

34. Depuración de aguas oleaginosas. Métodos de depuración, descripción y funcionamiento de los separadores, legislación aplicable. Mantenimiento: desmontaje, limpieza, montaje y puesta a punto.

Introducción

La depuración de aguas oleaginosas constituye una actividad esencial para minimizar el impacto medioambiental de los procesos industriales que utilizan aceites en sus operaciones, como los sectores metalúrgico, automovilístico, alimentario y naval. Estas aguas, contaminadas con sustancias oleosas, representan un serio riesgo para los ecosistemas acuáticos si no son tratadas adecuadamente antes de su vertido. La gestión eficiente de este tipo de aguas residuales no solo permite cumplir con las exigencias normativas vigentes en materia de sostenibilidad ambiental, sino que también mejora la eficiencia operativa de las instalaciones industriales al permitir la reutilización de recursos y reducir los costes de tratamiento.

En el ámbito de la ingeniería y el mantenimiento de maquinaria y sistemas industriales, la comprensión de los métodos de depuración y de los equipos utilizados para separar aceites del agua es fundamental. Entre estos equipos, destacan los separadores de hidrocarburos y grasas, que emplean principios físicos y mecánicos como la gravedad, la coalescencia o la centrifugación para conseguir una eficaz eliminación de los contaminantes. La correcta operación, limpieza y mantenimiento de estos sistemas resulta clave para asegurar su funcionalidad a largo plazo y evitar fallos que puedan derivar en sanciones administrativas o, incluso, en catástrofes medioambientales.

Además, el conocimiento de la legislación aplicable en materia de vertidos y tratamiento de aguas residuales es un requisito indispensable para los profesionales del área. La normativa regula aspectos como los límites máximos de vertido, la obligatoriedad de determinados dispositivos de tratamiento y la responsabilidad legal de las empresas en caso de incumplimiento. Este marco legal exige una formación técnica precisa y actualizada por parte de los operadores y técnicos de mantenimiento.

El mantenimiento mecánico de los sistemas de depuración implica operaciones críticas como el desmontaje, la limpieza, el montaje y la puesta a punto de equipos. Estas tareas requieren habilidades técnicas específicas que deben ejecutarse conforme a procedimientos rigurosos para garantizar tanto la seguridad del operario como la fiabilidad del sistema. Por tanto, la formación en estas técnicas no solo mejora la calidad del servicio, sino que también optimiza la disponibilidad y el rendimiento de las instalaciones industriales.

En este contexto, la LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional refuerzan la importancia del desarrollo de las competencias del alumnado para mejorar su potencial de empleabilidad. Los conocimientos relacionados con la depuración de aguas oleoginosas no solo permiten a los futuros profesionales adaptarse a entornos laborales exigentes en términos técnicos y normativos, sino que también contribuyen a fomentar una conciencia medioambiental esencial para el ejercicio responsable de su actividad.

A lo largo del desarrollo del tema se abordarán los métodos de depuración, los tipos de separadores utilizados, los fundamentos legales que regulan esta actividad y las técnicas de mantenimiento necesarias para garantizar la eficacia y durabilidad de los sistemas empleados.

Depuración de aguas oleoginosas

La depuración de aguas oleoginosas representa una de las operaciones más relevantes en la gestión ambiental de procesos industriales, especialmente en aquellos sectores donde el uso de aceites minerales, vegetales o animales es intensivo. Este tipo de aguas residuales se caracteriza por la presencia de compuestos orgánicos insolubles que alteran gravemente la calidad del agua, tanto en parámetros físico-químicos como biológicos, lo que exige una intervención técnica precisa para su tratamiento adecuado.

Caracterización de las aguas oleoginosas

Las aguas oleoginosas se generan en actividades industriales como el mecanizado de metales, el mantenimiento de motores térmicos, la producción de alimentos, la industria petroquímica y los astilleros. La carga contaminante de estas aguas depende de factores como el tipo de aceite utilizado, el grado de emulsificación, la presencia de detergentes, metales pesados o sustancias tensoactivas.

Desde el punto de vista físico-químico, estas aguas pueden presentar aceites libres (flotantes), aceites emulsionados (estables gracias a tensoactivos) y aceites disueltos (de difícil separación). Esta heterogeneidad exige una identificación precisa del tipo de contaminación para seleccionar el tratamiento adecuado. En términos de composición, suelen contener altos niveles de DQO (Demanda Química de Oxígeno), DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días), sólidos en suspensión y compuestos orgánicos volátiles (COVs).

