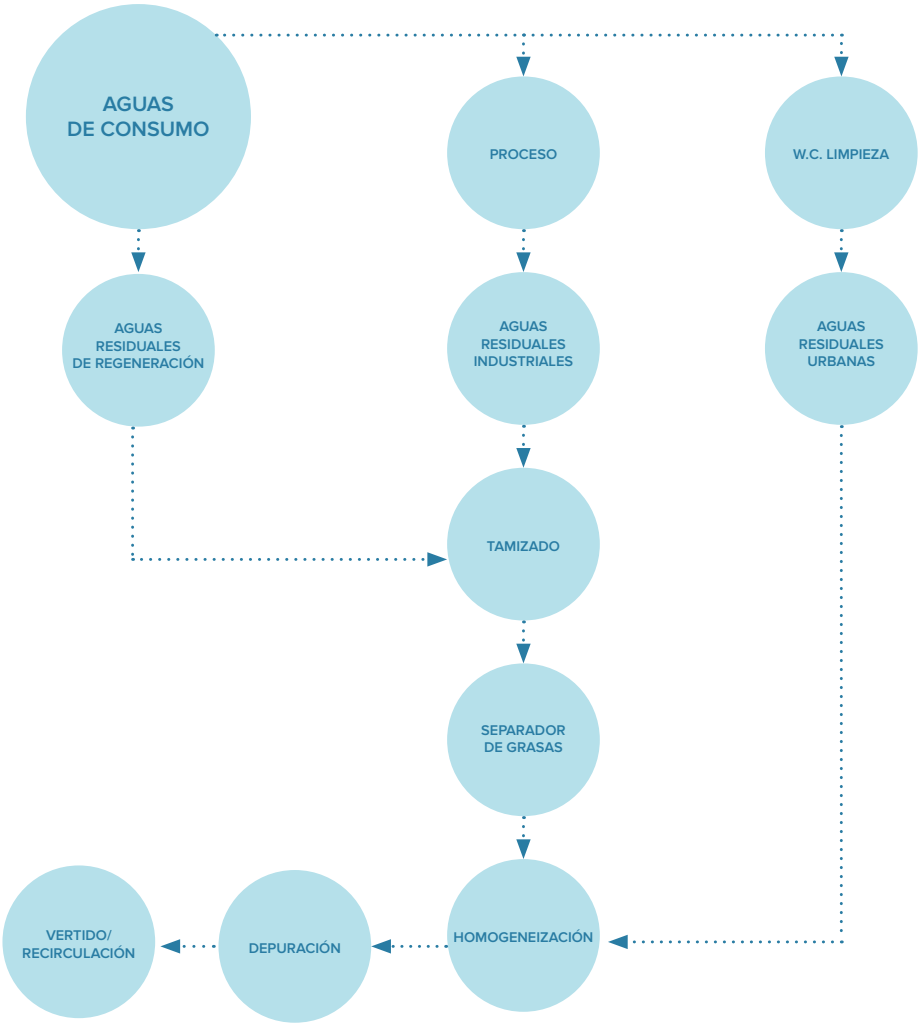


Figura 5. *Ejemplo de un diagrama del flujo de la circulación de agua en los distintos procesos de mataderos.*

En general, el 80-95% del agua total consumida forma parte del efluente final y se identifican concentraciones elevadas de materia orgánica, aceites y grasas.

Pretratamiento

Separador de grasas: Consiste en la separación de grasas, aceites y partículas ligeras mediante flotación y su retirada de la superficie. Si las grasas están emulsionadas, la separación se realiza por medio de la adición al flotador de finas burbujas de aire y de sustancias floculantes que favorecen su flotación.

Homogeneización.

Sistema de neutralización.

Tratamiento físico/químico.

Tratamiento biológico: se utilizan para la reducción de la carga orgánica de los efluentes de las industrias cárnicas, mediante la acción de los microorganismos.

Los tratamientos biológicos pueden ser aerobios y anaerobios. En la industria cárnica, concretamente en mataderos, es más común la instalación de sistemas aerobios, o una combinación de **aerobio y anaerobio.**

Dependiendo del soporte de crecimiento de los microorganismos, pueden ser:

Tratamiento aerobio:

- Sistemas biológicos de biomasa en suspensión.
- Sistemas biológicos de biomasa fija.
    - El contactor biológico rotativo (biodiscos).
    - Filtros biológicos.

Tratamiento anaerobio:

Anaerobio UASB: Tratamiento más novedoso que el proceso biológico aerobio, es la transformación de la materia orgánica de las aguas residuales en biogás mediante un sistema anaerobio tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Los procesos biológicos anaerobios son más eficaces y económicos cuando el afluente dispone de una elevada concentración de compuestos orgánicos biodegradables. Respecto al proceso biológico se consume menos energía y además se produce biogás, el cual se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante un proceso de cogeneración. Asimismo, la producción de fangos es considerablemente inferior en los sistemas anaerobios.

6.3 SECTOR PESCADO

Consumos de agua

Las aguas residuales procedentes de la industria conservera de pescado, se caracterizan por su elevada concentración de materia orgánica procedente del lavado del pescado, debido generalmente a las proteínas y grasas. También puede contener niveles altos de fosfatos, nitratos y detergentes.

El volumen total de vertido final en las industrias del sector oscila en el rango de 2,0-21,64 m^3/T de producto acabado, siendo el promedio de 10,89 m^3/T (1,8-30 m^3/T de materia prima, con un promedio de 12,29 m^3/T)

Además de los procesos descritos anteriormente, existe un consumo de agua potable para limpieza y acondicionamiento de las instalaciones.

Según la materia prima utilizada, estos son los niveles de contaminación que se pueden encontrar en el vertido:

CONCEPTO							
	Caudal agua salada (m^3/día)	Caudal agua dulce (m^3/día)	Caudal salmuera (m^3/día)	SS (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Grasas (mg/l)
Procesado del atún							
Descongelado	11			937	7.338	4.531	2.553
Eviscerado		54		1.500	4.000	1.600	2.072
Cocedero de atún			15	937	7.338	4.531	2.553
Procesos comunes							
Enjuague de latas		54		*	*	*	*
Limpieza de autoclaves		180		510	250	250	682
Lavado latas		108		105	2.940	893	1.631
Limpieza de fábrica		80		1.535	2.073	650	603

**Sin datos, se supondrá similar a los de limpieza de autoclave*

Tabla 14. *Características de las distintas corrientes acuosas efluentes de los procesos de fabricación.*

Cargas contaminantes

La carga contaminante generada, está condicionado por la concentración en sal o salmuera, dependiendo de:

- Materia prima procesada.
- Características del proceso industrial aplicado (en ocasiones del agua procede del mar).

Característica especial, es la alta velocidad de deterioro del pescado y sus productos derivados. El rendimiento por deterioro afecta de forma inversamente proporcional entre las pérdidas de producto y el incremento de las cargas residuales.

Las diferentes opciones de depuración del efluente final, viene condicionada por la operación de salazón y posterior lavado de las piezas saladas.

La opción óptima para el tratamiento de estos efluentes es la adaptación de la ingeniería de procesos en las líneas de producción, optimizando al máximo el consumo de agua (aplicar reutilización siempre que sea posible).

Se caracterizan por contener entre otras cosas:

- Sólidos en suspensión.
- Alta carga orgánica, debido a la presencia de aceites, grasas, proteínas, etc.
- Niveles elevados de grasas.
- Conductividad y pH variables en función de los procesos de limpieza, al uso de sosa y ácidos como agentes de limpieza (presencia de tensioactivos).
- Niveles elevados de nitrógeno, fósforo y sal.
- La materia prima, presentación final que se le dé al producto (congelado, cocción, etc.).
- Tipo de industria (multi producto o no), sistema de producción empleado, nivel de producción.

Niveles de contaminación que se pueden encontrar en el vertido:

PARÁMETROS	***PRINCIPALES FUENTES***
Materia orgánica (DQO, COT)	Sangre, aguas de cocción, vísceras, aguas de lavado...
Sólidos en suspensión	Vísceras, espinas, restos de pescado...
Aceites y grasas	Aguas de cocción, lavado de piezas...
Fosfatos y nitrógeno	Vísceras, sangre, productos detergentes y desinfectantes.
Sal	Salazón y posterior lavado y pelado.
Detergentes y desinfectantes	Productos detergentes y desinfectantes de la limpieza y desinfección.

Tabla 15. *Principales parámetros y fuentes de contaminación de las aguas residuales.*

TIPO DE PRODUCCIÓN	***VOLUMEN (m^3/T PROD.)***	***SS (mg/L)***	***DBO_5 (mg/L)***	***ACEITES Y GRASAS (mg/L)***
Arenque	17-40	220-1520	2300-4000	190-450
Pescado fresco	Aprox.8	170-3650	1000-6250	46-2500
Pescado ahumado	Aprox.8	14-845	1000-1700	24-1800
Congelación pescado	2-15	-	-	
Descongelación pescado	-	0-70	30-1800	4-46

Tabla 16. *Características de las aguas residuales del sector pescado según tipo de producción.*

Tratamiento de las aguas residuales

Debido a la variabilidad muy alta en los parámetros de vertido (conductividad 10.000-30.000 µS/cm, DQO entre 4000 y 6.000 mg DQO/l y de SST entre 1.500 y 5.000mg/l) se pueden considerar unos sistemas de tratamientos básicos que se adapten a las características generales de las aguas residuales que sirvan de orientación para que este tipo de industrias desarrollen unos sistemas más adecuados a los vertidos que generan:

Pretratamiento.

Sistema de flotación por aire disuelto (DAF): Es un proceso de clarificación de aguas residuales. A través de este sistema se separan efectivamente los sólidos en suspensión, aceite, grasas y otros contaminantes de los efluentes residuales. Los sólidos, se adhieren a micro-burbujas, mientras ascienden a la superficie flotando, y después el lodo se recoge de la superficie del agua.

Ultrafiltración: Este proceso de tratamiento de aguas residuales en este tipo de industria es aconsejable su instalación debido a la alta concentración de sales que presentan las aguas residuales de este proceso. El sistema de filtración por membranas, elimina sólidos suspendidos, bacterias, virus y sales.

6.4 SECTOR LÁCTEO

Consumos de agua

La industria láctea, dedicada a la producción de leche y a la elaboración de quesos, yogures y mantequillas entre otros productos, genera una gran cantidad de agua residual. Actualmente, en la producción de leche, la generación de aguas residuales se estima de promedio entre 1 y 2 litros por litro de leche producida (El consumo oscila entre 1,3-3,2 litro de agua/litro de leche recibida pudiendo alcanzar hasta 10 litros en peor de los casos o 0,8-1,0 litros cuando se realiza una gestión correcta). Las aguas residuales se generan entre un 25-40% por operaciones de limpieza y desinfección del total consumido (suelo, paredes, tanques, pasteurizadores, tinas de cuajo, etc.), otras por fugas y/o derrames de materias primas, en el vertido de las salmueras agotadas.

ACTIVIDAD PRINCIPAL	***Consumo de agua (l de agua/l de leche)***
Fabricación de mantequilla	1 - 3
Fabricación de queso	2 - 4
Obtención de leche de consumo (Pasteurizado y esterilización)	2,5 - 9

Tabla 17. *Volumen de aguas residuales generadas en función del proceso productivo.*

ORIGEN	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	VOLUMEN *
Limpieza y proceso	Limpieza de superficies, tuberías, tanques, equipos. Perdidas de producto, lactosuero, salmuera, fermentos, etc.	PH extremos, alto contenido orgánico (DBO y DQO), aceites y grasas, sólidos en suspensión.	0,8 – 1,5
Refrigeración	Agua de las torres de refrigeración, condensados, etc.	Variaciones de temperatura, conductividad.	2 - 4

* Volumen expresado en L de aguas residuales/ L de leche procesada (Fuente: E. Spreer, 1991).

Tabla 18. *Clasificación de las aguas residuales generadas en una empresa láctea*

Cargas contaminantes

Presentan una contaminación principalmente de carácter orgánico (DQO y DBO elevadas), con una elevada concentración de grasas y también de nitrógeno y fósforo. Aunque la DBO5 media puede estar en torno a 3.000-4.000 mg O_2/L, los vertidos muestran una elevada variabilidad, tanto en caudal como en composición.

Un factor clave, son:

- Perdidas de leche, pues un litro de leche equivale a 210.000 mg/l de DQO
- El suero que se genera en la elaboración de quesos tiene una DBO del orden de 40.000-50.000 mg O_2/L.

Una granja que procese unos 100 m^3/día de leche para la elaboración de queso, genera la misma contaminación que un núcleo de 55.000 habitantes.

Importante para la optimización de los procesos de tratamiento de las aguas residuales, que el suero de quesería, o lactosuero, no se mezcle con las aguas residuales.

Si el lactosuero no se desea aprovechar, éste deberá ser tratado de forma aislada (existen más alternativas para revalorizar este producto).

El rechazo se puede concentrar mediante un proceso de evaporación-concentración al vacío para reducir al máximo la cantidad de residuo que se deberá tratar externamente. El concentrado, rico en carbono, nitrógeno y fósforo podrá ser utilizado para aplicación agrícola como fertilizante.

PARAMETROS	Max-Min Kg/t leche recibida
DQO	37,46 – 0,04
DBO5	2,08 – 0,01
SS	1,25 – 0,02
Aceites y Grasas	0,63 - 0
Nt	0,86 - 0
Pt	0,22 – 0
Cloruros	4,19 - 0

Tabla 19. *Rango de los parámetros de contaminación de aguas residuales más significativos expresados por Tm de materia prima (Guía de MTD en España del sector de productos del mar. Ministerio de Medio Ambiente)*

Tratamiento de las aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales producidas en la industria láctea, se puede abordar desde diferentes estrategias:

- Tratamiento convencional.
- Tratamiento de última generación.

Sea cual sea la opción de tratamiento elegida, es un punto fundamental el depósito homogeneizador, para absorber las puntas de caudal así como para mezclar todos los efluentes y alimentar al sistema de tratamiento un agua lo más homogénea posible. En este depósito también es conveniente neutralizar el pH, puesto que en condiciones anaerobias la lactosa fermenta y se transforma en ácido láctico.

Pretratamiento

Homogeneización

Sistema de neutralización.

Separador de grasas.

Tratmiento biológico:

Convencional.

Anaerobio UASB.

6.5 SECTOR LICORES

Las aguas residuales procedentes de la industria de licores se deben clasificar en distintos sectores:

6.5.1 Cerveceras

El sector cervecero español, tiene gran peso en el panorama agroalimentario, es el segundo en importancia, con una facturación similar a la del vino y muy cercana a la del aceite de oliva.

Las aguas residuales procedentes de las cervecerías según las instalaciones pueden llegar a variar considerablemente entre unas y otras instalaciones dependiendo de:

- Grado de optimización del consumo de agua,
- Tipo de limpieza y productos químicos utilizados,
- Gestión de los residuos generados (aporte o no de levadura, cerveza residual a las aguas residuales).

Consumos de agua

El agua es un producto fundamental en la elaboración de la cerveza, pues aproximadamente el 95% de la cerveza es agua, empleada en diversas etapas de fabricación, concretamente el agua que se consume se puede englobar en 1/3 en las operaciones de limpieza y 2/3 en procesos de producción.

- Limpieza de equipos e instalaciones
- Circuitos de refrigeración y calderas,
- Líneas de envasado,
- Sanitarias.

Según la GMTD (Guía de Mejoras Técnicas Disponibles en España en el sector cervecero) en las instalaciones españolas el consumo total de agua es de **4,4-8,6 hl de agua /hl de cerveza producido**.

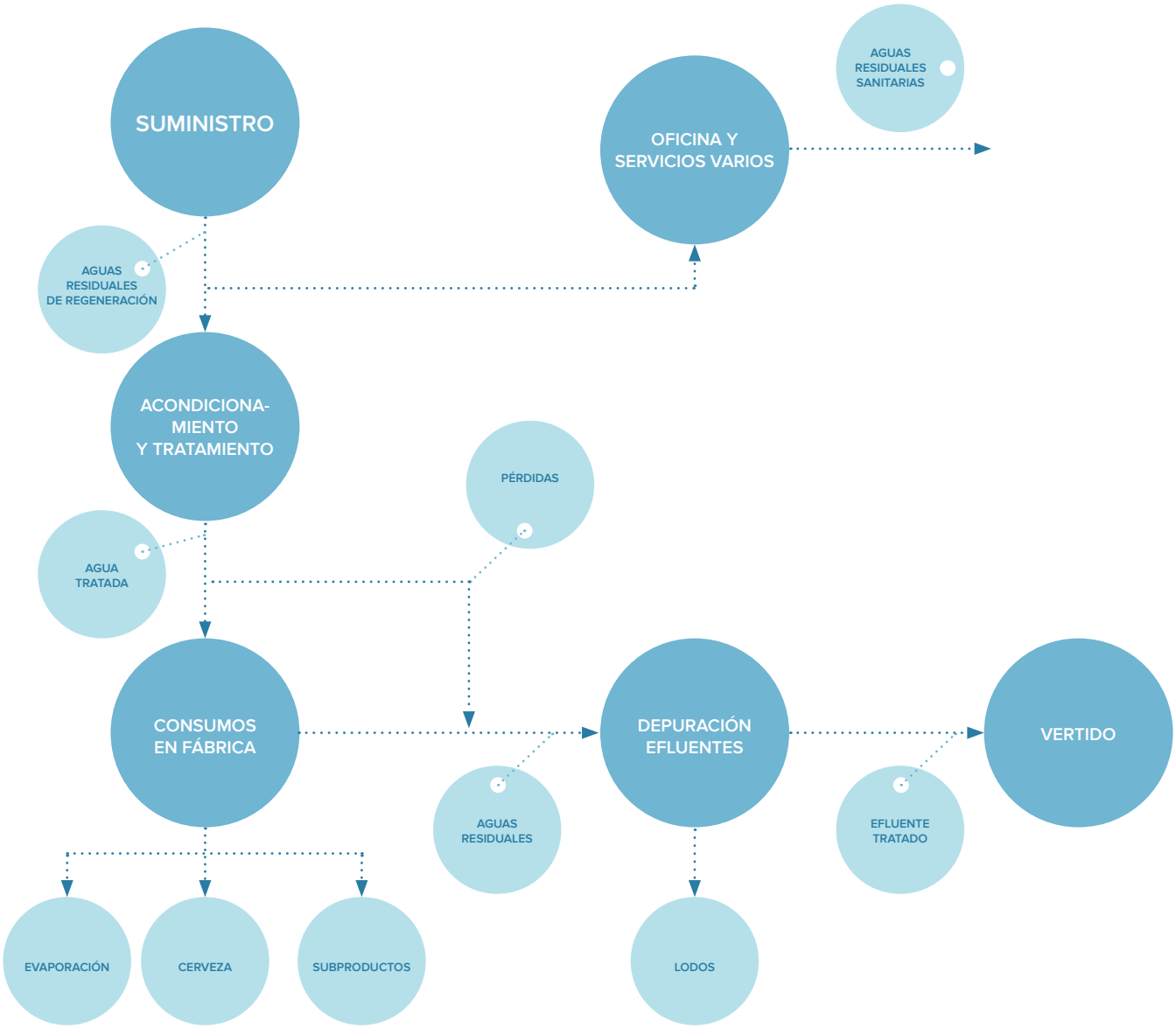


***Figura 6**. Ejemplo de un diagrama del flujo de una determinada fábrica de cerveza con su EDARI correspondiente.*

Cargas contaminantes

La calidad y cantidad del efluente en la industria cervecera puede variar significativamente, dependiendo de los diferentes procesos que se llevan a cabo en la propia cervecera. Generalmente, las aguas residuales generadas en la industria cervecera, presentan contaminantes en forma **soluble e insoluble** así como compuestos orgánicos.

Las características comunes, de este tipo de agua residual industrial, son:

- Volumen de generación elevado y gran variabilidad de caudal a lo largo de la jornada.
- Marcado carácter orgánico (elevada DQO y DBO_5)
- Biodegradabilidad elevada (DBO_5/DQO> 0,6)
- Gran parte de la materia orgánica está en forma soluble.
- Presencia de sólidos en suspensión.
- Ocasionalmente, pueden tener pH extremos debidos a las operaciones de limpieza.

Destacar de lo que se ha anunciado anteriormente, es su elevada carga orgánica y su alta biodegradabilidad, lo que favorece sus posibilidades de depuración mediante métodos biológicos con buenos rendimientos de eliminación debido a que los compuestos orgánicos presentes en los efluentes de la industria cervecera son principalmente azúcares, almidón soluble, etanol, ácidos grasos volátiles, etc.

Parámetro	*AINIA*	*World Bank*
Vertido de agua residual (hl/hl cerveza)	3,5 a 8	
DQO del agua sin decantar (mg Oxígeno/L)	3.300	2.400
COT del agua sin decantar (mg Oxígeno/l)	1.100	800
Nitrógeno total (mg/l)	30 a 100	65
Fósforo total (mg/l)	30 a 100	20

Tabla 20. *Datos de parámetros de vertidos editados por el World Bank Group y por AINI (Instituto Tecnológico Agroalimentario).*

ORIGEN	DQO (mg/l)	CARGA DQO	
		Kg/m³ cerveza	Kg/m³ envasada
Agua molturación malta	4.000-6.000	0,67	0,5
Cuba filtro mosto	9.000-12.000		0,43
Lavado cuba filtro	7.000-10.000		0,17
Turbio	194.000		1,98
Levadura fermentadores	361.200		9,25
Levadura tanques almacenamiento	259.300		4,07
Rechazo filtros cerveza	55.000		0,75
Soluciones limpieza CIP	2.000-15.000		
Pérdida de cerveza	191.000		1,43
Rebose lavadora botellas	500		0,34
Solución lavadora botellas	200-10.00		

Tabla 21. *Datos promedios valores de carga DQO en una empresa cervecera española.*

Tratamiento de las aguas residuales

El objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales de una cervecera es seleccionar un proceso lo bastante flexible como para poder tratar este tipo de efluente, con grandes variaciones de carga orgánica, llegando a tener, además un coste de operación lo más bajo posible.

Si se compara las características de un efluente de una industria cervecera con los límites a colector municipal, se observa que en general hay que reducir la carga orgánica al menos en un 50-60% y para ello hay que recurrir a un pretratamiento seguido de un tratamiento biológico.

Pretratamiento

Homogeneización

Sistema de neutralización

Tratamiento físico/químico

Tratamiento biológico:

Los sistemas biológicos se presentan como la alternativa más adecuada y utilizada para la reducción de la carga orgánica de los efluentes de las cerveceras.

Existen dos posibilidades de selección del sistema biológico, el sistema aerobio y el sistema anaerobio. La aplicación de un tratamiento anaerobio combinado posteriormente con un tratamiento aerobio, para la eliminación de los nutrientes y carga orgánica, es considerada la mejor solución para este tipo de efluentes de las industrias cerveceras. Es común la instalación de ambos sistemas en serie, situando primero el reactor anaerobio.

Proceso anaerobio.

El tratamiento de aguas residuales mediante proceso anaerobio es el más apropiado para tratar residuos altamente concentrados y con una elevada biodegradabilidad.

Este tratamiento es elegido por las industrias cerveceras para el tratamiento de sus efluentes, ya que, además de presentar un mayor número de ventajas respecto al uso de tratamientos aerobios parte de la energía que emplean estos procesos puede ser utilizada y la gestión de los lodos generados tiene un coste mínimo. Como dato indicar que un 26% de los sistemas anaerobios usados por el sector industrial de Norte América corresponde a la industria cervecera.

Los tratamientos anaerobios pueden clasificarse según la retención de biomasa y el contacto biomasa/agua residual:

- **Reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).** Es el más ampliamente demandado en las fábricas cerveceras.
- **Reactor EGSB (Expanded Granular Sludge Bed)** Es similar a un UASB pero con una mayor altura (12-16 m) frente a los 4.5-6.5 m del UASB.
- **Reactor IC (Circulación Interna).** Son dos reactores UASB colocados uno encima del otro con una altura de 16-24 m.

Proceso aerobio.

El principio básico del tratamiento aerobio de la materia orgánica es la conversión de la fracción biodegradable en CO_2 con aporte de oxígeno al medio.

Dependiendo del soporte de crecimiento de los microorganismos, pueden ser:

Sistemas biológicos de biomasa en suspensión.

Sistemas MBR.

6.5.2 Bodegas vitivinícolas y alcoholeras

En las industrias de este tipo, es necesario distinguir entre bodegas de elaboración de vino y destilerías (alcoholeras o tratamientos de subproductos derivados de la elaboración de la uva). Distinción obligada por la variabilidad de los caudales de vertido, teniendo cada uno su particularidad.

Las aguas residuales de bodegas y destilerías se caracterizan fundamentalmente por una marcada estacionalidad, en la que las cargas de materia orgánica y de sólidos son muy elevadas durante la vendimia, descendiendo de forma importante durante el resto del año. Tanto los caudales como las cargas contaminantes varían en función de la actividad que se realiza en la bodega (vendimia, embotellado...), de la tecnología usada y el tipo de vino y otros productos (vino blanco, tinto o vinos especiales y licores).

Consumos de agua

El consumo medio de agua en una bodega es de **2-6 L de agua /L de vino producido**, en los distintos procesos de elaboración del vino:

FASES DEL PROCESO	USO DEL AGUA
Recepción de la uva	Limpieza general de la zona de recepción
Despalillado, estrujado	Limpieza de equipos
Prensado	Limpieza de la prensa tras el prensado normalmente se realiza con agua a presión
Sulfitado	Preparación de la disolución de bisulfito de amonio al 60% Necesidad de agua mínima Limpieza de depósitos
Maceración-fermentación alcohólica/maloláctica	Hidratación de levaduras Refrigeración de los tanques de fermentación.
Decantación y trasiegos	Limpieza de depósitos
Estabilización en el frio	Refrigeración en los tanques de fermentación.
Filtración	Limpieza del filtro.
Envejecimiento en barrica	Limpieza de barricas con agua a presión (normalmente en lava-barricas)
Trasiegos	Uso del agua directamente vinculada al proceso de lavado de barricas.
Embotellado	Lavado de las botellas en lavadoras con agua descalcificadoras a presión. Esterilización de la máquina llenadora.

Tabla 22. *Usos del agua según la fase del proceso.*

Como se ha indicado anteriormente, las bodegas e industrias alcoholeras generan grandes volúmenes de aguas residuales con un alto contenido en materia orgánica, aunque con la modernización y optimización de los procesos y las instalaciones productivas se podría llegar a importantes reducciones de los volúmenes y niveles de contaminación. Como ejemplo en las bodegas donde no se dispone de depósitos de acero inoxidable y no se utiliza el agua a presión para su limpieza se consumen 3 veces más de agua que las que lo tienen implantado.

Cargas contaminantes

Los efluentes de bodegas vitivinícolas y alcoholeras suelen tener las siguientes características:

- **Fase soluble**, compuesta por sustancias orgánicas y minerales disueltas en el agua que proceden de la uva, de los depósitos enológicos y de los productos de limpieza.
- **Fase insoluble**, formada por partículas de diversos tamaños como raspones, hollejos, bayas, pepitas, restos vegetales, cristales de tartrato, etc.

En alcoholeras hay que tener muy en cuenta los procesos de extracción que se llevan a cabo dentro de la fábrica, no es lo mismo utilizar ácido nítrico con carbonatos cálcicos, que sulfato cálcico el cual provocará problemas por los nutrientes y precipitaciones calcáreas.

La problemática de los efluentes de las bodegas y alcoholeras se debe a la variabilidad de éstos en cuanto a la composición y caudal a lo largo del año, ya que tienen un carácter marcadamente estacional. Así, se estima que aproximadamente el **60%** del volumen total del agua residual se genera en los períodos de vendimia y primeros trasiegos.

A continuación, se detallan los rangos de contaminantes que pueden tener las aguas residuales de bodegas vitivinícolas:

Según el período estacional:

	pH	*CE (microsiemens)*	*SST(mg/l)*	*DQO(mg/l)*	*DBO5(mg/l)*	*NTK(mg/l)*	*PT(mg/l)*
Vendimia	4-9	2000-4000	3000-5000	10000-15000	4000-7000	50-150	10-20
No vendimia	4-9	2000-4000	500-1000	1000-7000	500-3000	50-150	10-20

***Tabla 23**. Caracterización del agua residual efluente bodega*

Según el tipo de uva:

	CARGA(KgDQO/T uva procesada)	*VOLUMEN DE AGUA (m^3 agua/T uva procesada)*
BLANCA	0.32	0.12
TINTA	1.8	0.23

***Tabla 24**. Caracterización del agua residual según tipo de uva.*

A continuación, se detallan otros dos vertidos diferentes entre sí y diferenciados de la base de elaboración de la uva. Ante esto hay que distinguir varios puntos a tener en cuenta, además de las tablas mencionadas anteriormente que pueden servir de base para estas aguas residuales de bodegas y alcoholeras.

- ***Mostos***. Las aguas residuales generadas tienen la particularidad o complejidad de tener una gran cantidad de SULFITOS y se ha de eliminar antes del tratamiento biológico. Indicar que tiene una alta biodegradabilidad estas aguas por la elevada concentración de azucares.
- ***Alcoholeras***. Genera aguas residuales complejas que se deben tener muy en cuenta teniendo que identificarlas y cuantificarlas.

pH (ud pH)	SS (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	DQO(mg/l)	NTK(mg/l)	SO_4^{2-}
1.3-5.3	50.000-70.000	5000-33000	12000-113000	20-250	9000

***Tabla 25**. Composición fisicoquímica de vinaza de vino.*

Tratamiento de las aguas residuales

Debido a que los vertidos de una bodega y sus subproductos (mostos, alcohol) son complejos, variables y estacionales, es necesario un equipo de muestreo automático y un equipo de medición de caudal. Se deben tomar muestras durante 7 días en la vendimia y prensado y durante 5 días mientras el embotellado.

En la actualidad, se emplean distintas técnicas en el proceso depurativo de las aguas residuales procedentes de bodegas.

Pretratamiento:

Homogeneización

Sistema de neutralización

En el caso de que se generen vertidos con pH extremos como objeto de conseguir la alcalinidad o acidez requerida para los tratamientos posteriores o el vertido.

Importante este apartado por la alta salinidad y variación del pH del proceso (siendo aguas ácidas durante la producción y alcalina el resto del año) teniendo que dosificar reactivos químicos neutralizadores para garantizar el subsiguiente proceso biológico.

Sistema de desulfitación.

Sistema que trabaja en contracorriente entre el producto y los vapores desprendidos del seno del mismo jugo, se consiguen valores en el jugo de salida de 20 ppm de SO_2.

Tratamiento físico/químico

Tratamiento biológico

Los sistemas biológicos se presentan como la alternativa más adecuada y utilizada para la reducción de la carga orgánica de los efluentes de bodegas y alcoholeras.

Indicar que, tras la etapa de neutralización, se recomienda (si no hay proceso anaerobio en el tratamiento), implantar un proceso de pre oxidación, para garantizar la reducción de al menos un 50% en la carga de DQO (oxidación de los taninos y polifenoles presentes en el agua)

Existen dos posibilidades de selección del sistema biológico, el sistema aerobio y el sistema anaerobio. La aplicación de un tratamiento anaerobio combinado posteriormente con un tratamiento aerobio, para la eliminación de los nutrientes y carga orgánica, es considerada la mejor solución para este tipo de efluentes. Es común la instalación de ambos sistemas en serie, situando primero el reactor anaerobio.

Proceso anaerobio.

El tratamiento de aguas residuales mediante proceso anaerobio es el más apropiado para tratar residuos altamente concentrados y con una elevada biodegradabilidad.

Este tratamiento es también ampliamente utilizado por bodegas.

Los tratamientos anaerobios pueden clasificarse según la retención de biomasa y el contacto biomasa/agua residual:

- **Reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).** Es el más ampliamente demandado en las fábricas cerveceras.
- **Reactor EGSB (Expanded Granular Sludge Bed)** Es similar a un UASB pero con una mayor altura (12-16 m) frente a los 4.5-6.5 m del UASB.
- **Reactor IC (Circulación Interna).** Son dos reactores UASB colocados uno encima del otro con una altura de 16-24 m.

Proceso aerobio.

El principio básico del tratamiento aerobio de la materia orgánica es la conversión de la fracción biodegradable en CO_2 con aporte de oxígeno al medio.

Dependiendo del soporte de crecimiento de los microorganismos, se clasifican en:

- **MBR.**
- **Sistemas biológicos de biomasa en suspensión.**
- **Sistemas biológicos de biomasa fija.**

6.5.3 Almazaras

El proceso de obtención de aceite de oliva en las almazaras genera unas aguas residuales muy contaminantes, que es necesario tratar antes de verterlas. Actualmente, en la mayoría de los países productores de aceite de oliva se ha pasado de utilizar el sistema clásico de prensa para separar el aceite de la pulpa por el de centrifugación, el rendimiento de extracción es mayor, pero en contrapartida ha dado lugar a un incremento de los efluentes contaminantes.

Consumos de agua

Las almazaras en España producen casi **700.000 metros cúbicos de aguas residuales al año.**

Para hacerse una idea de la cantidad de aguas residuales procedentes de almazara que se producen en España al año, basta mirar el gasto aproximado de agua en cada una de las fases de producción de aceite de oliva en la campaña 2012/2013, reflejándose en el siguiente cuadro a partir de los datos de producción total (614.100 toneladas de aceite)

ETAPA DONDE SE PRODUCE AGUA RESIDUAL	*AGUA NIVEL NACIONAL (m^3 DE AGUA RESIDUAL/AÑO)*
Lavado	139.568 m^3
Centrifuga vertical	418.704 m^3
Limpieza	139.568 m^3
Total	697.840 m^3/año

Tabla 26. *Consumo de agua en las distintas etapas de elaboración de aceite.*

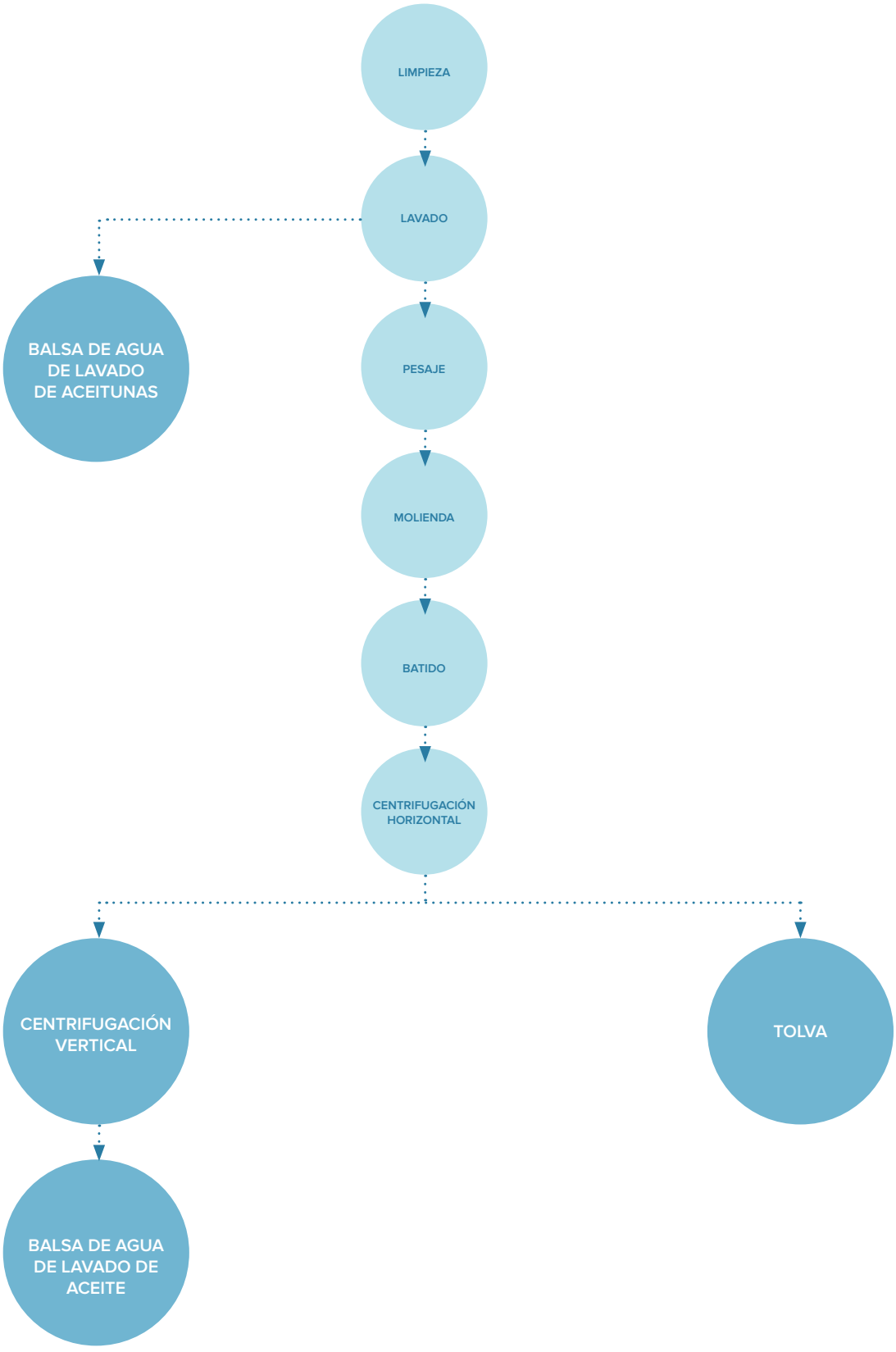


Figura 7. *Utilización del agua en los distintos procesos de fabricación de aceite.*

Cargas contaminantes

El aceite de oliva se obtiene mediante los métodos de presión en discontinuo o por el de centrifugación en continuo, en los que se producen tres fases:

- Aceite (20%)
- Un residuo solido (30%). Orujo (pulpa y huesos del fruto)
- Un licor acuoso (50%). Alpechín.

El volumen de alpechín que se produce es de 0,5-1,5 L/kg de aceituna molturada. Es un líquido compuesto de:

ALPECHI	
H_2O (%)	83-94 %
Materia orgánica (%). **Proteínas** **Ac. orgánicos. Polifenoles.**	4-16%
Sales. (carbonatos, fosfatos, Na)	0.47-2.5 %
DQO (mg/l)	100.000
DBO5 (mg/l)	45-130.000
CE (micros)	8.000-22.000

Tabla 27*. Composición del alpechín.*

Hay que indicar que el alpechín está totalmente prohibido verterlo al alcantarillado por su elevada contaminación orgánica.

El agua residual que se obtiene de las salidas de las almazaras presenta una gran cantidad de residuos, como polvo de tierra, aceites y grasas, azucares, sustancias nitrogenadas, ácidos orgánicos, polialcoholes, polifenoles, etc. Los contaminantes que representan un mayor problema son los polifenoles y las grasas debido a su carácter hidrófobo.

La caracterización del agua residual de una almazara se resume en la siguiente tabla:

PARAMETROS	***RANGO***	***VALOR MEDIO***
DQO (mg/l)	8.000-100.000	9.000
DBO_5 (mg/l)	4.000-6.000	5.000
SST (mg/l)	2.000-4.000	3.000
Ce (microsiemens/cm)	900-2.100	1.500
pH	4.5-5.5	5
Polifenoles (mg/l)	3.000-24.000	13.500

Tabla 28. *Caracterización del agua residual de una almazara.*

Tratamiento de las aguas residuales

Debido a la elevada carga orgánica que presentan las aguas residuales en la producción de aceite en almazara, se ha de diseñar e instalar depuradoras para cada almazara y así cumplir con legislación ambiental en cuanto a parámetros de vertido al cauce público o alcantarillado público.

Pretratamiento

Homogeneización

La variabilidad del caudal, el carácter acido del agua residual de almazara, la presencia de polifenoles, exige la construcción de un tanque de homogenización, actuando también como almacenamiento de seguridad en caso de vertidos accidentales, averías...

Sistema de neutralización

Las almazaras generan vertidos con pH extremos como objeto de conseguir la alcalinidad o acidez requerida para los tratamientos posteriores o el vertido.

Importante este apartado por la alta salinidad y variación del pH del proceso (siendo aguas ácidas durante la producción y alcalina el resto del año) teniendo que dosificar reactivos químicos neutralizadores para garantizar el subsiguiente proceso biológico.

Tratamiento físico/químico

Uno de los principales problemas en la depuración biológica de las aguas residuales de una almazara, es que es un agua que contiene elevada concentración de Polifenoles. Éste compuesto tiene la característica de que es un bactericida, por tanto, afecta a la microbiota de un fango activo. Con esto añadimos también en el tratamiento de las aguas residuales de la almazara y más concretamente para atacar a los polifenoles **la Electrocoagulación**.

La electrocoagulación, consiste en pasar una corriente eléctrica al medio líquido contaminado, la cual desestabiliza las partículas contaminantes que se encuentran suspendidas emulsionadas o disueltas en el medio acuoso. La corriente eléctrica proporciona la fuerza electromotriz cuyo resultado es transformar los contaminantes en componentes hidrófobos que se precipitan o flotan, facilitando la remoción por cualquier método de separación secundario.