Impacto ambiental y necesidad de depuración

El vertido sin tratar de aguas oleoginosas produce un impacto ecológico severo. Los aceites forman películas en la superficie del agua que impiden el intercambio gaseoso, disminuyen el oxígeno disuelto y afectan la vida acuática. Además, sus compuestos pueden ser bioacumulables, afectando a largo plazo a las cadenas tróficas. En ecosistemas terrestres, la infiltración de estas aguas en el suelo compromete los acuíferos subterráneos.

El impacto social también es notable: una gestión inadecuada puede generar conflictos con comunidades, sanciones económicas y daño reputacional a las empresas. Por ello, la depuración de estas aguas es un pilar de la sostenibilidad industrial y está sujeta a estrictos controles normativos que obligan al tratamiento antes de su vertido o reutilización.

Principios físico-químicos del tratamiento

La depuración de aguas oleoginosas se basa en la aplicación de principios físicos, químicos y mecánicos. En las primeras etapas, se recurre al principio de diferencia de densidades entre el agua y los aceites para permitir su separación mediante procesos gravitatorios. En otros casos, es necesario inducir la coalescencia de pequeñas gotas para formar agregados más grandes que puedan ser eliminados mecánicamente.

Cuando los aceites están emulsionados, se requiere la ruptura de la emulsión mediante la adición de productos químicos (coagulantes, floculantes o agentes desestabilizantes) o mediante técnicas físicas como el calentamiento controlado o el uso de ultrasonidos. El objetivo de estas técnicas es reducir la carga contaminante a niveles admisibles según los criterios legislativos, o bien acondicionar el agua para su posterior tratamiento biológico o físico-avanzado.

Clasificación según la procedencia y naturaleza del contaminante

Las aguas oleoginosas se pueden clasificar atendiendo a su origen en:

- **Industriales:** procedentes de talleres de mecanizado, refinerías, plantas de fabricación de aceites y grasas, donde el uso de aceites es masivo.
- **Urbanas:** como las generadas en lavaderos de coches o instalaciones de restauración, que aportan grasas y aceites alimentarios.
- **Mixtas:** en sistemas donde se combinan residuos de varias procedencias.

Según la naturaleza del contaminante oleoso, pueden clasificarse en:

- **Aceites minerales:** derivados del petróleo, altamente contaminantes y de baja biodegradabilidad.
- **Aceites vegetales o animales:** con mayor capacidad de biodegradación pero igualmente problemáticos por su comportamiento emulsionante.
- **Mezclas complejas:** que combinan grasas, detergentes y metales, lo que dificulta su tratamiento.

Esta clasificación permite ajustar el diseño de las unidades de tratamiento, la dosificación de reactivos y la planificación del mantenimiento preventivo.

Aplicación sectorial y contexto formativo

En el ámbito de la Formación Profesional vinculada a la familia profesional de Instalación y Mantenimiento, y muy especialmente en la especialidad de Máquinas, Servicios y Producción, los conocimientos técnicos sobre la depuración de aguas oleoginosas tienen una aplicación directa en talleres, industrias de fabricación mecánica y centros logísticos. Su enseñanza en el aula permite simular situaciones reales de mantenimiento, intervención técnica y verificación de procesos conforme a los estándares normativos y de calidad ambiental, fomentando una formación práctica alineada con la demanda del sector.

A partir de este conocimiento general sobre la naturaleza del agua contaminada con aceites y su relevancia ambiental, es necesario profundizar en los métodos técnicos empleados para su tratamiento, así como en el diseño, funcionamiento y normativa asociada a los dispositivos que permiten su depuración eficaz.

Métodos de depuración, descripción y funcionamiento de los separadores, legislación aplicable

El tratamiento de aguas oleoginosas requiere la implementación de tecnologías específicas que permitan la eliminación eficiente de los contaminantes, adaptándose a la naturaleza del residuo oleoso y a los requerimientos normativos. Los métodos de depuración se basan fundamentalmente en principios físicos, químicos o una combinación de ambos, y se apoyan en dispositivos técnicos denominados separadores. La legislación ambiental vigente establece criterios exigentes de vertido que condicionan el diseño y operación de estos sistemas.