Decantación primaria

Permitiendo la eliminación de un 40 – 50% de eliminación de materia orgánica y con ello los polifenoles para poder seguir realizando el tratamiento biológico y conseguir una calidad de agua residual excelente, cumpliendo el reglamento de vertido a cauce o alcantarillado público.

Tratamiento biológico

Proceso anaerobio.

Proceso aerobio.

Como conclusión debido a la complejidad de la composición de las aguas residuales de una almazara (aceite, elevada carga orgánica y polifenoles) se aconseja el tener presente las nuevas técnicas (MBR, UASB, Electrocoagulación...) que, aunque sean más caros los costes de implantación a la larga debido a los buenos rendimientos que permiten obtener en el proceso depurativo evitando los sobrecostes y el daño ambiental que conlleva el incumplimiento en la legislación de vertido.

6.7 SECTOR GOLOSINAS - PASTELERÍA

Consumos de agua

La industria de golosinas y pastelería produce vertidos de aguas, jabones y detergentes (utilizados en la limpieza de maquinaria y otros instrumentos de trabajo) con una cantidad considerable de grasas (pastelería), sólidos en suspensión, materia orgánica, amoniaco, que deben ser tratados antes de ser vertidos.

Cargas contaminantes

La carga contaminante de las empresas del sector depende del encuadramiento, siendo más importante **en las golosinas**.

- La homogeneización del vertido debido a la variabilidad de producción de aguas residuales durante el día.
- Ajustes de pH mediante dosificación de químicos.
- Generalmente se trata de aguas cargadas de materia particulada y grasa.
- Presentar un elevado contenido de materia orgánica y ser muy biodegradables (por ejemplo, alto contenido de azúcares).

Tratamiento de las aguas residuales

La variabilidad en los parámetros de vertido es muy alta, hace necesaria la homogenización y regulación del pH y un sistema de desengrase y/o tratamiento físico-químico por decantación o flotación para su eliminación. En los tipos de proceso que sus aguas arrastren aceites o grasas.

En este sector, se toma como referencia el de las golosinas por su mayor producción de aguas residuales y mayor repercusión en el tratamiento de la carga.

Pretratamiento

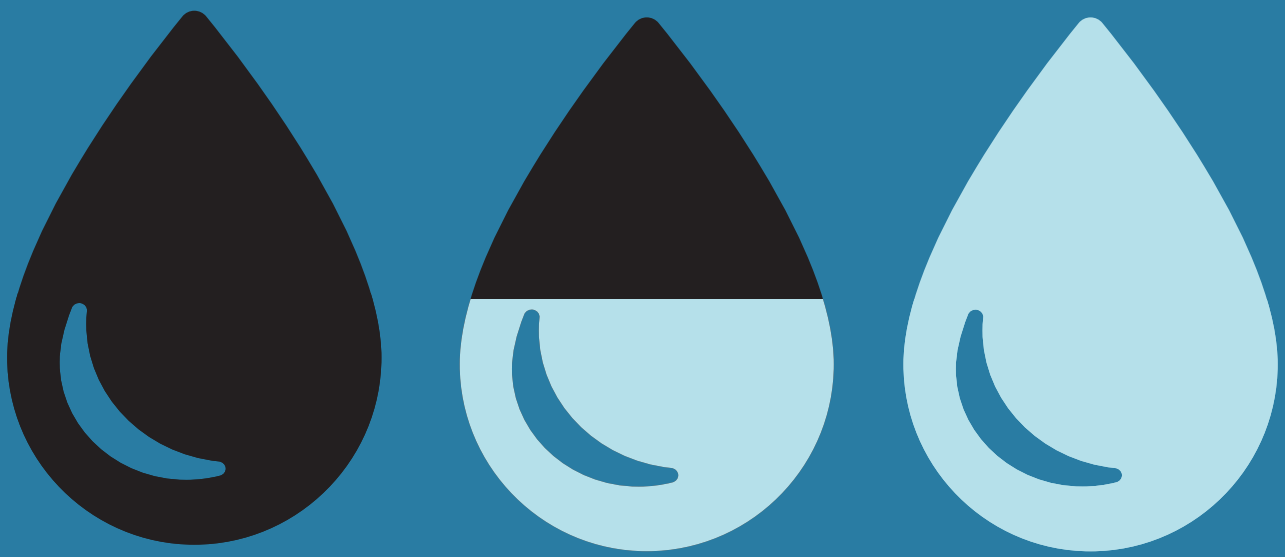
Homogeneización

Sistema de neutralización

Separador de grasas: En este sector el agua residual aporta alta concentración de aceite y grasa (animal-vegetal), con lo cual es necesario incorporar este sistema.

Tratamiento biológico: Este es el punto más importante del tratamiento. La materia orgánica se encuentra en forma soluble (azucares, alcoholes y ácidos grasos) esta debe eliminarse de forma biológica.

Anaerobio UASB



7. TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN APLICABLES EN INDUSTRIAS.

7.1 LÍNEA DE AGUA

Dentro de la línea de aguas hay que distinguir los siguientes niveles de tratamiento

Proceso o tratamiento

Nos permite reducir los contaminantes presentes en las aguas residuales.

En función del criterio empleado podemos disponer de 2 clasificaciones de tratamiento de aguas residuales:

Origen del efluente a tratar:

- Aguas industriales (nos centraremos en esto)
- Aguas urbanas

Dentro de la línea de aguas hay que distinguir los siguientes niveles de tratamiento:

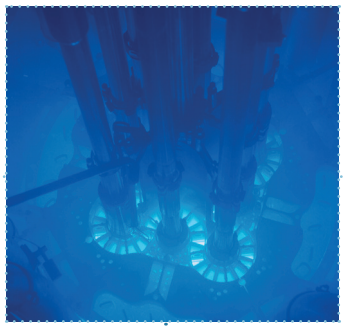
Niveles de tratamiento del agua residual:

- Pretratamiento
- Tratamiento Primario
- Tratamiento Secundario
- Tratamiento Terciario

PRETRATAMIENTO
Objetivo
Eliminar/acondicionar para otras etapas.
Proceso físico
Desbaste/Dilacerador/triturador, Desarenado-Desengrasado, etc..

TRATAMIENTO PRIMARIO
Objetivo
Eliminar sólidos en suspensión.
Proceso físico/químico
Sedimentación, flotación, coagulación-floculación y filtración.

TRATAMIENTO SECUNDARIO
Objetivo
Eliminación de materia orgánica y nutrientes.
Proceso biológico
Tecnologías extensivas (Lagunajes, humedales, etc.) y Tecnologías intensivas (Aireación prolongada, SBRs, MBRs, etc..).



TRATAMIENTO TERCIARIO
Objetivo
Eliminación de carga orgánica residual y otras contaminantes.
Proceso físico/químico / biológico
Desinfección por UV, Dosificación de Hipoclorito sódico, etc.

Figura 8. *Niveles tratamiento agua residual.*

7.1.1 Pretratamiento: desbaste, desarenado y desengrasado

Esta primera etapa tiene como objetivo eliminar contaminantes fácilmente separables mediante procesos físicos y que pueden ocasionar problemas en las sucesivas etapas de tratamiento.

El coste de mantenimiento dependerá de si la limpieza es manual o automática. En cuanto al residuo generado, es eliminado como residuo urbano. Siempre el residuo generado lo permita, arenas y grasas se gestionarán con gestor autorizado.

DESBASTE/DILACERAR/ TRITURAR
Objetivo
Acondicinar/eliminar contaminantes por procesos mecánicos para posteriores precesos
Proceso físico

DESARENADO-DESENGRASADO
Objetivo
Acondicinar/eliminar contaminantes por procesos mecánicos para posteriores procesos
Proceso físico

Figura 9. *Pretratamiento.*

Desbaste (Reja, tamices)

- Rejas: barras paralelas con separación uniforme. Pueden ser **rejas de gruesos** que no permiten el paso entre barrotes de tamaños superiores a 20-60 mm o **rejas de finos** no permiten el paso de tamaños superiores a 6-12 mm, de limpieza manual o auto limpiantes.
- Tamices: placas perforadas o mallas metálicas. No permiten el paso de partículas de tamaño superior a 6 mm. Los más usados pueden ser estáticos o auto limpiantes (malla de barras con sección en cuña) y rotativos (malla sobre cilindro giratorio).
- Los tamices rotatorios, son los más utilizados. Están constituidos por un elemento filtrante cilíndrico de eje horizontal, el cual gira lentamente. El agua cae por arriba entrando en el interior del tamiz, en tanto que la suciedad queda retenida en el exterior y son evacuadas a un contenedor provisional por medio de un rascador fijo. El paso de malla es de 0,2-2,0 mm. Las pérdidas de carga son elevadas, del orden de 2 m., lo que obliga la mayoría de las veces a un bombeo suplementario. Tienen el problema añadido de ser sensibles al atascamiento por grasas coaguladas, que requieren un mantenimiento exhaustivo.

Dilaceración

- Su objetivo es triturar las materias sólidas arrastradas por el agua. Esta operación no está destinada a mejorar la calidad del agua bruta ya que las materias trituradas no son separadas, sino que se reincorporan al circuito y pasan a los demás tratamientos. Solo recomendables, en caso de no existir desbaste.

Desarenado

- Elimina la materia de mayor densidad (por ejemplo, arenas), con diámetros mayores de 0,2 mm. Los dos tipos más usados: aireados (flujo helicoidal) y estáticos de flujo horizontal (donde el agua circula en horizontal).

Desengrasado

- Elimina grasas y demás materias flotantes, más ligeras que el agua. Los dos tipos más usados son: aireados (se inyecta aire por la parte inferior del depósito) y estáticos (el agua sale por debajo del depósito con tabique).

Es frecuente realizar el desarenado y desengrasado en una misma etapa o equipo.

En función del caudal y aporte de desecho de origen industrial condicionará las características constructivas de los equipos para retirada de residuos o separación de grasas.

La meteorología influye hidráulicamente, si no se dispone de red separativa en la instalación (arrastre de arenas).

Estos equipos tienen un impacto visual y sonoro. Para minimizar el impacto olfativo, es necesaria la retirada periódica de los residuos extraídos y /o en su caso cerrar el tanque desarenado y extraer los gases generados. El equipo seleccionado, condiciona la pérdida de carga. En este punto es muy importante, seleccionar en base a la experiencia de uso en empresa del sector.

7.1.2 Tratamiento primario

Es un tratamiento que reduce en un porcentaje los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Los principales procesos físicos-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son los siguientes: sedimentación, flotación, coagulación – floculación y filtración.

Los costes varían en función de la tecnología utilizada, tal como están desarrollados van de menor a mayor coste (utilización de reactivos)

El residuo generado, es eliminado como fango primario o mezclado con fango secundario (en ambos casos deshidratado).

El mantenimiento de estos equipos va asociado a efectos de la corrosión en elementos metálicos y efectos sobre el hormigón.

FOSA SÉPTICA/TANQUE IMHOFF

Objetivo

Eliminación de sólidos.

Proceso físico

Eliminar los sólidos sedimentables y separación de sólidos flotantes (aceites y grasas).

DECANTACIÓN PRIMARIA

Objetivo

Eliminar sólidos en suspensión y materia orgánica.

Proceso físico

Separación por gravedad que hace que una partícula, más densa que el agua, tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo.

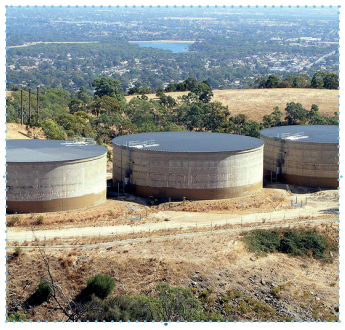
FLOTACIÓN

Objetivo

Eliminar sólidos en suspensión y materia orgánica.

Proceso físico

Separar materia sólida o líquida de menor densidad que la del fluido, por ascenso de ésta, hasta la superficie del fluido.



COAGULACIÓN/ FILTRACIÓN

Objetivo

Eliminar sólidos coloidales/ retención de los mismos.

Proceso físico/químico

Favorecer la coagulación para obtener partículas facilmente sedmentables / Retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.

Figura 10. *Tipos de tratamiento primario*

Decantación primaria

Es un proceso físico de separación por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador.

El objetivo fundamental de la decantación primaria es doble: por un lado permite eliminar los sólidos en suspensión (en un 60%, aproximadamente) presentes en la aguas residuales y la materia orgánica (en un 30%, aproximadamente).

Los sistemas pueden ser: estáticos (sin partes mecánicas) o dinámicos (con elementos electromecánicos para recoger flotantes y evacuar fangos)

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.):

- *Sedimentadores circulares*: En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador.
- *Sedimentadores rectangulares*: La velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas). Suelen ser equipos poco profundos.
- *Sedimentadores lamelares*: Han surgido como alternativa a los sedimentadores poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio. Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. En la superficie inferior se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogiéndose en el fondo del sedimentador.

Las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se “empujan” hacia la salida.

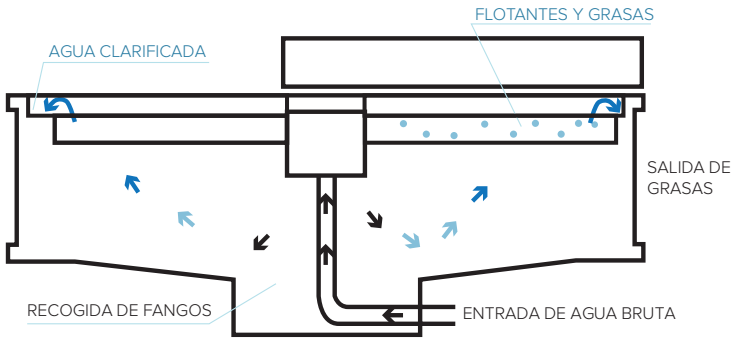


Figura 11. *Esquema decantador primario.*

Flotación

Proceso físico fundamentado en la diferencia de densidades. La flotación permite separar la materia sólida o líquida de menor densidad que la del fluido, por ascenso de ésta hasta la superficie del fluido, ya que en este caso, las fuerzas que tiran hacia arriba (rozamiento y empuje del líquido) superan a la fuerza de la gravedad. Se generan pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, donde son arrastradas y sacadas del sistema.

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

- *Flotación por aire disuelto (DAF):* En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.
- *Flotación por aire inducido:* La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso, el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

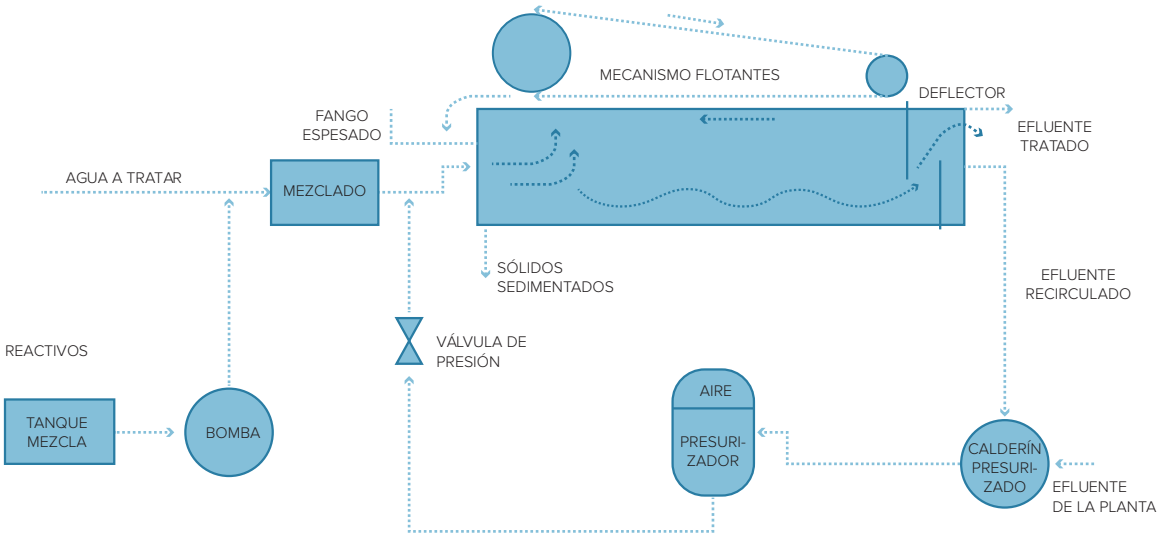


Figura 12. *Esquema Flotación Aire Disuelto. (DAF)*

Coagulación – Floculación

En muchos casos parte de la materia en suspensión está formada por partículas de muy pequeño tamaño, lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico.

Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación, favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+}, Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

Las cantidades a dosificar de polielectrolito, son mucho menores que para las sales, por tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

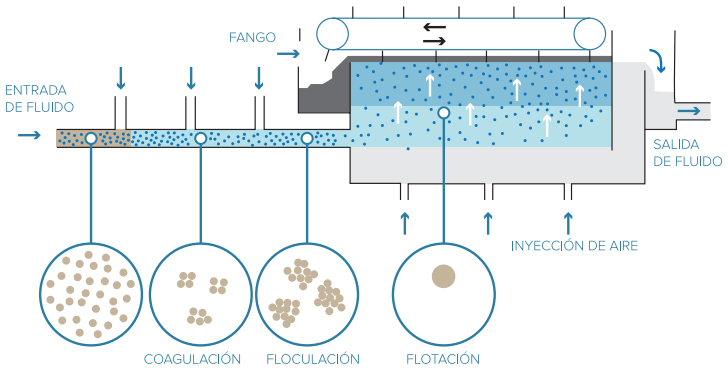


Figura 13. *Esquema Coagulación-floculación.*

7.1.3 Tratamientos de regulación, neutralización/homogeneización

Hay diferencias entre los distintos tratamientos de regulación de caudal (ecualización) y procesos, neutralización o tanques, de homogeneización de flujos contaminados

Puntos para considerar de un influente regularizado u homogeneizado:

- Mejora general de los rendimientos de los procesos, (caudales y cargas más homogéneas).
- Atenúa las fluctuaciones de concentración de los efluentes, se eliminan o reducen, las cargas de choque, se diluyen las sustancias inhibidoras, y se consigue estabilizar el pH. Se puede mantener una alimentación constante incluso durante las fases de parada de los procesos de producción de la industria, lo cual garantiza su estabilidad. Se mejora de la calidad del efluente y del rendimiento de los tanques de sedimentación secundaria al trabajar con cargas de sólidos constantes.
- Mejora el control de la instalación.
- Facilita las operaciones y programación de los trabajos de mantenimiento, al trabajar en condiciones constantes
- Permite optimizar el tamaño de la instalación y evitar el sobredimensionamiento de la depuradora.
- Se reduce el tamaño y los costos de las unidades de tratamiento ubicadas aguas abajo.
- La regulación del flujo de agua que llega a la planta de tratamiento consiste en la laminación de los picos y valles de caudal. Las dos formas básicas de operación de las balsas o tanques de regulación de caudal son:
- En línea o serie: La balsa de regulación está en línea con la alimentación a la planta depuradora, toda el agua residual pasará a través del tanque o balsa de regulación.
- En derivación, paralelo o fuera de línea: Solamente se deriva a la balsa de regulación el caudal que excede del medio, que es reenviado a la depuradora cuando el caudal de llegada sea inferior al medio.

De presentar sólidos en suspensión las balsas o tanques de regulación deben estar agitados para evitar su decantación.

Las balsas de regulación trabajan a nivel variable, y no precisan agitación salvo que el agua tenga en su composición sólidos en suspensión para evitar su decantación, o bien se pretenda conseguir un cierto grado de homogeneización.

Las balsas de homogeneización trabajan de forma óptima a nivel fijo y siempre llenas, precisando agitación.

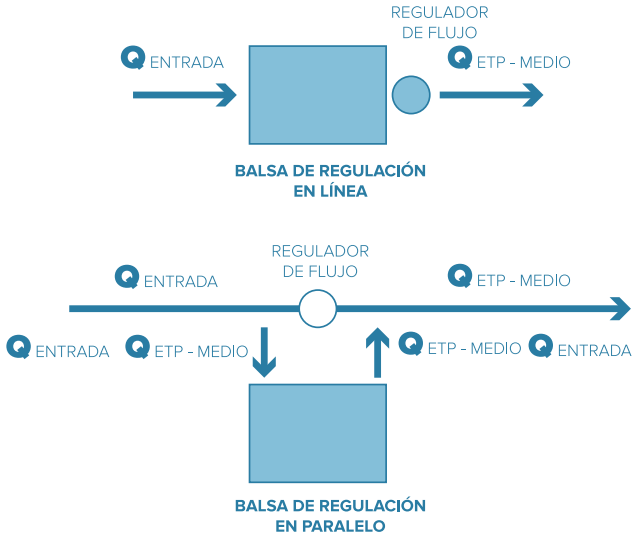


Figura 14. *Regulación balsa riego.*

7.1.4 Tratamiento secundario

Constituye una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de las **aguas residuales** que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, y la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO MEDIANTE CONTROL MULTIPARAMÉTRICO EN EDARS.

La eliminación fiable de la demanda química de oxígeno (DQO) y de la carga de nutrientes es esencial. Para ello es necesario un funcionamiento eficiente de la planta que permita períodos de entrada de oxígeno y períodos de no aireación que finalicen la retirada del nitrógeno por desnitrificación. La monitorización de la cantidad exacta del consumo energético en la fase de aireación resulta crítica para gestionar los costes energéticos efectivos en general. La conformidad con los límites y una eficiencia energética fiables son factores importantes en el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Un control multiparamétrico basado en una lógica de control, la optimización del gasto energético junto con la sustitución de equipos convencionales de aireación por eficientes, se traduce en un mejor control del proceso y un aumento de la eficiencia energética cuyo coste de implantación es económicamente viable dentro de un estudio serio de las condiciones particulares para cada escenario/caso.

Se resumen brevemente los tipos de control paramétricos que hay en el mercado.

- Control por tiempos.
- Control por O2.
- Control por Redox (ORP).
- Control por NH4+ y/o Nitrato.

En la actualidad se utilizan un solo parámetro o combinaciones de varios (Ej. Redox y O2).

Desde el punto de vista del coste de implantación, se dan dos escenarios.

- Control por tiempos, Oxígeno (O2) o por Redox (ORP).

  Los procesos de nitrificación-desnitrificación con desfosfatación biológica controlados mediante potencial redox (mejorado con la implementación del lazo del Oxígeno en el lazo de control), han sido, por su bajo coste de instalación y mínima necesidad de mano de obra, una solución técnico-económica muy extendida.

- Control por NH4+ y/o Nitrato

  Los procesos de eliminación de nitrógeno han sido comúnmente controlados mediante el análisis en continuo de las concentraciones de nitrato o amonio en los tanques de aireación. Esta tecnología se ha demostrado de un elevado coste de instalación y de mantenimiento, dada la complejidad de los equipos, con un requerimiento de mano de obra elevado para su buen funcionamiento.

Se puede distinguir entre tecnologías intensivas y extensivas:

Tecnologías intensivas. Aireaciones prologadas, reactores secuenciales (SBR), anaerobio (UASB), lechos bacterianos, contactores biológicos rotativos (CBR) etc.

Tecnologías extensivas. Lagunajes, humedales, filtros de arena, etc. (poco o nada utilizadas en la industria).

AIREACIÓN PROLONGADA

Objetivo

Eliminación de materia orgánica y nutrientes.

Proceso físico/químico / biológico

Consta de 4 procesos: Oxidación biológica Decantación secundaria Recirculación de fangos Extracción de los fangos en exceso

MBR

Objetivo

Eliminación de materia orgánica , nutrientes, sales y reduce o suprime la desinfección.

Proceso físico/químico / biológico

Micro o Ultrafiltrafiltración

SBR
Objetivo
Eliminación de materia orgánica y nutrientes.
Proceso físico/químico / biológico
Es un proceso de aireación prolongada donde la degradación de contaminantes como la clarificación del efluente se realizan en un mismo reactor

UASB
Objetivo
Reducción de la carga de entrada, eficiencia energetica, producción de biogás y reducción de fangos.
Proceso físico/químico / biológico
Es un proceso anaeróbio

Figura 15. *Tipos de tratamientos biológicos.*

TECNOLOGÍAS INTENSIVAS.

Aireación prolongada

Sistema convencional de fangos activos. El proceso consta de cuatro partes diferenciadas:

- *Oxidación biológica*: es un proceso aerobio de biomasa suspendida, que requiere un contacto íntimo entre el agua residual, la biomasa activa y el oxígeno (aireación con aireadores mecánicos o por difusión). Consiste en poner en contacto en un medio aerobio, normalmente en una balsa aireada o en un tanque de aireación, el agua residual con flóculos biológicos previamente formados ("licor mezcla"), en los que se adsorbe la materia orgánica y donde es degradada por los microorganismos presentes (se mantiene una determinada concentración de microbiota aerobia). Para acelerar los procesos naturales se les suministra oxígeno disuelto aumentando así la capacidad de tratamiento además de obtener una mejor calidad del efluente y menor producción de fangos.
- *Decantación secundaria*: consiste en la separación de sólido – líquido por medio de un decantador o clarificador.
- *Recirculación de fangos*: el fango es retornado al reactor, para mantener la concentración de microorganismos.
- *Extracción de los fangos en exceso*: requiere periódicamente purga del fango en exceso consecuencia del crecimiento continuo de la biomasa bacteriana.

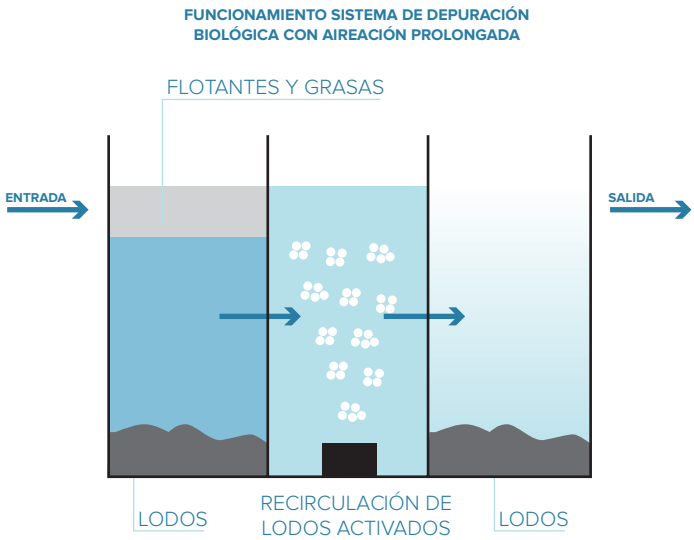


Figura 16. *Esquema aireación prolongada.*

Bioreactor de Membrana MBR

El MBR puede operar a concentraciones mayores de sólidos, hasta 15.000 mg/l. Esto lleva a una mayor edad del fango y un menor espacio de instalación, eliminando la necesidad del decantador.

Mejora la eliminación de materia orgánica, amoníaco, nitrógeno y muy bajas concentraciones de fósforo efluente, así como las sales presentes en el agua.

Las membranas de ultrafiltración en el sector industrial pueden darse dos modalidades sumergidas:

- Tanque separado del reactor aireado.
- Contacto directo con el licor mezcla.

VENTAJAS del sistema:

- Cumple con los límites más estrictos de calidad (DQO, SS, Nt, Pt, conductividad, etc.).
- Fácil mantenimiento y operación.
- Elimina o reduce la desinfección. Efluente de altísima calidad, apta para reutilización.
- La vida de servicio útil de la membrana puede ser mayor a 10 años.
- Ultra compacto, bajo espacio de implantación
- Reduce producción de lodos.
- Eliminación de los problemas inherentes a la decantación del fango

Los MBRs y su aplicación en el tratamiento industrial.

• Más utilizado en aquellas con un contenido de carbono orgánico fácilmente biodegradable (sector alimentos y bebidas).

• Las aguas residuales, escasamente biodegradables, ayuda el tratamiento mediante MBRs ya que los elevados tiempos de retención alcanzables permiten que el tratamiento biológico sea más eficaz que en el proceso convencional.

La tecnología MBR, es de aplicación en aguas residuales de industrias como:

- Procesados vegetales
- Mataderos y subproductos cárnicos
- Procesado pescado
- Láctea
- Cervecerías
- Destilerías y bodegas
- Ultra congelados

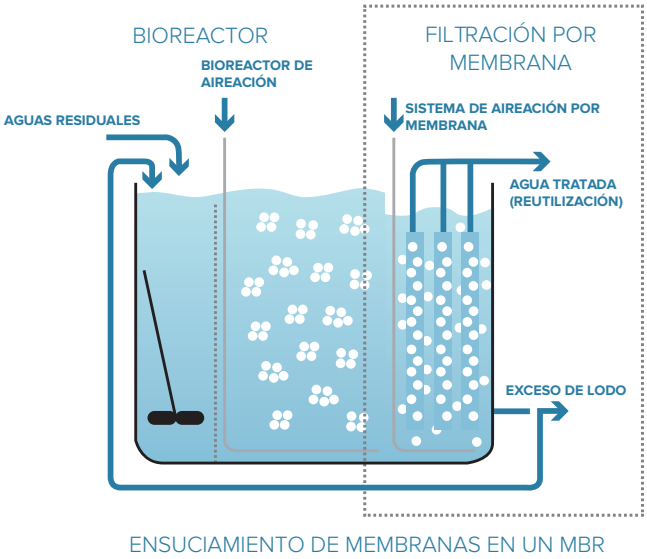


Figura 17. *Esquema MBR.*

Reactores secuenciales (SBR)

Es una variante del tratamiento de aireación prolongada con la peculiaridad de que tanto la degradación de contaminantes como la clarificación del efluente se realizan en un mismo reactor en etapas separadas temporalmente:

Los reactores biológicos secuenciales (SBR) son reactores discontinuos en los que el agua residual se mezcla con un lodo biológico en un medio aireado.

Los procesos unitarios que intervienen son idénticos a los de un proceso convencional de fangos activados. Los procesos tienen lugar secuencialmente en el mismo tanque, en etapas separadas temporalmente:

> *Etapa 1.* Llenado: En una primera etapa se realiza el llenado del reactor.

> *Etapa 2.* Reacción: Una vez lleno se lleva a cabo la degradación de la materia orgánica. Se puede alternar fase aerobia-anaerobia para eliminación de nutrientes.

> *Etapa 3.* Sedimentación: Se deja de airear y se deja decantar el fango

> *Etapa 4.* Vaciado: El agua residual clarificada, se extrae del sistema.

El empleo de un único tanque reduce sustancialmente el espacio y la inversión necesarios.

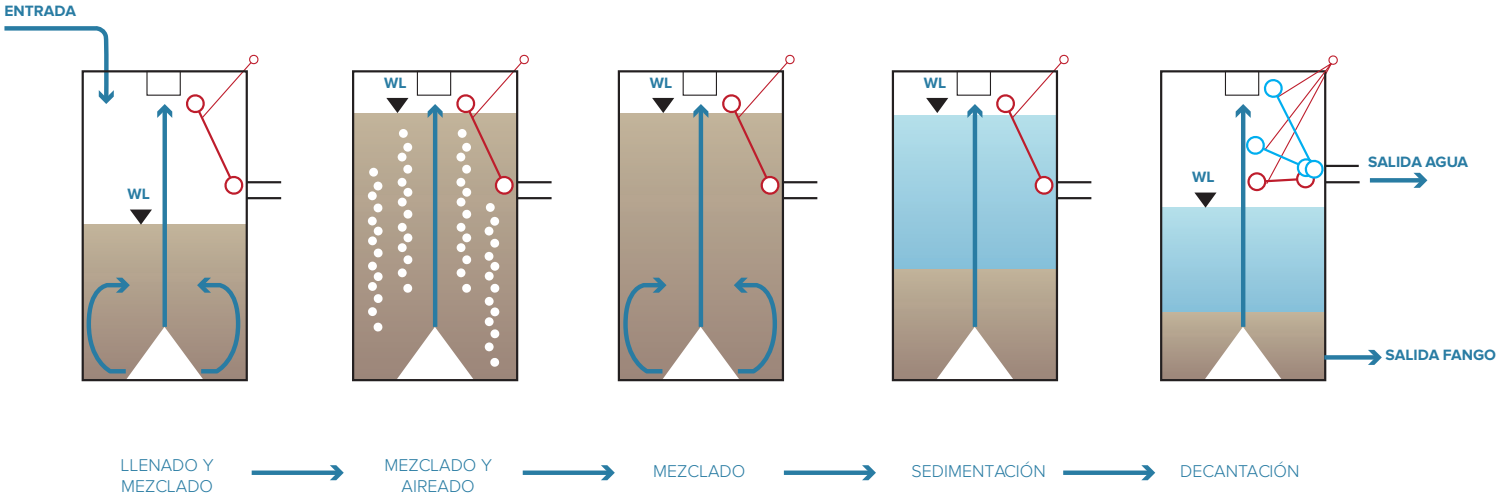


Figura 18. *Esquema SBR.*

Anaerobio UASB

Los procesos biológicos anaerobios son más eficaces y económicos cuando el afluente dispone de una elevada concentración de compuestos orgánicos biodegradables.

El proceso biológico, consume menos energía y además se produce biogás, el cual se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante un proceso de cogeneración.

La producción de fangos es inferior en los sistemas anaerobios.

En un reactor UASB el afluente se alimenta por la parte inferior. Éste atraviesa un manto de fango decantado en la base del reactor en sentido ascendente y accede a la zona donde se lleva a cabo la digestión. Por la parte superior se retira el efluente tratado y el biogás generado.

En función del caudal y aporte de desecho de origen industrial. Condicionara el tipo de tecnología y las características constructivas. La limitación de espacio en la instalación ha llevado en los últimos tiempos la aplicación de SBR y UASB.

La meteorología afecta especialmente por las bajas temperaturas disminuyen las velocidades de las reacciones metabólicas.

No produce grandes impactos, salvo en su caso cierto impacto paisajístico así como tiene flexibilidad frente a variaciones de caudal o carga

La explotación y mantenimiento son complicados y de coste elevado. Se deben realizar tareas de inspección, limpieza y gestión de residuos. El mantenimiento de los equipos mecánicos requiere personal cualificado y atención continuada.

En ciertas tecnologías, se genera cierta dependencia de la empresa fabricante.

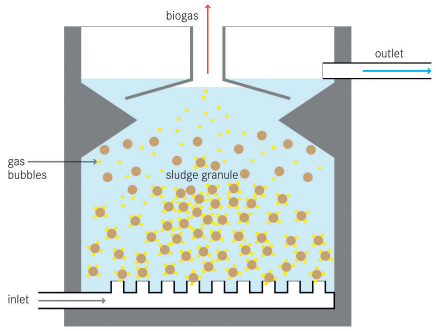


Figura 19. *Esquema UASB.*

Lechos bacterianos o filtros percoladores

Basado en la depuración mediante procesos aerobios con biomasa inmovilizada. Este sistema consta de las siguientes partes:

> *Reactor biológico o lecho bacteriano.* El agua atraviesa por gravedad un relleno de gran superficie específica (piedras/material plástico), sobre el que se desarrollan microorganismos formando una biopelícula que crece hasta un espesor límite a partir del cual se desprende y es arrastrada por el agua. Dispone de sistemas de alimentación de agua (fijos o móviles) y ventilación (natural o forzada).

> *Decantador secundario o clarificador*

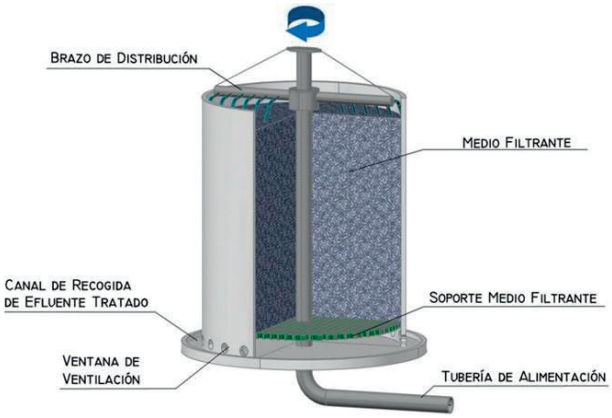


Figura 20. *Esquema lechos bacterianos.*

Contactores biológicos rotativos (CBR)

Los microorganismos responsables de la depuración se encuentran en un soporte que gira semisumergido (adheridos formando una biopelícula). La aireación se produce al estar el soporte en contacto con el aire al realizarse el giro. Este sistema consta de las siguientes partes:

> *Contactor:* un depósito, normalmente semienterrado, alberga los contactores (soportes giratorios). Estos contactores pueden ser biodiscos (discos de material plástico colocados en paralelo y unidos por un eje central), biocilindros (jaula cilíndrica perforada con material plástico en su interior) o sistemas híbridos.

> Decantador secundario o clarificador

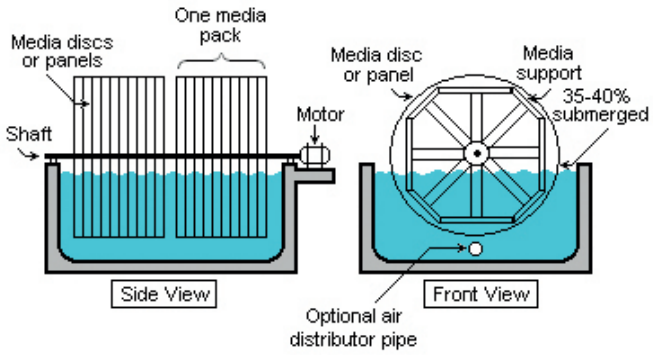


Figura 21. *Esquema lechos bacterianos*

TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS.

Este tipo de tecnologías no es una solución para la industria. En la mayoría de los casos no funcionan adecuadamente. La falta y disparidad de criterios razonables, técnicos y legales perjudican y hacen inviables las tecnologías extensivas (Lagunajes, humedales, filtros de arena, etc.).

Se hace necesaria una superficie para su implantación mayor de la necesaria por otras tecnologías convencionales, impacto por olores generados, posible proliferación de mosquitos.

No tiene complejidad constructiva, nulo coste energético (Si no es necesario el bombeo de aguas), simplicidad operativa y de mantenimiento al no disponer de equipos electromecánicos, no precisa mano de obra muy especializada.

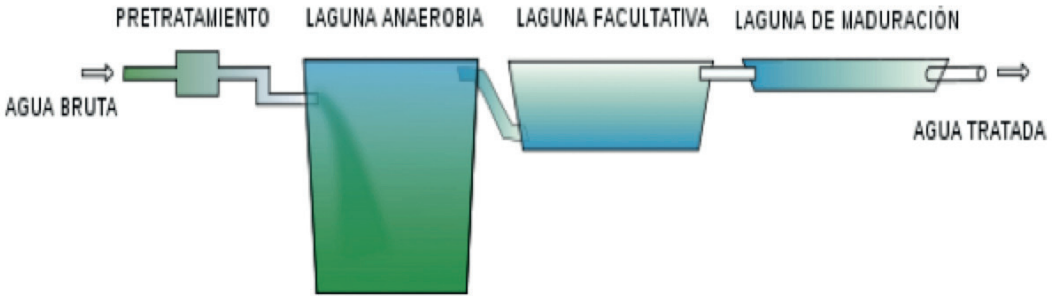


Figura 22. *Esquema lagunaje.*

TRATAMIENTO TERCIARIO:

La finalidad es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos secundarios, por ejemplo, los nutrientes, fósforo, nitrógeno y patógenos.

Estos procesos son de naturaleza biológica o físico química, siendo el proceso unitario más empleado el tratamiento físico-químico. Este consta de:

Coagulación-floculación.

En muchos casos parte de la materia en suspensión está formada por partículas de muy pequeño tamaño, formando una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico.

Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe3+, Al3+) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

Las cantidades a dosificar de polielectrolito, son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

Decantación lamelar.

Separa los elementos semipesados y pesados en suspensión que llevan las aguas residuales y que perjudican al tratamiento posterior, depósitos en las conducciones.

Su funcionamiento se basa en que la carga superficial ($m^3/m^2/d$) de un decantador en caída libre no depende de su altura. El objetivo es incrementar la superficie de decantación superponiendo diferentes planos de decantación sobre la planta de un decantador rectangular. Se utilizan lamelas con un ángulo de inclinación entre 30º y 60º.

La ventaja del sistema lamelar permite que la distancia que deben recorrer las partículas hasta que decanta sea mucho menor, aumentando la capacidad de clarificación respecto a los decantadores tradicionales.