Métodos físicos de depuración

Los tratamientos físicos son los más empleados en la etapa primaria de depuración. Se fundamentan en diferencias de densidad, tamaño de partícula, tensión superficial o propiedades eléctricas de los compuestos presentes en el agua.

- **Separación gravitatoria:** método más básico, basado en la diferencia de densidad entre el agua y los aceites. El líquido contaminado se introduce en un tanque de decantación donde los aceites, al ser menos densos, flotan y pueden ser extraídos por rebose o con dispositivos mecánicos. Este sistema requiere un tiempo de retención adecuado y se ve limitado por la presencia de emulsiones.
- **Coalescencia:** técnica que facilita la unión de pequeñas gotas de aceite en otras de mayor tamaño, lo cual mejora su flotabilidad. Se utilizan materiales coalescentes que

inducen este proceso y que se integran dentro de los separadores modernos.

- **Filtración física:** empleada en etapas avanzadas, mediante materiales porosos o sistemas multicapa capaces de retener aceites residuales. Pueden incluir carbón activado o filtros de resina sintética con afinidad oleosa.
- **Separación centrífuga:** aplica una fuerza centrífuga para acelerar la separación del aceite en emulsión. Requiere equipos especializados y es eficaz incluso con partículas emulsionadas o de bajo tamaño.

Métodos fisicoquímicos y complementarios

En situaciones donde existen emulsiones estables, se recurre a procesos que combinan la acción física con agentes químicos:

- **Ruptura de emulsiones:** a través del uso de coagulantes, floculantes y emulsionantes inversos que desestabilizan la mezcla. Esta técnica requiere una dosificación precisa y control del pH, temperatura y agitación.
- **Flotación por aire disuelto (DAF):** inyección de microburbujas que adhieren a las gotas de aceite, permitiendo su flotación. Este método es eficaz para aceites emulsionados y se utiliza frecuentemente en industrias con altos caudales.
- **Oxidación avanzada y membranas:** técnicas avanzadas como la ultrafiltración, ósmosis inversa o tratamientos por ozono se emplean para alcanzar niveles de depuración extremos, aunque tienen mayor coste operativo.

Tipología, descripción y funcionamiento de los separadores

Los separadores de hidrocarburos son dispositivos diseñados para la separación automática de fases oleosas en aguas residuales. Se clasifican, en función de su eficiencia y tecnología, en tres tipos principales:

- **Separadores Clase I:** destinados a lograr concentraciones residuales inferiores a 5 mg/l de hidrocarburos. Incorporan filtros coalescentes que inducen la aglutinación de gotas pequeñas. Son los más exigentes y se emplean en zonas sensibles como estaciones de servicio o aparcamientos cubiertos.
- **Separadores Clase II:** permiten concentraciones de hasta 100 mg/l, sin elementos coalescentes. Se emplean en situaciones de menor riesgo ambiental como áreas industriales abiertas o zonas de lavado de maquinaria.

- **Separadores con by-pass:** diseñados para trabajar en situaciones de caudal elevado, permitiendo el paso directo del agua no contaminada cuando se superan los valores nominales. Son habituales en redes de pluviales urbanas.

El funcionamiento básico de un separador se inicia con la entrada del agua contaminada, que atraviesa una cámara de sedimentación para retener sólidos gruesos. A continuación, se produce la separación del aceite por flotación en la cámara principal. En los sistemas de clase I, el agua pasa por un filtro coalescente antes de salir. Algunos modelos incorporan alarmas de nivel de aceite, sistemas de desbaste y válvulas automáticas de cierre cuando se alcanza la capacidad máxima.

Legislación aplicable

El tratamiento de aguas oleoginosas está regulado por un conjunto de normas que aseguran la protección de los ecosistemas hídricos. En España, el marco normativo se articula en torno a:

- **La Ley de Aguas** y su reglamento, que establecen la obligación de tratar las aguas residuales antes de su vertido.
- **Reglamentos de vertido de cada comunidad autónoma**, que definen los límites máximos de concentración para sustancias contaminantes.
- **Norma UNE-EN 858**, referente europeo que regula el diseño, dimensiones, clasificación y funcionamiento de los separadores de hidrocarburos.

Según esta norma, se deben cumplir criterios como tiempo de retención, eficiencia de separación, facilidad de limpieza y disposición de alarmas y válvulas de cierre. Además, los diseños deben considerar el caudal máximo previsto y el tipo de agua a tratar.