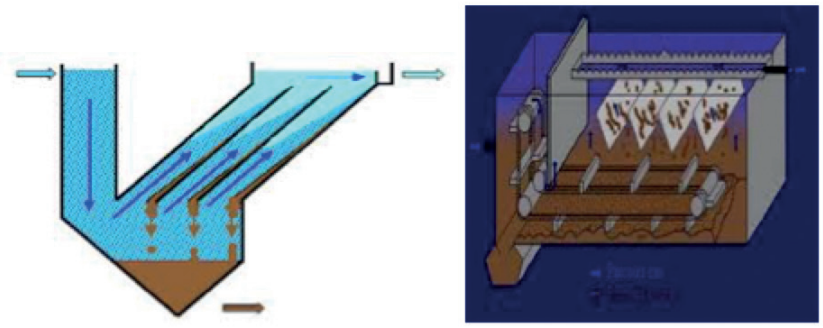


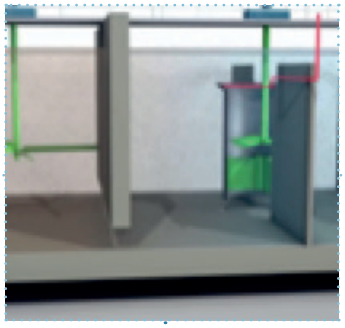
Figura 23. *Esquema decantación lamelar.*

Filtración

Operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable. En la actualidad están utilizándose telas filtrantes, placas... obteniéndose muy buenos resultados y ocupando menos superficie en la EDAR.

Figura 24. *Tratamientos de filtración de efluentes EDAR.*

Otros procesos empleados como tratamientos terciarios son las resinas de intercambios de iones, la adsorción en carbón activo, la ultrafiltración, la ósmosis inversa, la electro desinfección, las membranas cerámicas, etc.



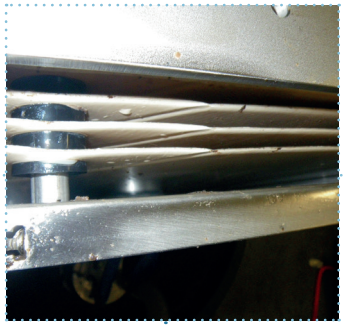
COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Objetivo

Eliminar sólidos en suspensión y materia coloidal.

Proceso físico/químico

Desestabilizar la suspensión coloidel y favorecer la floculación.



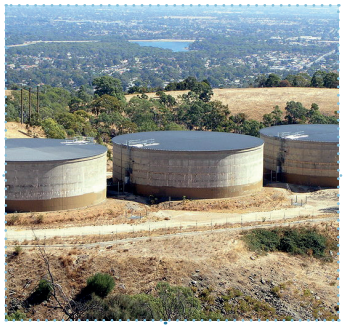
DECANTACIÓN LAMELAR

Objetivo

Separar los elementos semipesados y pesados en suspensión.

Proceso físico

Aumenta la capacidad de sedimentación.



FILTRACIÓN

Objetivo

Retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.

Proceso físico

Pasar agua a través de un medio poros.

DESINFECCIÓN

Objetivo

Eliminar patógenos.

Proceso físico/químico

Uso o productores de desinfectantes.

Figura 25. *Tipos de tratamientos terciarios.*

Desinfección.

Con el objeto de eliminar los patógenos presentes en el agua residual, dentro del sistema terciario entraría la desinfección del agua. Esta desinfección puede hacerse por varias vías, mediante distintos reactivos químicos (hipoclorito sódico, peróxido de hidrógeno, ozono, dióxido de cloro...), mediante radiación ultravioleta, ultrasonidos, fotocatálisis...

En este punto se va a detallar el reactivo más común usado en depuración de aguas y el sistema de radiación más común utilizado.

Dosificación cloro

El cloro en sus múltiples formas ha sido usado en el tratamiento terciario del agua residual

Una solución de cloro puede matar una población entera de *E. coli* en poco más de un minuto, lo que es posible en agua cristalina. En el caso de agua residual, la desinfección es más complicada y el cloro necesita más tiempo para reaccionar. Algunos factores que influyen en ello son:

El agua residual industrial contiene materia orgánica en buena cantidad que también es susceptible de oxidarse. El cloro no discrimina entre bacterias y materia orgánica corriente, así que reaccionará y se consumirá con ambos: si la materia orgánica abunda, el cloro se desperdiciará reaccionando con ella y una cantidad significativa de bacterias sobrevivirá para hacer sentir su presencia en el resultado de coliformes fecales.

Los sólidos suspendidos representan una barrera física: si los microorganismos están resguardados en el interior de las partículas suspendidas, el cloro tardará en penetrar a través de las ellas para poder matar a los patógenos, y eso si es que persiste en el agua por el tiempo suficiente.

La radiación ultravioleta de la luz solar cataliza la conversión de las formas activas de cloro en ion cloruro, por lo que una parte del cloro se consume sin reaccionar.

La temperatura, cuando aumenta, las reacciones se suceden más rápidamente.

Si el agua tiene un pH alto, se debe prolongar el tiempo de contacto del agua con el cloro o añadir mayor cantidad. Si el pH es significativamente alto, se debe incorporar un proceso de neutralización previo. Esto puede hacer inviable su aplicación.

Mantener una concentración constante de cloro es un reto, si el caudal y parámetros del efluente vertido de agua residual es variable. Un sistema clorado controlado por bucle de retroalimentación con el medidor de flujo y parámetros de salida (cloro libre, redox, etc.) es ideal.

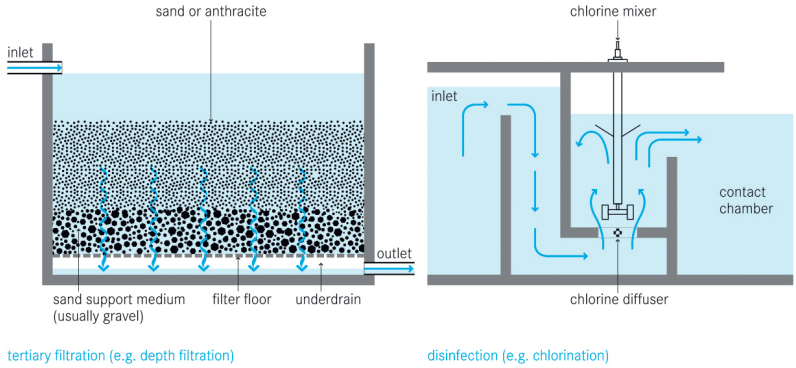


Figura 26. *Desinfección mediante reactivos químicos*

Desinfección UV

No deja residuos o subproductos así que es ideal para agua en contacto con personas, flora o fauna; sin embargo, exige que el agua a desinfectar tenga una turbiedad y contenido de sólidos bajos para actuar apropiadamente y requiere mantenimiento frecuente de las lámparas.

Una característica única de la luz UV es que un intervalo específico de sus longitudes de onda, el comprendido entre los 200 y los 300 nanómetros, se clasifica como germicida, (puede inactivar microorganismos como bacterias, virus y protozoos).

La adecuación de esta tecnología dependerá de la legislación local y el uso que se quiera dar (vertido a cauce público, red alcantarillado, uso agrícola, etc.) Condicionará las características. Los dos sistemas, pueden trabajar juntos o por separado.

La meteorología no afecta a la temperatura del agua y el deterioro de los reactivos (en especial los reactivos almacenados).

En el caso del cloro, se vincula al impacto olfativo (escasa repercusión) o bien por exceso de producto y formación de subproductos (cloratos, cloroformo, trihalometanos (THM), acido acéticos halogenados (HAA), etc.).

Le afectan los cambios de caudal y transmitancia. En todos se ven afectados por las partículas suspendidas en el agua (impide penetrar en ellas para matar las bacterias y en el caso de los UV, además el efecto sombra.

El uso del cloro está incrementando notablemente sus costes. La desinfección UV genera un coste adicional por la sustitución de lámparas, los costes varían en función de si son de media o baja presión.

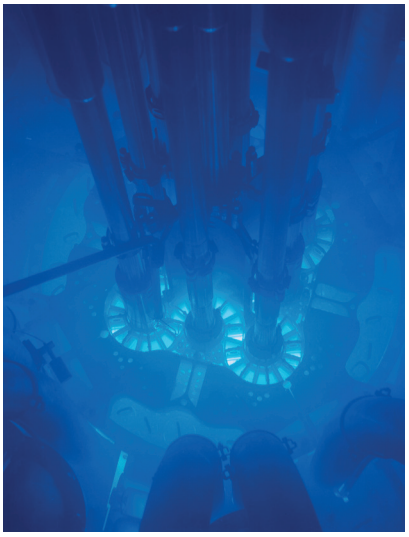


Figura 27. *Desinfección mediante radiación ultravioleta.*

LÍNEA DE FANGOS:

En función del criterio empleado podemos disponer de 3 clasificaciones de los lodos generados durante los procesos de tratamiento de aguas residuales:

Origen del efluente a tratar:

- Lodos industriales
- Lodos urbanos

Etapa del tratamiento del agua residual se hayan generado:

- Lodos Primarios
- Lodos Secundarios (biológicos)
- Lodos Mixtos
- Lodos Terciarios (químicos o físico-químicos)

Según el tipo de tratamiento en la línea de lodos

- Espesamiento: lodos Espesados
- Estabilización: lodos Estabilizados (digeridos)
- Deshidratación: lodos Deshidratados

ESPESAMIENTO
Objetivo
La reducción del volumen del lodo a tratar.
Proceso físico
Espesamiento por gravedad, por

ESTABILIZACIÓN
Objetivo
Reducir patógenos, elinimar olores y reducir MO.
Proceso químico / biológico
Estabilización biológica (Aeróbica, Aeróbica termófica, Compostaje y Anaeróbica) y química (Con cal o con hipoclorito sódico).

ACONDICIONAMIENTO
Objetivo
Mejorar las características del lodo para su deshidratación.
Proceso físico/químico
Acondicionamiento químico, físico (tamizado) y térmico.

DESHIDRATACIÓN Y SECADO
Objetivo
Deshidratación/secado de lodos con o sin acondicionamiento.
Proceso físico/químico
Coagulación previa, deshidratación solar y deshidratación mecánica (Tornillos, Centrífugas, Filtros banda, Filtros prensa, y filtros de vacío).

Figura 28. *Tipos de tratamientos de fangos.*

ESPESAMIENTO

Su función es la reducción del volumen del lodo a tratar, eliminando agua y aumentando así la concentración en sólidos. Incremento de la eficacia y la optimización económica de los procesos posteriores.

Los principales procesos de espesamiento son:

- *Espesamiento por gravedad:* emplea la fuerza de la gravedad. La alimentación se produce por la zona central, en la parte inferior se recogen los lodos espesados y en la superior queda el sobrenadante. Este sistema se emplea en lodos primarios, físico-químico, mixtos que decantan bien por gravedad. Los lodos biológicos decantan lentamente (tratamiento secundario).
- *Espesamiento por flotación:* el lodo se concentra en la parte superior, por la unión de microburbujas, generalmente de aire, a los sólidos en suspensión, que acaban siendo menos densos que el agua. Este tipo de sistema está indicado para el espesado de fangos biológicos debido a su baja capacidad de sedimentación.
- *Espesamiento mecánico:* la concentración de lodo se lleva a cabo aumentando las fuerzas gravitacionales.
- *Tambor rotativo:* separación por filtración, a través del tambor rotativo. Lodos biológicos.
- *Mesas espesadoras:* la separación se produce por drenaje del agua a través de una cinta horizontal porosa en movimiento. Lodos activos o digeridos, no lodos físico-químicos.

En función del tratamiento empleado y disponibilidad de espacio de implantación. Condicionara las características constructivas de los equipos. Siendo de especial implantación los de gravedad y por flotación.

La meteorología, genera afecciones por periodos de altas temperaturas en el caso de gravedad, suelen estar cubiertos y en el resto de los equipos están bajo techo.

Para minimizar el impacto olfativo, es necesaria la reducción de tiempo de retención (evitando acidificación del agua) y la formación de sustancias olorosas. Orgánicos entre los que se hallan los mercaptanos, aminas, ácidos orgánicos y alcoholes. Están muy presentes en los vertidos industriales e inorgánicos amonio y el sulfuro de hidrógeno.

Cuando dispones de poco espacio, los costes de inversión-explotación se incrementan. Suelen ser equipos caros que requieren medidas adecuadas de mantenimiento.

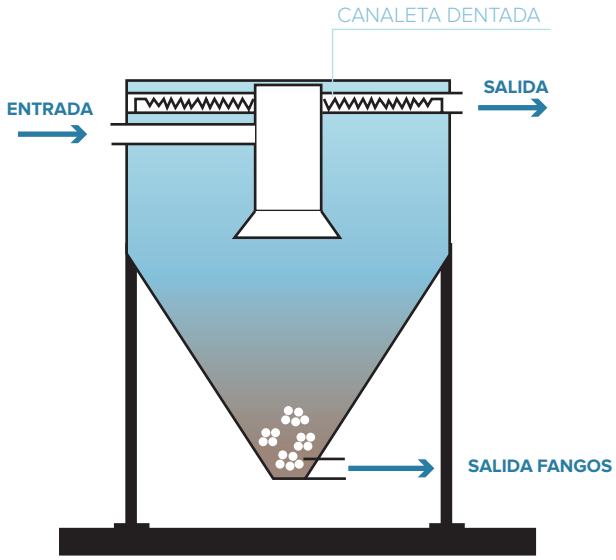


Figura 29. *Esquema de un espesador.*

ESTABILIZACIÓN

Cualquiera de los 3 procesos principales empleados en la estabilización de los lodos permite una reducción de la materia orgánica presente en los mismos, con el fin de:

- Reducir los patógenos
- Eliminar olores
- Reducir o eliminar la capacidad de putrefacción de la MO

Los procesos de estabilización se dividen en:

- Estabilización biológica
- Estabilización aeróbica
- Estabilización aeróbica termófila
- Oxidación con cloro
- Estabilización anaeróbica
- Estabilización química
- Estabilización con cal
- Compostaje

ESTABILIZACIÓN AERÓBICA

Objetivo

Óxidación de la materia orgánica (MO) mediante un aporte de oxígeno en digestores abiertos.

ESTABILIZACIÓN AERÓBICA TERMÓFILA

Objetivo

Óxidación de la materia orgánica mediante un aporte de oxígeno en digestores cerrados a temperatura superior a 50 ºC llegando a cumplir con la regulación vigente en materia de higenización de fangos.

COMPOSTAJE

Objetivo

La descomposición bilógica y la estabilización de la materia orgánica en condiciones controladas y aeróbicas. El resultado es un producto estable y libre de patógenos

ESTABILIZACIÓN ANAERÓBICA

Objetivo

Degradación de la matera orgánica, en ausencia de oxígeno, liberando energía, metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O),

Figura 30. *Tipos de tratamientos de estabilización biológica de fangos deshidratados.*

ESTABILIZACIÓN BIOLÓGICA.

Los más comunes para el tratamiento de lodos son

Estabilización aeróbica: por acción microbiológica, se oxida MO, mediante un aporte de oxígeno en los digestores abiertos. De este modo se reduce la masa final del lodo, modificándolo para adecuarlo a procesos posteriores.

Estabilización aeróbica termófila: desarrollada para conseguir cumplir las regulaciones cada vez más estrictas.

Compostaje: proceso de descomposición bilógica y estabilización de MO en condiciones controladas y aeróbicas. El resultado es un producto estable y libre de patógenos.

Estabilización anaeróbica: Es uno de los métodos más comunes para la estabilización de lodos. Consiste en la degradación de la MO, por la acción de en ausencia de oxígeno, liberando energía, metano (CH_4), dióxido de carbono (CO2) y agua (H_2O), gracias a la acción de algunos tipos de bacterias.

Se produce en 4 etapas: Hidrólisis, Acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

En este proceso deben controlarse:

- pH
- Temperatura
- Alimentación de fango
- Tiempo de retención
- Producción de gas

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.

Es una alternativa a la estabilización biológica para el tratamiento de lodos. El objetivo de este tipo de estabilización es la de reducir o minimizar los patógenos y reducir sustancialmente los microorganismos capaces de producir olores.

Estabilización con cal: El producto aplicado es la cal. Se añade al lodo a la dosis adecuada para mantener el pH a 12 durante el tiempo suficiente (mínimo 2 h) para eliminar o reducir los microorganismos patógenos y los responsables de los olores. Los lodos primarios emplean menos cantidad de cal, que los lodos activados.

Oxidación con cloro: no está extendido a nivel industrial. Se incorpora una dosis alta de cloro al lodo a tratar. Se lleva a cabo en reactores cerrados y se necesitan periodos de retención cortos.

En función de la industria y su tamaño. El más utilizado en la estabilización biológica anaeróbica.

La meteorología afecta principalmente en la estabilización anaeróbica la temperatura, los periodos de bajas temperaturas, el descenso del rendimiento en la producción de biogás es importante

Impacto olfativo y riesgo de explosión. Para minimizar estos hay que controlar y mantener estable el proceso.

No soporta bien los cambios de parámetros (caudal y carga) en el caso estabilización anaeróbica. Es necesario disponer de un depósito de almacenamiento previo.

La estabilización anaeróbica genera biogás que si se aprovecha reduce los costes del proceso. El llevar presentes algunos compuestos corrosivos, lleva aparejados unos costes de mantenimiento, dependiendo de los materiales empleados en la digestión y la tecnología utilizada para el proceso.

ACONDICIONAMIENTO

Los lodos de consistencia gelatinosa pueden dificultar las operaciones de secado. En estos casos se realiza un acondicionamiento previo para mejorar las características del lodo para su deshidratación. Los métodos más frecuentes son:

- Acondicionamiento químico
- Acondicionamiento térmico

Figura 31. *Tipos de acondicionamiento químico-térmico del fango para su deshidratado.*

ACONDICIONAMIENTO QUÍMICO

Se trata de un proceso de coagulación de los sólidos y la liberación del agua absorbida, mediante un coagulante químico. Su implantación es más sencilla que el acondicionamiento térmico.

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Proceso que realiza un calentamiento de los lodos a temperaturas que varían entre 160-210 °C durante cortos períodos de tiempo bajo presión. Esto provoca una coagulación de los sólidos y un cambio en la estructura, reduciéndose la afinidad del agua por parte de los sólidos del lodo.

Es necesario disponer de un depósito de almacenamiento previo.

Los costes de mantenimiento al trabajar vía química o térmica llevan aparejados unos costes de implantación y mantenimiento importantes. Considerando que se suele disponer de una línea de deshidratación posterior además de impacto olfativo, hace que no sea una opción interesante.

La afección más destacada seria la temperatura y las lluvias en el caso de estar expuestos los lodos.

DESHIDRATACIÓN

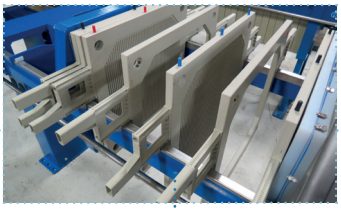
Operación física (natural o mecánica) cuya finalidad es reducir el contenido de humedad del lodo y su volumen. Sus objetivos principales son:

- Aumentar el contenido de materia seca del lodo de un 3-40%
- Mejorar el manejo y transporte de los lodos
- Disminuir los costes de transporte por reducción de volumen
- Aumentar el poder calorífico por disminución de la humedad

Los sistemas naturales son los menos utilizados. Los mecánicos desde el punto de vista económico las tecnologías de deshidratación se adoptan en función de las características del fango (condicionado por la industria en cuestión):

- Centrífugas
- Filtros de prensa
- Filtro banda

CENTRÍFUGA
Objetivo
Separación de la fase líquida y sólida mediante fuerza centrífuga.



FILTRO DE PRENSA
Objetivo
Separación de la fase líquida y sólida mediante proceso de filtrado.

FILTRO BANDA
Objetivo
Separación de la fase líquida y sólida mediante proceso de drenaje por gravedad con una aplicación mecánica de presión.

Figura 32. *Tipos de sistemas para deshidratación de fangos.*

SISTEMAS MECÁNICOS

- *Centrífugas:* Consisten en un tambor cilindro-cónico de eje horizontal que se fundamenta en la fuerza de centrifugación para la separación de la fase sólida del agua. Hay dos tipos de centrifugación contra corriente y equicorriente, dependiendo del sentido de los sólidos y el líquido.
- *Filtro de prensa:* constan de una serie de placas rectangulares verticales dispuestas una detrás de otra sobre un bastidor. Sobre las caras de estas placas se colocan telas filtrantes, generalmente de tejidos sintéticos. El proceso de filtrado varía entre 25 horas, dependiendo de la duración de las diferentes etapas que pasamos a enumerar a continuación: Llenado, filtrado, descarga, limpieza. Gran superficie de filtración con poco espacio ocupado. El trabajo discontinuo es inconveniente por sí mismo.

- *Filtro de banda:* alimentación continua de fango, donde se realiza también un acondicionamiento químico (polielectrolitos). Se produce un drenaje por gravedad y después se hace pasar al fango por una aplicación mecánica de presión para que se produzca la deshidratación, gracias a la acción de unas telas porosas.

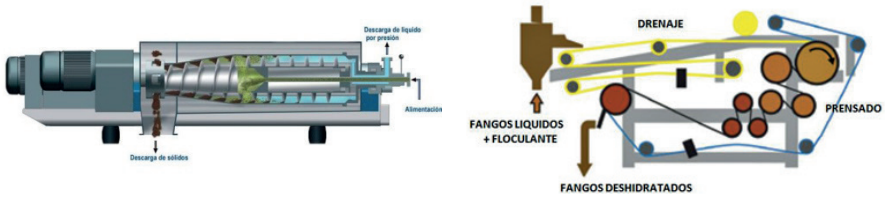


Figura 33. *Esquemas equipos deshidratación de fangos.*

SISTEMAS NATURALES

Como más representativos se encuentran las eras de secado, compuesto de capas de materiales drenantes dispuestas de forma vertical en un receptáculo. El fango se hace pasar sobre estas capas de grava o arena produciéndose el filtrado y la deshidratación de los lodos por evaporación.

La meteorología es la afección más destacada es al sistema natural. El inconveniente, es estar sujeto a la evaporación condicionada por la climatología de la zona y las características del lodo. Además genera un impacto visual y olfativo. Requiere gran superficie.

Los cambios de caudal y carga están limitados por la climatología.

Los costes de implantación inicial y de explotación son bajos y la instalación representa un bajo consumo energético.

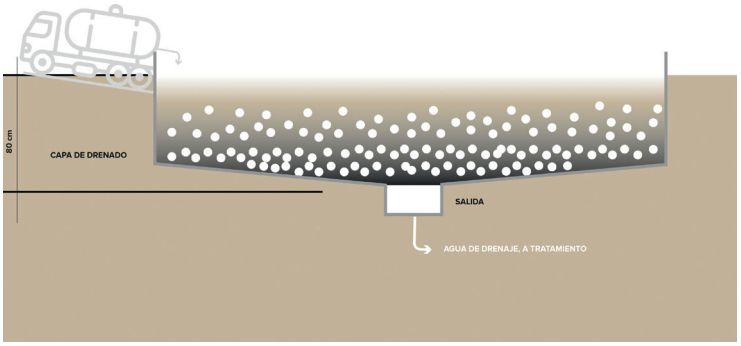


Figura 34. *Esquema eras de secado*

7.2.5 Evacuación

Todas las estaciones necesitan gestionar sus residuos finales. En función de la calidad de los fangos obtenidos por el tipo de industria (contaminante) tendrá que estudiar el destino de los lodos cumpliendo siempre con normativa.

Los costes van asociados a la evacuación y gestión de los lodos. Estos varían en función del destino de estos y del tratamiento que haya que realizar (en el caso de residuos peligrosos).

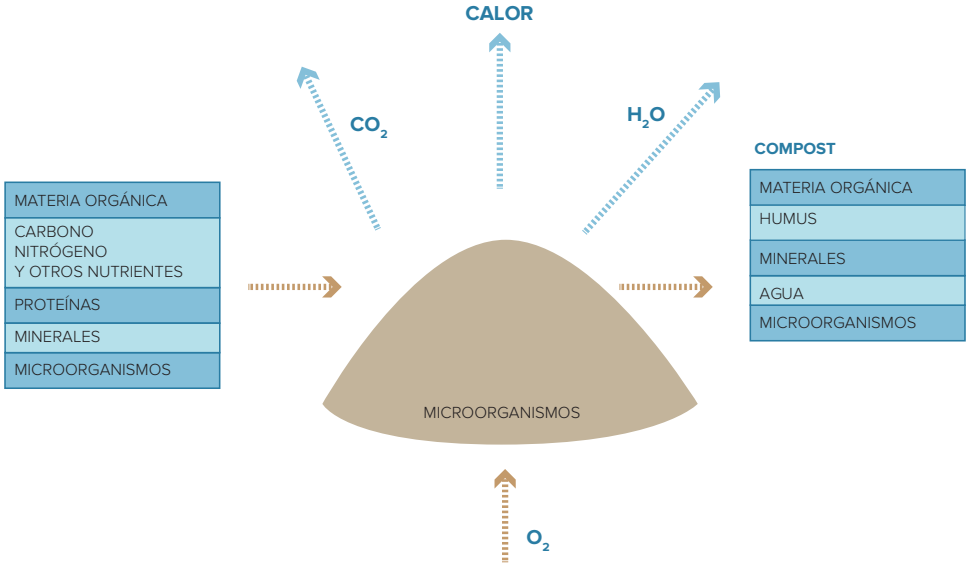


Figura 35. *Esquema tratamiento de lodos.*

Hay razones legales y medioambientales que aconsejan el desarrollo de tratamientos posteriores de los fangos, para conseguir una mayor reducción de su volumen y mejorar sus características mecánicas y sus propiedades para un mejor aprovechamiento posterior. Entre estos tratamientos existen diferentes objetivos finales que requieren técnicas especializadas:

> Técnicas que conducen a una valorización agronómica del fango tratado.

> Técnicas que permiten la valorización energética del fango.

> Técnicas de secado térmico mediante la utilización de fuentes de energía convencionales o de energía solar, y que permiten una posterior valorización tanto agronómica como energética de los fangos.

Los fangos son destinados habitualmente en función de las características del fango (condicionado por la industria en cuestión) a:

- Vertedero.
- Agricultura.
- Compostaje.
- Incineración.

VERTEDERO
Objetivo
Destino final del residuo y valorización del residuo.

AGRICULTURA
Objetivo
Abonado y enmienda orgánica

COMPOSTAJE
Objetivo
Estabilización biológica del fango

INCINERACIÓN
Objetivo
Destrucción final de la materia orgánica

Figura 36. *Tipos de tratamiento del fango deshidratado tras su evacuación.*

Vertedero

Es la primera opción que se baraja por parte del productor ya que es la más sencilla y rápida, contratando a gestores de lodos. Este destino estaría dentro de las técnicas que permiten la valorización energética del fango.

Agricultura

Este destino tiene como objetivo el abono y enmienda orgánica del suelo, contratando a gestores de lodos que se encargan de buscar a agricultores para que los utilicen como abonos. El inconveniente estaría en el proceso de búsqueda, análisis y registro de parcelas de aplicación a la autoridad competente.

Compostaje

Es una estabilización biológica del fango, mejorando sus propiedades para su uso como fertilizante orgánico, permitiendo un doble beneficio, obtener un producto de calidad para la agricultura y la gestión del residuo generado por la EDAR.

Incineración

Es muy costoso y como fin tiene la destrucción de la materia orgánica, quedando de los residuos sólo las cenizas o materia inorgánica.

LÍNEA DE GAS:

El biogás, es un combustible que se obtiene a partir de la digestión anaerobia del agua residual y fangos biológicos. Es empleado fundamentalmente en la generación eléctrica y térmica en motores o térmica en calderas.

A la hora de realizar los trabajos de construcción de los elementos (tuberías, tornillería, instrumentación etc.) de la línea de biogás, se ha de tener en cuenta en todo momento el cumplimiento de la legislación para evitar zonas ATEX (atmosferas explosivas y si las hubiera cumplir con normativa).

COGENERACIÓN
Objetivo
Aprovechamiento energético el subproducto obtenido en la digestión anaerobia (biogás)
Proceso físico
Producción de energía

Figura 37. *Cogeneración de biogás.*

Cogeneración

Aprovecha el subproducto obtenido en la digestión anaerobia. Las ventajas y aspectos a tener en cuenta del biogás son los detallados a continuación:

- Cogenerar energía es viable económicamente a partir de una producción importante de biogás.
- El biogás generado puede producir entre 50 y 100% de la energía requerida en de la instalación.

- Se consigue una doble función: la generación de energía eléctrica y el aprovechamiento térmico de los gases de escape de los motores.
- El biogás, tiene una composición principalmente metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) y otros componentes perjudiciales (H_2S, siloxanos, NH_3, etc.).
- Los fangos solo son combustibles cuando alcanzan una sequedad que se acerca a un 50%.
- Tipos de máquinas utilizadas para su aprovechamiento energético (motores, turbinas, calderas, pila de combustible, etc.).
- En la selección de los equipos, tenemos que prever la limpieza del biogás, para garantizar que es apto para ser usado.

Existen diferentes métodos y técnicas de limpieza del biogás cuya finalidad es la reducción de siloxanos y sulfhídrico, perjudiciales para los equipos mecánicos y cogeneración:

> Específico, los biofiltros y filtros de hierro (H_2S). Trampa de vapor y condensación. (humedad).

> Generales, carbón activo y combinación de métodos (H_2S, siloxanos, vapor, etc.).

En función del tamaño y tipo de industria, se debe calcular el desarrollo de su producción de energía eléctrica en el mercado actual, para estudiar su viabilidad.

Pueden generar impacto sonoro y emisión de gases.

Existe depósito para almacenar el biogás (gasómetro) y en caso de exceso, se quema en la antorcha.

Los costes iniciales de implantación y explotación son importantes. Los equipos que utilizan este biogás necesitan limpiarlo para su utilización y minimizar los problemas de mantenimiento, principalmente por corrosión.

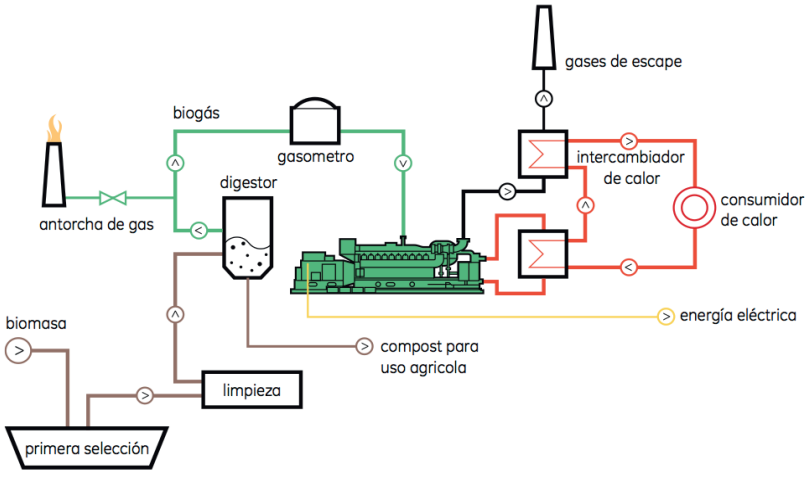


Figura 38. *Esquema cogeneración.*

7.4 LÍNEA DE DESODORIZACIÓN

Esta línea es de gran importancia, para la instalación y su entorno. Los olores producidos en las estaciones depuradoras provienen de los gases disueltos en las propias aguas residuales, o producidos por transformaciones que se producen en el proceso de tratamiento.

Los olores se hacen más intensos cuando se originan movimientos bruscos que provocan turbulencia (bombeos, vertederos, resaltos de agua, etc.) y por un aumento de temperatura.

La desodorización consiste en evitar que los olores desagradables que se generan afecten al medio de trabajo y a las zonas colindantes.

Operaciones de tratamiento:

- Confinamiento de las fuentes de olor mediante la instalación de coberturas de los depósitos, colectores, arquetas, etc. lo más próximas al agua.
- Aspiración del aire viciado mediante turbina y tuberías de recogida creando una depresión en las zonas confinadas, evitando la salida de olor al exterior, y llevando el aire sucio a la zona de tratamiento.
- Tratamiento adecuado. Los más utilizados son desodorización por vía química, carbón activo y biológica.
- Una vez que el aire ha sido tratado, se realiza una dispersión de este aire limpio a través de chimeneas al exterior a un punto elevado de la atmosfera para evitar afecciones al medio de trabajo y zonas colindantes.

Zonas productoras de olor:

- Obra de llegada, pozo de gruesos -Reja de gruesos, finos, tamices -Desarenado-desengrasado.
- Decantadores primarios.
- Zonas anaerobias y anóxicas del biológico. Vertedero de clarificadores.
- Espesadores de fangos -Tratamiento de fangos primarios -Depósitos tampón -Digestión de fangos – (Post-espesadores) -Secado de fangos.
- Deshidratación de fangos.

Clasificación de zonas:

- Altamente contaminadas sin acceso de personal.
- Contaminadas con acceso de personal.
- Sin contaminación.
- Se tratará el aire de las dos primeras zonas, intentando que en ellas se trabaje en depresión, con el objetivo de no contaminar las zonas limpias.

Sistemas de tratamiento de los gases generados:

> Desodorización por Lavado Químico.
> Desodorización por Carbón Activo.
> Desodorización Biológica.

Partiendo del tipo de industria y tamaño. Una vez puesta en marcha la E.D.A.R.I. y cuando se encuentre en régimen, se recomienda realizar un estudio olfatométrico. Estudiados sus resultados determinar el tipo de tratamiento o realizar las modificaciones oportunas en los sistemas de captación y tratamiento del aire.

Dadas las diferentes densidades de los gases presentes, se deberá definir una red superior o inferior de canalizaciones de captación o ambas llegado el caso.

La meteorología afecta de forma distinta a la producción de olores. Hay que realizar mediciones periódicas, aconsejable cada año (en especial frente a cambios de temperatura y humedad), de la producción de olores con especial atención a la entrada y salida de los sistemas de tratamiento del aire.

Genera impacto de emisión de gases, con el consiguiente afección en las inmediaciones.

Los cambios de carga y caudal afectan considerablemente, suelen ser tratamientos sobredimensionados y no se tiene un control en continuo (automático). En base a la contaminación, se producirá el agotamiento del elemento o reactivos, según el caso.

Los costes iniciales de implantación y explotación pueden variar en base de la tecnología utilizada.

Los costes de explotación se remitirán al mantenimiento electromecánico de los equipos instalados, a los trabajos propios de mantenimiento, a los costes de suministro eléctrico, y a los costes de consumo de reactivos.

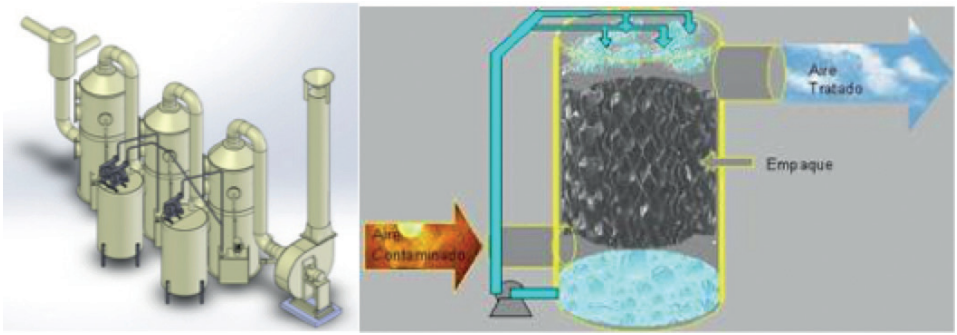
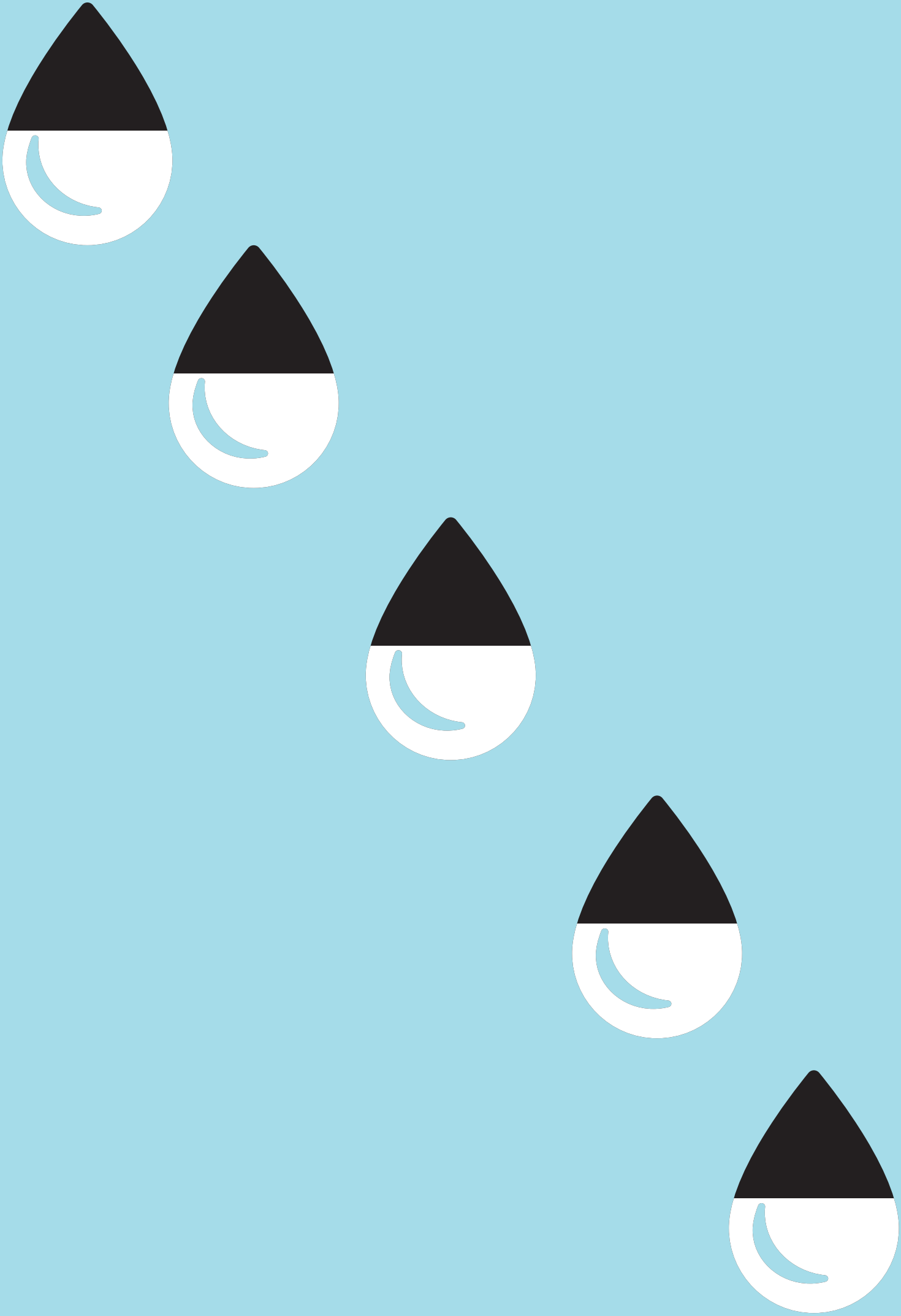


Figura 39. *Sistemas de desodorización en EDAR.*

8. OBLIGACIÓN LEGAL EMPRESA Y RESPONSABILIDAD COMPARTIDA. MARCO NORMATIVO

España está obligada como miembro de la unión europea, a cumplir la normativa comunitaria. Con la premisa del que contamina paga.

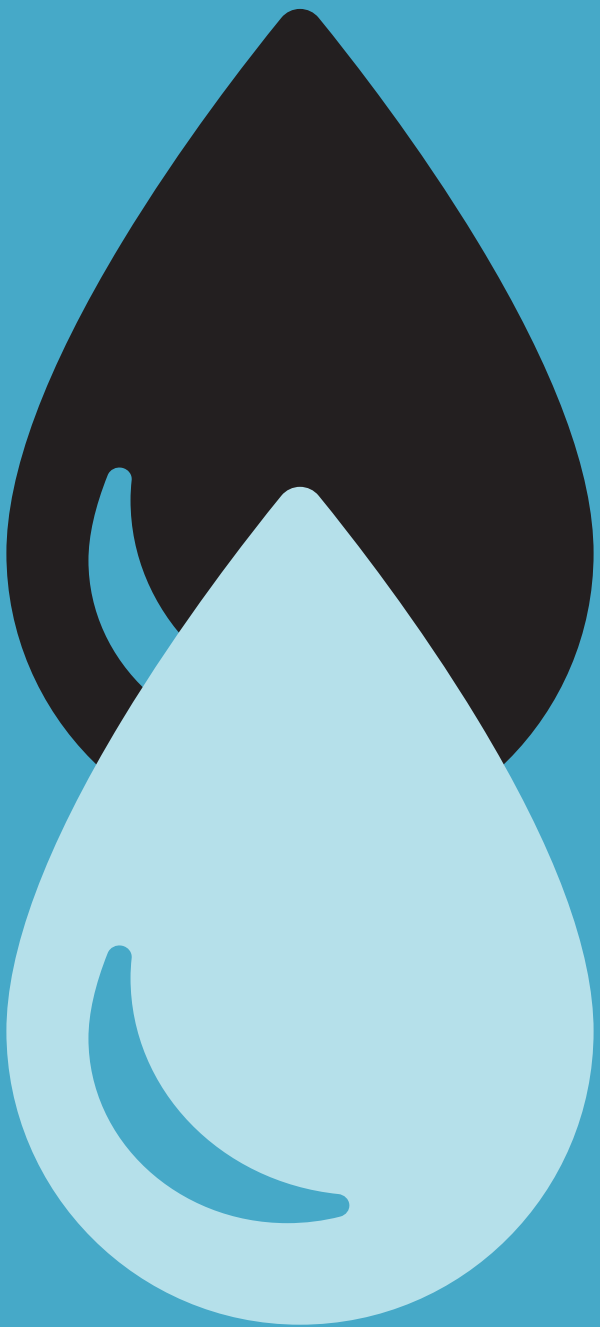


9. CONCLUSIÓN

Resolver el problema de depuración industrial, logrando un tratamiento adecuado, no es una cuestión de disponibilidad tecnológica sino de acierto en la correcta selección de la tecnología más apropiada para cada situación.

Los principales problemas de depuración en el sector de alimentación, van asociados al consumo de agua que se utiliza en el sector. Gran parte de la misma termina como corriente de agua residual. Toda el agua captada, será vertida, excepto la que sea necesaria en algún caso como agua de proceso (aportada al producto).

Los principales puntos que contribuyen en volumen y/o carga contaminante al efluente final proceden de restos de los procesos de limpieza (equipos, instalaciones y del propio producto) o cocción del producto, materia prima, etc. Es fundamental el grado de optimización del consumo de agua.



10. ANEXOS

10.1 ANEXO I MARCO NORMATIVO.

La implantación, ampliación o modificación de un sistema de depuración en una industria supone estar sometido a exigencias en materia de autorizaciones o licencias ambientales, así como las referentes a la legislación sectorial.

Los titulares de las empresas existentes incluidas en el ámbito de aplicación del reglamento del registro de establecimientos industriales de la Región de Murcia deberán cumplir con el Decreto 47/2003, de 16 de mayo, por el que se aprueba el reglamento del Registro de Establecimientos Industriales de la Región de Murcia considerando que la implantación, ampliación o modificación de un sistema de depuración supone una modificación o ampliación del registro industrial de dicha industria.

La ley 4/2009 establece el régimen jurídico y los procedimientos integrados de intervención administrativa a los que deben sujetarse los planes, programas, proyectos y actividades que pueden afectar al medio ambiente, así como diversos mecanismos de fomento, con la finalidad de alcanzar un elevado nivel de protección del medio ambiente en el marco de las competencias de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Dentro de esta ley se distinguen las autorizaciones generales (autorización ambiental integrada, evaluación de impacto ambiental, licencia de actividad) y las autorizaciones ambientales sectoriales (en materia de residuos, de contaminación atmosférica, y de vertidos, tanto al mar y como al alcantarillado).

Se establecen Según el artículo 25 de la Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada:

“Artículo 25.- Instalaciones sometidas a la autorización ambiental integrada.

1. Se exigirá autorización ambiental integrada para la construcción, montaje, explotación o traslado, así como la modificación sustancial de las instalaciones, en los supuestos establecidos por la legislación básica estatal.

2. El régimen aplicable a la autorización ambiental integrada será el establecido por la legislación básica del Estado y por las disposiciones contenidas en la presente ley."

Se pueden comprobar las actividades sujetas a autorización ambiental integrada consultando el Anexo I del Real Decreto Ley 1/2016, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrado de la contaminación.

Según el artículo 3, once, del Decreto-ley 2/2016, de 20 de abril, de medidas urgentes para la reactivación de la actividad empresarial y del empleo a través de la liberalización y da la supresión de cargas burocráticas:

Once.- Se modifica el capítulo III del título II de la Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada, que pasa a denominarse "Autorizaciones ambientales sectoriales"

"Artículo 45.- Remisión a la normativa estatal.

1. Son autorizaciones ambientales sectoriales las exigidas por la normativa estatal, y comprenden: las relativas a la gestión de residuos, reguladas por la legislación de residuos; las de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, reguladas por la legislación de calidad del aire y protección de la atmósfera; y las de vertidos al mar, reguladas por la legislación de costas.

2. Para la implantación de instalaciones o actividades, la Consejería competente en materia de medio ambiente no exigirá otras autorizaciones que las establecidas en la legislación estatal."

En los siguientes apartados se desarrollan los marcos normativos en materia de vertidos de aguas residuales y residuos.

MARCO NORMATIVO VERTIDOS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES AL ALCANTARILLADO

Las competencias administrativas en materia de vertidos se distribuyen en función del medio receptor del mismo. Así nos encontramos en competencias en los tres ámbitos legislativos españoles.

Figura 40. *Normativa según distintos vertidos.*

La **Administración General del Estado** tienen competencia exclusiva sobre las siguientes materias: la_legislación, ordenación y concesión de recursos y aprovechamientos hidráulicos cuando las aguas discurran por más de una Comunidad Autónoma.

El órgano competente para vertidos a Dominio Público Hidráulico (ríos, ramblas, lagos, acuíferos, etc.) es la Confederación Hidrográfica del Segura, perteneciente al Ministerio con competencias en Medio Ambiente.

El Real Decreto Legislativo 1/2001, 20 julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, así como su destino final para la protección y mejora del medio receptor de cada cuenca hidrográfica, establece el cálculo del Canon de vertido a cauce público que tiene carácter periódico y anual, y nace en el momento en que se otorga la autorización de vertido concedida por la Confederación Hidrográfica del Segura

Se debe de abonar durante el primer trimestre de cada año natural el correspondiente al año anterior. Su importe viene fijado en la Resolución de autorización del vertido.

La Administración de la **Comunidad Autónoma de la Región de Murcia**, es competente en la gestión de la calidad de aguas interiores y vertidos al mar desde tierra (dominio público marítimo terrestre).

En la Ley 3/2000, de 12 de julio, de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia se establece la implantación del Canon de Saneamiento que nace como un impuesto que responde al principio medioambiental “quien contamina paga” y cuya finalidad es asumir los costes de gestión, conservación y mantenimiento de las instalaciones públicas de saneamiento y depuración, a través de la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración (ESAMUR).

El desarrollo normativo del canon de saneamiento se realiza mediante el Decreto 316/2007, de 19 de ocubre, por el que se aprueba el Reglamento del Canon de Saneamiento de la Región de Murcia.

En cuanto al uso del agua se reconocen dos categorías, Usos Domésticos realizados en viviendas y determinadas actividades con consumos inferiores a 1500 m^3/año y Usos No Domésticos correspondientes a las actividades industriales y comercial y servicios con consumos superiores a a 1500 m^3/año.

Para los Usos No Domésticos se aplica un Coeficiente Corrector cuyo valor depende de la mayor o menor carga contaminante aportada por el agua residual vertida. En caso de existir detracciones antes del vertido se aplica también un Coeficiente de Volumen.

La Tarifa vigente del Canon de Saneamiento es la establecida por la Ley 3/2002 de 20 de mayo, y sus valores numéricos modificados posteriormente por la Ley 1/2017, de 9 de enero, de Presupuestos Generales de la CARM para 2017.

El Artículo 2 del Decreto Ley 4/2014, de 30 de diciembre, de medidas tributarias de apoyo a las empresas, y de organización y simplificación administrativa, introduce una bonificación del 20% en tarifa del Canon de Saneamiento para usos no domésticos si se cumplen determinados requisitos de tratamiento antes del vertido.

Por último, a la **Administración Municipal**, le corresponde autorizar y regular los vertidos al alcantarillado público, a través de ordenanzas municipales y a través del *Decreto 16/1999, de 22 de abril, sobre vertidos de aguas residuales industriales al alcantarillado* de ámbito autonómico, que fija los criterios mínimos a los que deben atenerse todas las ordenanzas municipales.

En el anexo I de dicho decreto se encuentran recogidas las industrias y actividades sometidas a la obtención de la autorización de vertido. En el anexo II se encuentra la relación de vertidos prohibidos. Los valores máximos instantáneos de los parámetros de contaminación están recogidos en el anexo III y los métodos analíticos establecidos para la determinación de las características de los vertidos en el anexo IV.

Actualmente, **las autorizaciones de vertido al alcantarillado quedan integradas en las correspondientes licencias de actividad**, por lo que la documentación técnica que sea aportada para dicha tramitación deberá incluir también una descripción detallada del vertido que se pretende realizar. Dichas autorizaciones serán revisadas cada 4 años.

La Consejería de Agricultura y Agua podrá, excepcionalmente, y previo informe de la Consejería de Sanidad y Consumo, admitir concentraciones superiores para aquellos vertidos de aguas residuales, cuyas circunstancias particulares, debidamente justificadas, así lo aconsejen, salvo en el caso de que impidan el correcto funcionamiento de los colectores e instalaciones de depuración.

MARCO NORMATIVO EN MATERIA DE RESIDUOS

La gestión de los residuos viene recogida en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados donde se establecen los cumplimientos a que son sometidos un productor u otro poseedor inicial de residuos no peligrosos. Esta ley impulsa medidas que mitiguen los impactos sobre la salud y el medioambiente. Por otro lado, tiene como objeto regular el régimen jurídico de los suelos contaminados.

En los anexos I y II se enumeran las operaciones de eliminación y valorización de residuos. El anexo III describe las características de los residuos que permiten calificarlos como peligrosos. El anexo IV incluye medidas de prevención de residuos y el V especifica el contenido de los planes autonómicos de gestión de residuos. Los anexos VI, VI y VIII establecen la información relacionada con las autorizaciones para el tratamiento de residuos. Los anexos IX y X especifican el contenido y autorización de la responsabilidad ampliada del productor. Finalmente, en el anexo XI y XII se encuentran recogidas las obligaciones de información en materia de suelos contaminados.

MARCO NORMATIVO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El marco normativo en materia de contaminación atmosférica viene definido por la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera (BOE nº 275, de 16/11/2007), así como en el Real Decreto 100/2011, de 28 de enero y su corrección de errores, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación (BOE nº 25, de 29/01/2011)

10.2 ANEXO II MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO

El mantenimiento está definido como, “el conjunto de las acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en condiciones de asegurar un servicio determinado”. Establecer un buen plan de mantenimiento resulta fundamental para lograr un adecuado funcionamiento de la planta.

La Política de Mantenimiento a elegir comprende:

- Tipo de mantenimiento a efectuar. Implantación de un plan de Mantenimiento.
- Nivel de Mantenimiento preventivo a aplicar.
- Establecer un plan de vaciados.
- Selección de equipos y materiales de fabricación (recomendamos Aceros inoxidables en estructuras metálicas y equipos)
- Los Recursos Humanos necesarios y su estructuración.
- El Nivel de Subcontratación (Mto. Externo) y tipos de trabajos a subcontratar.
- La Política de stocks de repuestos a aplicar.

Objetivos:

- Mantener el funcionamiento de la EDAR de forma ininterrumpida y en parámetros de funcionamiento.
- Disminuir al máximo el tiempo de parada en caso de avería.
- Limitar en el tiempo el envejecimiento del material debido a su funcionamiento.
- Reducir los costes de reparación al intervenir en el momento adecuado.
- Intentar conseguir el máximo aprovechamiento energético y la mayor eficiencia posible.
- Cumplir estrictamente la Normativa de Seguridad y Salud.

Mantenimiento (tipos):

Hemos contemplado, en líneas generales, 5 tipos:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo (Incluye el Legal o Reglamentario).
- Mantenimiento Predictivo (Monitorizado y condicional).
- Mantenimiento Modificativo.
- Tareas de Conservación.

Mantenimiento Correctivo.

El Mantenimiento Correctivo es el efectuado después del fallo/avería para reparar averías/ incidencias.

Mantenimiento Preventivo (Incluye el Legal o Reglamentario).

El Mantenimiento Preventivo, efectuado a intervalos regulares de tiempo (Sistemático), según un programa de mantenimiento establecido y teniendo en cuenta la criticidad de cada máquina/elemento y la existencia o no de reserva. Recomendable establecer un sistema de gestión.

Mantenimiento Predictivo.

El Mantenimiento Predictivo, que más que un tipo de mantenimiento se refiere a las técnicas de detección precoz de síntomas para ordenar la intervención antes de la aparición del fallo. Ej. Termografía, Medición nivel de vibración, Ferrografía de aceites, etc.

Mantenimiento Modificativo.

Es aquel que, realizado por personal altamente cualificado, trata mediante operaciones de cambios de diseño, mejoras, selección de equipos, etc., alargar la vida útil de los equipos, optimizar el consumo energético, reducir las averías imprevistas e incrementar la disponibilidad de las máquinas.

Tareas de Conservación.

Engloba todas las actividades que, realizadas por personal cualificado, permiten mantener en perfectas condiciones la obra civil, los viales de servicio y la Jardinería. Puede o no estar dentro del plan de mantenimiento de las instalaciones para reducir el número de órdenes de trabajo. De estar fuera, se incluye dentro de las tareas de entretenimiento diarias/semanales de las instalaciones.

El plan de mantenimiento preventivo de los equipos deberá tener en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, adaptándolas a las circunstancias propias y es recomendable, especialmente en equipos críticos, contar con revisiones periódicas y más especializas de los fabricantes.

Implantación de un sistema de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO):

Entendemos 3 fases para la implantación de un plan de mantenimiento.

En primer lugar, es necesario evaluar la instalación elaborando **un informe inicial** describiendo de las distintas instalaciones/equipos existentes, documentación necesaria (Manual de operación y Mto. según fabricante, revisiones, etc.), reglamentación a aplicar, puntos críticos y anomalías encontradas en cada instalación, clasificándolas en tres niveles (A, B y C) en función de su estado de conservación para garantizar operación.

En segundo lugar, **elaborar un plan de mantenimiento preventivo definiendo los trabajos que hay que realizar periódicamente**. Este ha de incluir un plan de pinturas, un plan de lubricación, Mtos. legales y un plan de vaciados. Dependiendo de los medios humanos y la cualificación del personal, establecer el % de Mto. Correctivo frente al preventivo a realizar. Se puede implementar tareas de Mto. Predictivo dentro del plan de Mto. preventivo.

En tercer lugar, **implantar el plan de mantenimiento establecido**. Recomendamos plantear un primer plan básico estableciendo la periodicidad por días y semanas. Tras 6 meses, implementar por ordenador un sistema de gestión (**englobar el control de almacén/repuestos** dentro del plan de Mto) que genere las órdenes de trabajo (OT/tareas) cuya periodicidad sea por horas de funcionamiento y en su defecto por días o semanas.

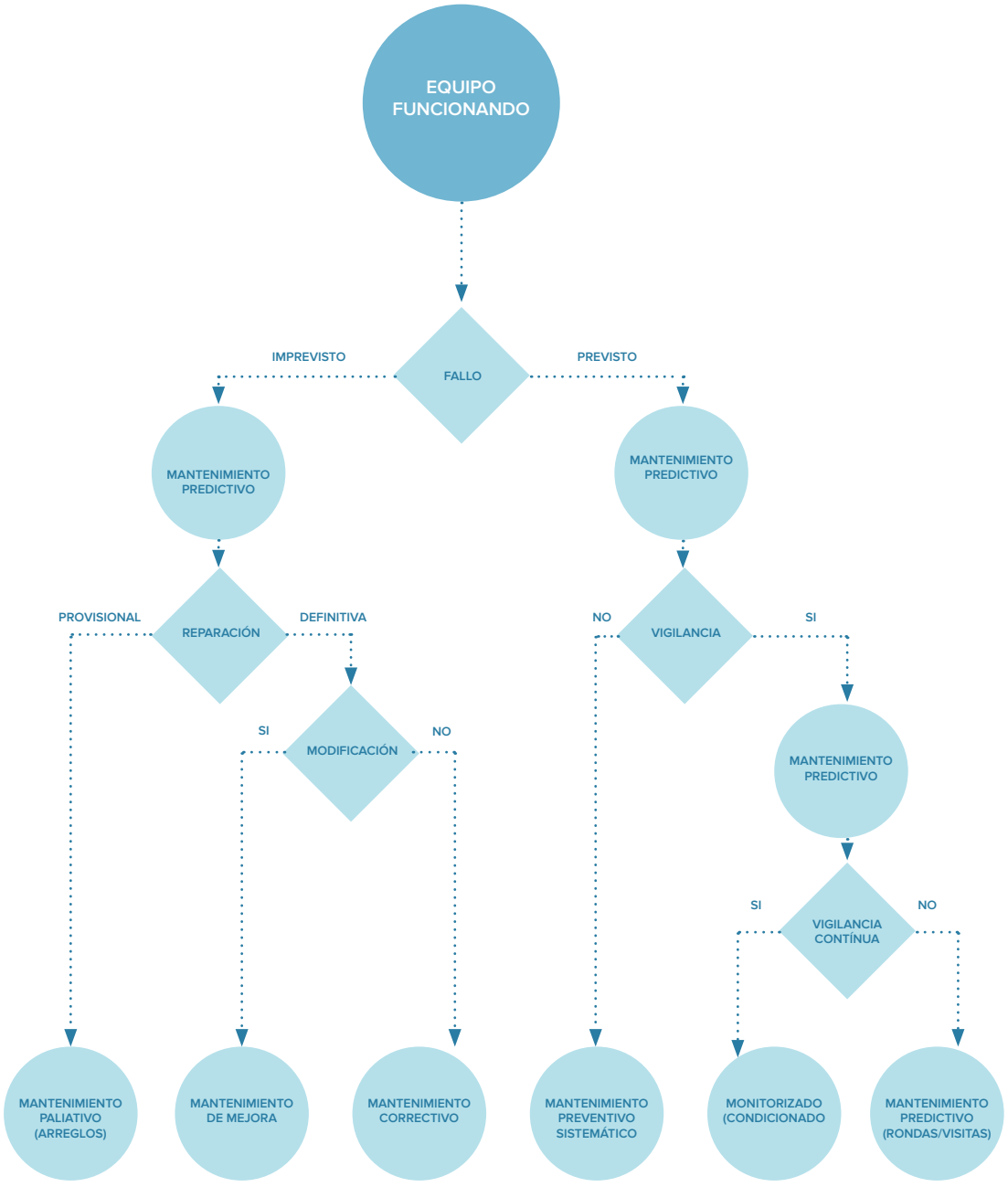


Figura 41. *Diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a aplicar, según el caso*

TAREAS DE MANTENIMIENTO POR ETAPAS DE DEPURACIÓN

Tareas comunes a todos los equipos

Tareas de Mto. de carácter Legal. Se realizará con la frecuencia estipulada según la ley de aplicación. Ej. Centros de transformación, Extintores, CCMs (Centros de control de motores), etc.

Tareas de conservación se planificará diaria y semanalmente y englobará la pintura de elementos metálicos, obra civil, edificios, baldeos, jardinería, etc.

Recomendamos mejorar el hormigón utilizado en arquetas y pozos donde intervengan escurridos de centrífugas y sobrenadantes de espesadores por la importante afección por sulfuros que presentan.

Figura 42. *Distintas tareas de mantenimiento.*

Pretratamiento

Tareas de Mto. en Pozo elevación (Estudiamos solo el sistema mediante bomba centrífuga).

Sondas de nivel. Limpieza diaria. (Dentro de las tareas de conservación).

Bombas centrífugas. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Recomendable apurar los pozos de elevación con una frecuencia mínima semanal.

Vaciado bianual del pozo para revisión de pedestales, tuberías, válvulas, compuertas mural/canal, obra civil, sensores de nivel, etc. Incluir en plan de vaciados.

Figura 43. *Mantenimiento equipos sumergibles pretratamiento.*

Tareas de Mto. En Desbaste (dependerá si la limpieza es manual o automática).

Reja/Tamiz Manual requieren de una atención frecuente. Se han de retirar los residuos evitando la colmatación y el posterior alivio. Limpieza mínima 2 veces al día (Dentro de las tareas de conservación). En caso de precipitaciones, aumentar la frecuencia.

Reja/Tamiz automáticas son accionadas por relés temporizador y/o sonda de nivel (boyas, etc.). Estos elementos se han de mantener adecuadamente para el correcto funcionamiento, en especial, la limpieza diaria en el caso de instalar boyas de nivel (Tareas de Conservación/T. Conser.). Comprobar grado de eliminación de residuos, si presencia colmatación, parar y limpiar manualmente. Limpieza general y comprobación nivel de engrase/lubricación de los elementos mecánicos. Respecto a las partes mecánicas y eléctricas del equipo, se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Figura 44. *Mantenimiento equipos desbaste.*

Tareas de Mto. en Desarenado-Desengrasado (Estudiamos sistema estático y el sistema mediante puente y difusores de membrana).

DA-DE estáticos: Cambio de canal semanalmente y extracción de arenas manual. (T. Conser.).

Sistemas automático mediante puente con bomba y difusores: Temporizar la operación de la bomba para el correcto funcionamiento (Ej. 5 min cada 2 horas). En caso de precipitación, recomendamos operar en continuo. Todos los equipos electromecánicos seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.). Especial atención a las labores de pintura de los elementos metálicos.

Plan de vaciados anual. Revisión obra civil, difusores, tuberías, válvulas, compuertas mural/canal, boya mínimo bomba, etc.

Figura 45. *Mantenimiento desarenadores-desengrasadores.*

Tareas de Mto. de equipos de medición de caudal, elementos de seguridad e instrumentación con frecuencia mínima anual.

Tratamiento primario

Tareas de Mto. en decantadores primarios.

Respecto a las partes mecánicas y eléctricas del equipo, se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Tareas de conservación tales como limpieza del canal perimetral, comprobar buena nivelación de los vertederos de entrada y salida, comprobar ausencia de agua en la tolva de recogida de flotante detectando con ello obstrucción en el mismo (en caso de uso de Val. Tipo PIC, sería normal), comprobar ausencia de fango flotado/existencia de proceso de nitrificación o burbujas (supone obstrucción o avería sistema extracción de fangos, rotura sistema rasqueta de fondo o exceso de temporización del sistema de extracción), comprobar ausencia de ruidos y vibraciones y retirada correcta de flotantes mediante rasqueta superficial.

Vaciado anual del decantador para comprobar obra civil, estructura soporte, deflector y vertederos, rasquetas (especial atención a las rasquetas de fondo soportadas por ruedas), válvulas y compuertas canal/mural. Incluir en plan de vaciados.

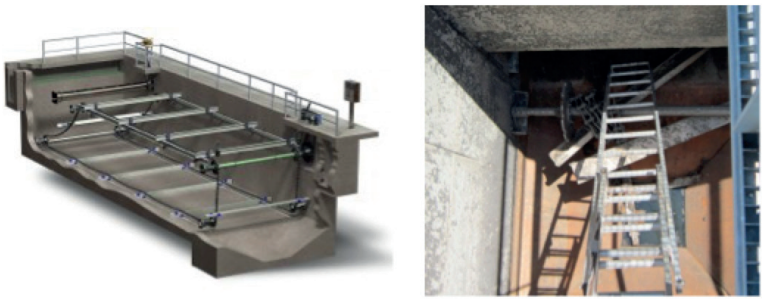


Figura 46. *Mantenimiento equipos tratamiento primarios.*

Tareas de Mto. pozo purga de fangos primarios.

Bombas centrífugas. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Recomendable temporizar las bombas de purga para no permanecer el fango más de hora y media en el decantador. Ej. (5 min ON y ½ h. OFF)

Vaciado anual del pozo para revisión de pedestales, tuberías, válvulas, compuertas canal/mural, obra civil, sensores de nivel mínimo, etc. Incluir en plan de vaciados.

Tareas de Mto. pozo flotantes y vaciados. Ver tareas Mto. en pozo elevación.

Tareas de Mto. de equipos de medición de caudal, elementos de seguridad e instrumentación con frecuencia mínima anual.

Tratamiento secundario

Tareas de Mto. decantadores secundarios.

Respecto a las partes mecánicas y eléctricas del equipo, se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Tareas de conservación tales como tomar una V_{30}, limpieza del canal perimetral, comprobar buena nivelación de los vertederos de entrada y salida, comprobar ausencia de agua en la tolva de recogida de flotante detectando con ello obstrucción en el mismo (en caso de uso de Val. Tipo PIC, sería normal), comprobar ausencia de fango flotado/existencia de proceso de nitrificación o burbujas (supone obstrucción o avería sistema extracción de fangos, rotura sistema rasqueta de fondo o exceso de temporización del sistema de extracción), comprobar ausencia de ruidos y vibraciones y retirada correcta de flotantes mediante rasqueta superficial.

Vaciado anual del decantador para comprobar obra civil, estructura soporte, deflector y vertederos, rasquetas (especial atención a las rasquetas de fondo soportadas por ruedas), válvulas y compuertas canal/mural. Incluir en plan de vaciados.

Figura 47. *Mantenimiento equipos tratamientos secundarios.*

Tareas de Mto. Aireación prolongada

Sistemas de aireación externa (especial atención del correcto nivel de aceite y limpieza de filtros aspiración), sistemas sumergidos y agitadores/aceleradores. Para todos los equipos, se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Comprobación diaria de la presión aire del colector de aireación (en caso de instalación de parrillas de difusores). A partir de 50 mbar sobre presión establecida, recomendamos limpiezas con Ac. Fórmico en bajantes o vaciado para realizar una limpieza química de membranas.

Vaciado bianual del reactor para revisión de pedestales/sistemas de sustentación o izado instalado en el interior, tuberías, válvulas, obra civil, compuertas canal/mural, colectores de aireación, difusores de burbuja, sensores de nivel de mínimo (en agitadores), etc. Incluir en plan de vaciados.

Figura 48. *Mantenimiento equipos tratamientos biológicos.*

Tareas de Mto. Sistema de membranas.

MEMBRANA (TIPO)	OPERACIÓN (orientativos)	MANTENIMIENTO (cada 60 h. operación +/-).	MANTENIMIENTO GENERAL (Cuando los valores de PTM aumenten y la Permeabilidad disminuya por debajo de unos valores críticos)
PLANA	T_R=5 min, T_F= 1 h	HClNa: 700 ppm; Ac. Cítrico: 1000 ppm; cada 3 lavados con Hipoclorito se realiza 1 lavado con cítrico.	Se ha de realizar un vaciado para limpieza/revisión. Normalmente suele establecerse anual o bianualmente.
HUECA	T_{CON}=30 seg., T_F= 10 min		Se realiza una REGENERACIÓN QUÍMICA HClNa: 1000 ppm o Ac. Cítrico: 2000 ppm dependiendo del tipo de residuos; Se mantienen durante 24 h para la limpieza completa.

T_R: Tiempo relajación; T_F: Tiempo filtración; T_{CON}: Tiempo contralavado

Tabla 29. *Tabla mantenimiento difusores.*

Se recomienda la instalación de tamices de menos de 2 mm de paso, preferentemente de 1 mm. (Ver Tareas Mto. desbaste).

Figura 49. *Mantenimiento sistema biológico MBR.*

Tareas de Mto. Sistemas de dosificación de reactivos

Depósitos, cubetos e instalación. Se realizarán las tareas de Mto. según R.D. Almacenamiento de productos químicos (APQ) en caso de superar el volumen exigido por el R.D. En todos los casos las medidas de seguridad se aplicarán independientemente del volumen almacenado.

Bombas dosificadoras y agitadores. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Tareas de Mto. pozo recirculación y purga de fangos secundarios

Bombas centrífugas. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Vaciado anual del pozo para revisión de pedestales, tuberías, válvulas, obra civil, sensores de nivel mínimo, etc. Incluir en plan de vaciados.

Figura 50. *Mantenimiento bombeo recirculación.*

Tareas de Mto. pozo flotantes y vaciados. Ver tareas Mto. en pozo elevación.

Tareas de Mto. de equipos de medición de caudal, elementos de seguridad e instrumentación con frecuencia mínima anual

Tratamiento terciario

Tareas de Mto. en Pozo elevación.

Sondas de nivel. Limpieza diaria. (Dentro de las tareas de conservación).

Bombas centrífugas. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Recomendable apurar los pozos de elevación con una frecuencia estimada.

Vaciado bianual del pozo para revisión de pedestales, tuberías, válvulas, compuertas mural/canal, obra civil, sensores de nivel, etc. Incluir en plan de vaciados.

Tareas de Mto. en Sistema físico-químico.

Agitadores. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Vaciado bianual del pozo para revisión de obra civil, compuertas mural/canal, etc. Incluir en plan de vaciados.

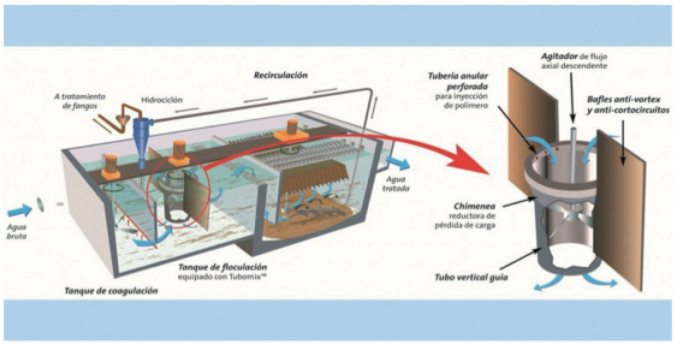


Figura 51. *Mantenimiento sistemas tratamientos físicos-químicos.*

Tareas de Mto. en Sistema lamelar.

Puente barredor. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Sistema lamelar. Se realizarán limpiezas del sistema lamelar bajando el nivel y aportando abundante agua (Reducir la presión en caso de uso de grupos de presión) periodicidad de limpiezas en función de los sólidos de salida del tratamiento secundario. Existen sistemas de limpieza automatizada (ECOTEC).

Vaciado bianual del pozo para revisión del puente barredor, tuberías, válvulas, compuertas mural/canal, obra civil, sensores de nivel, etc. Incluir en plan de vaciados.

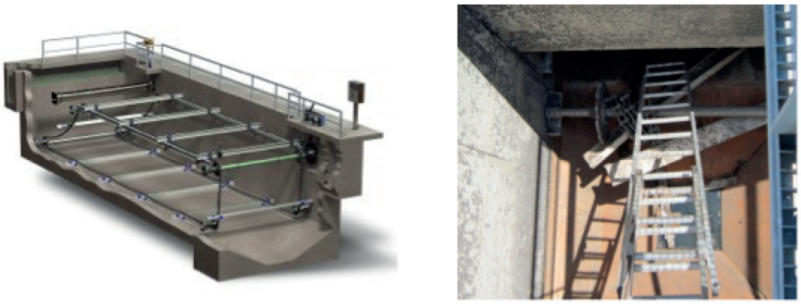


Figura 52. *Distintas tareas de mantenimiento.*

Tareas de Mto. Sistemas de dosificación de reactivos. (Fisicoquímico/Desinfección)

Depósitos, cubetos e instalación. Se realizarán las tareas de Mto. según R.D. Almacenamiento de productos químicos (APQ) en caso de superar el volumen exigido por el R.D. En todos los casos se aplicarán las medidas de seguridad independientemente del volumen almacenado.

Bombas dosificadoras y agitadores. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Figura 53. *Elementos a mantener equipos desodorización.*

Tareas de Mto Sistemas de filtración.

Filtros abiertos de arena.

Sistema de limpieza por bombas. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.). Vaciado bianual del pozo para revisión de pedestales, tuberías, válvulas, compuertas mural/canal, obra civil, sensores de nivel, etc. Incluir en plan de vaciados.

Rastrillado de la superficie diaria/semanal según necesitad. Ajustar los tiempos de lavado, esponjamiento, limpieza y aclarado. Nivelar los vertederos. Recomendamos ajustar el caudal de limpieza ya que puede ocasionar presiones elevadas que originan fugas/fisuras en los sistemas de filtración y eliminación de arena. Revisar anualmente el nivel de arena y su granulometría.

Vaciado bianual del pozo para revisión de la estructura, tuberías, válvulas, compuertas mural/canal, obra civil, sensores de nivel, etc. Incluir en plan de vaciados.

Filtros de discos.

Equipos electromecánicos. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Ajustar la dosificación de reactivos para aumentar la vida útil de las telas. Recomendable realizar una analítica del residuo generado en las telas para seleccionar el reactivo idóneo para eliminarlo. Revisión anual del sistema, casquillos internos, sondas de nivel, válvulas, compuertas mural/canal, obra civil (Si existe), sensores de nivel, etc.

Filtros de anillas.

Sistema de limpieza por bombas. Se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.). Hacer una selección de materiales (recomendamos anillas de nylon). Revisar los cartuchos del sistema de anillas semanalmente para ajustar las limpiezas. Ajustar el caudal y presión necesaria del sistema de lavado. Revisión general anual de juntas, presostatos, válvulas, anillas, etc. Revisión de aparatos a presión dentro del R.D. AP según normativa vigente.

Figura 54. *Mantenimiento sistemas de filtración.*

Tareas de Mto. Sistemas de desinfección por UV.

Revisión/sustitución de lámparas y rascadores cada 8.000 h en media presión/12.000 h en baja presión.

Se recomienda realizar limpieza de los bancos sin sistema de limpieza, semanalmente. En función del tipo de residuo (precipitados, algas, etc.) aplicar el tipo de reactivo requerido. En sistemas automáticos de limpieza, seguir las indicaciones del fabricante.

En sistemas cerrados. Se recomienda limpiezas en Bach (por ciclos) con reactivo Ac. Fosfórico entre el 10-25%.

Figura 55. *Mantenimiento sistema radiación ultravioleta.*

Tareas de Mto. de equipos de medición de caudal, elementos de seguridad e instrumentación con frecuencia mínima anual.

Deshidratación

Tareas de Mto Sistemas de espesamiento por gravedad

Respecto a las partes mecánicas y eléctricas del equipo, se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

En caso de producirse estratificación o interfases durante la operación, se recomiendan alargar las barras elutriadoras hasta la superficie.

Vaciado bianual del espesador para comprobar obra civil, estructura, campana y rasquetas sistema barredor, vertederos, válvulas y compuertas canal/mural. Incluir en plan de vaciados.

Figura 56. *Mantenimiento espesadores de fangos.*

Tareas de Mto Sistemas de alimentación de fango espesado y de alimentación de fango deshidratado a silo de fangos por bombas helicoidales de desplazamiento positivo.

Respecto al equipo, se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Recomendamos una revisión general en cada cambio de estator. En fangos espesados, recomendamos adquirir los equipos con sistema de cierre mecánico. En Fangos deshidratados, recomendamos control de nivel por láser en tolva descarga y sondas de temperatura y presión para evitar incidencias prematuras en estator por trabajar en seco.

Figura 57. *Mantenimiento bombas de fango deshidratado.*

Tareas de Mto. Sistemas de deshidratación de fangos con decantadores centrífugos.

Respecto al equipo, se seguirán las indicaciones del fabricante (cambio aceite, etc.).

Especial atención al engrase de rodamientos principales y realizar limpiezas del equipo en cada uso, asegurándose que son eficaces. Nunca lavar por debajo de la velocidad mínima recomendada por el fabricante (Suele ser entre 300 y 500 rpm).

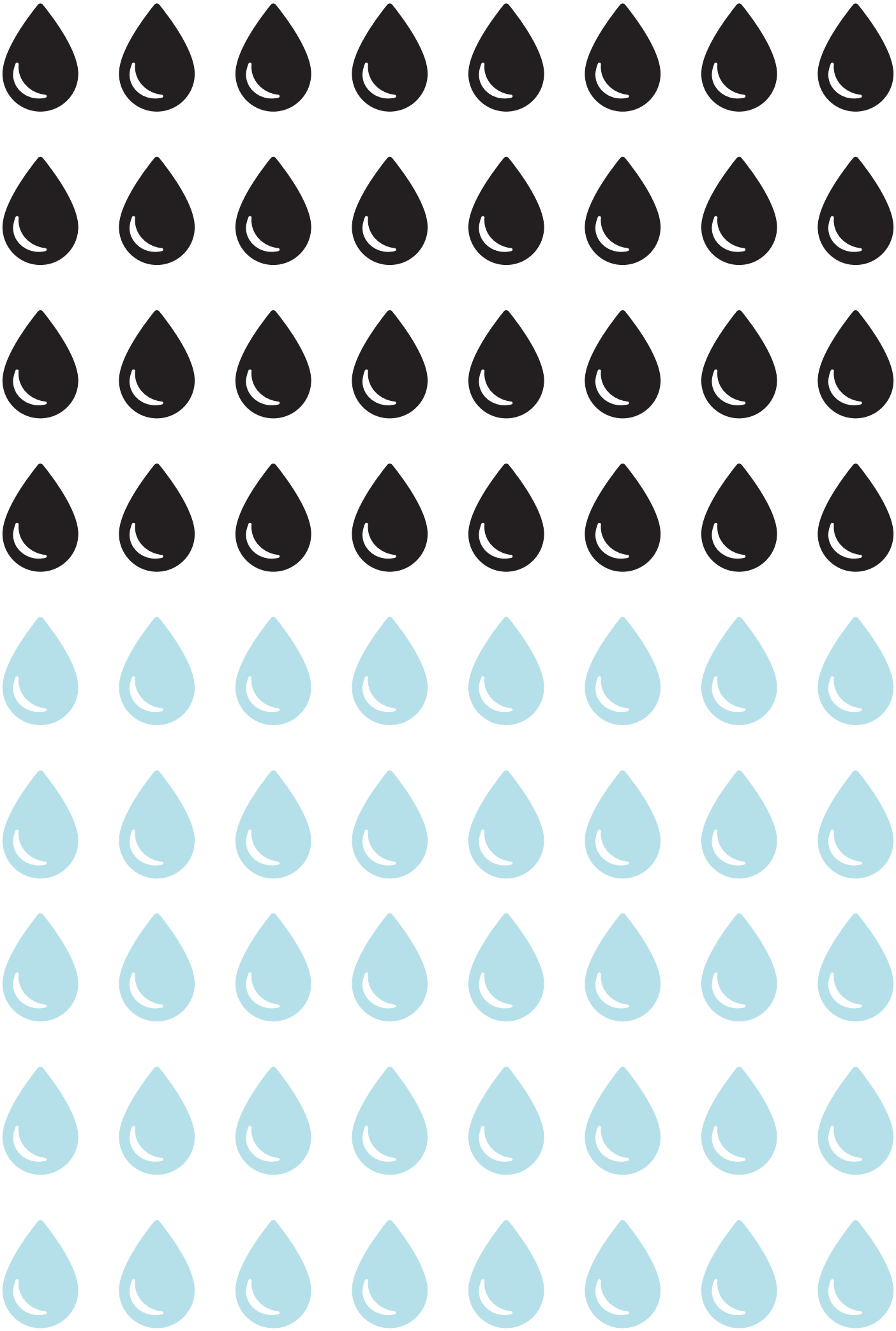
Figura 58. *Mantenimiento equipo centrifuga de fangos.*

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de operación y mantenimiento de EDARs en pequeñas poblaciones. ISBN: 978-84-615-7343-1
- Proyecto E.D.A.R. DE ARCOS DE LA FRONTERA. Anejo 19. ESTUDIO DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO.
- Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.
- MANUAL PARA OPERADOR DE PLANTA-V02. Departamento de Depuracion-EMAYA-Ayuntamiento de Palma.
- Gestión de los lodos. Producción en las estaciones depuradoras. Junta comunidades CLM. Consejería de medio ambiente y desarrollo rural.
- Diseño de un digestor para una panta de biogás agroindustrial. Lucas Elordi Garcia.
- Estudio básico del biogás. Agencia andaluza de energía.
- CEDEX. Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de depuradoras. Generación y control de olores en los sistemas de saneamiento y depuración. Carlos Lardín Mifsut.
- CEDEX. Problemas de funcionamiento en una EDAR. Implantación de criterios eficientes operación. Pedro M. Polo Cañas.
- CEDEX. Mantenimiento y explotación de una EDAR. Pedro J. Simón Andreu.
- INDITEX. Procesos de Regulación-Homogeneización. Universidad de la Coruña.
- Guía MTD en España Transformados Vegetales. Ministerio Medio Ambiente.
- Vertidos de los Mataderos e Industrias Cárnicas. Escuela Organización Industrial Sevilla.

GLOSARIO

- **Antropogénico:** se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.
- **Autolimpiantes:** Disponen de un sistema de limpieza automático con lavado.
- **DBO5:** Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días). Cantidad de oxígeno utilizado por una mezcla de población de microorganismos heterótrofos para oxidar compuestos orgánicos en la oscuridad a 20ºC durante 5 días.
- **Digestión anaerobia:** Tratamiento biológico anóxico del fango procedente de los decantadores secundarios y primarios previo a su secado y eliminación, y que se desarrolla con la producción de gas, fundamentalmente metano.
- **Dilaceración:** Triturar las materias sólidas arrastradas por el agua.
- **Eutrofización:** Es el enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático. Conlleva un excesivo desarrollo de algas y microorganismos consumidores de oxígeno que afectan principalmente a la vida de la fauna acuática habitual.
- **Gasómetro:** Dispositivo de almacenamiento de gases, muy ampliamente usados en la actualidad en el almacenamiento de biogás.
- **Licor de mezcla:** Homogeneizado del agua residual con los flóculos bacterianos para el tratamiento biológico.
- **MO:** Materia orgánica
- **Válvula tipo PIC:** válvulas de manguito de deformación elástica. Se obtiene el cierre de la válvula aplicando, entre el cuerpo y el manguito, una presión creada por un fluido, en general aire comprimido.



GUÍA PRÁCTICA

PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Agrupal
Agrupación de Empresas de Alimentación

esamur
Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia

Región de Murcia