En actividades con riesgo de contaminación accidental, como talleres mecánicos o plantas industriales, la instalación de separadores es obligatoria. Su cumplimiento es verificado en las inspecciones ambientales y constituye un requisito para la autorización de vertidos. La falta de adecuación a la normativa puede implicar sanciones económicas y, en casos graves, la suspensión de la actividad.

Aplicación en el ámbito profesional y formativo

La aplicación de estos conocimientos en contextos de Formación Profesional permite al alumnado familiarizarse con los distintos sistemas de depuración y capacitarse para intervenir técnicamente en su instalación, verificación y control. En sectores como el mantenimiento industrial, la automoción o la energía, la gestión adecuada de las aguas oleaginosas constituye una competencia transversal que favorece la sostenibilidad operativa y la adaptación a los estándares medioambientales actuales.

Una vez comprendida la tecnología de depuración y los fundamentos legales, resulta indispensable conocer las operaciones de mantenimiento asociadas a estos equipos, cuya correcta ejecución condiciona directamente su rendimiento y fiabilidad.

Mantenimiento: desmontaje, limpieza, montaje y puesta a punto

El correcto funcionamiento de los sistemas de depuración de aguas oleoginosas depende en gran medida de un mantenimiento riguroso y sistemático. La acumulación de residuos, la degradación de materiales y la obstrucción de componentes internos son causas frecuentes de pérdida de eficiencia en los separadores, lo que puede traducirse en incumplimientos normativos y fallos operativos. Por este motivo, las labores de mantenimiento deben abordarse con un enfoque técnico, metódico y preventivo, integrando procedimientos de desmontaje, limpieza, montaje y puesta a punto de forma coordinada y segura.

Planificación y tipos de mantenimiento

El mantenimiento de separadores y sistemas auxiliares puede clasificarse en tres tipos principales:

- **Mantenimiento preventivo:** incluye revisiones periódicas programadas, vaciado de aceites retenidos, limpieza de filtros y comprobación del estado de válvulas, sensores y alarmas. Este tipo de mantenimiento es clave para evitar fallos inesperados y prolongar la vida útil del sistema.
- **Mantenimiento correctivo:** se realiza ante fallos detectados durante el funcionamiento. Incluye el reemplazo de piezas defectuosas, la reparación de componentes dañados y la limpieza urgente en caso de obstrucciones. Requiere una rápida capacidad de diagnóstico y disponibilidad de repuestos.
- **Mantenimiento predictivo:** se basa en la monitorización de parámetros operativos mediante sensores o análisis de muestras, anticipando la necesidad de intervención. Es habitual en instalaciones automatizadas o con alto nivel de exigencia medioambiental.

La planificación debe estar documentada en registros técnicos y ajustarse a las recomendaciones del fabricante, la normativa vigente y las condiciones reales de operación de la instalación.

Desmontaje técnico de componentes

El desmontaje de un separador requiere seguir una secuencia controlada para garantizar la seguridad y evitar daños. Previamente, debe desconectarse el sistema de entrada de aguas y purgar el contenido de aceites y sólidos mediante los dispositivos de vaciado habilitados.

Posteriormente, se procede a desmontar:

- **Filtros coalescentes:** deben extraerse con cuidado para evitar deformaciones o roturas. Algunos modelos son cartuchos intercambiables, mientras que otros requieren limpieza manual.
- **Válvulas de retención y cierre:** se inspeccionan las juntas, asientos y resortes. En caso de acumulación de residuos, deben desmontarse completamente para su limpieza.
- **Sensores y alarmas de nivel:** se retiran con herramientas específicas, evitando golpes o desconexiones incorrectas que puedan alterar su calibración.

El desmontaje debe realizarse en entornos ventilados y, en caso de equipos enterrados, aplicando protocolos de seguridad frente a atmósferas potencialmente explosivas o tóxicas.

Limpieza de elementos y dispositivos

La limpieza de un sistema de separación es esencial para recuperar su capacidad de funcionamiento. Esta debe efectuarse con productos y herramientas no agresivos que respeten los materiales constructivos del equipo.

- **Depósitos y cámaras:** se eliminan los lodos acumulados mediante succión, lavado a presión o barrido mecánico. Es importante no dañar las superficies interiores ni alterar el recubrimiento protector si lo hubiera.
- **Filtros y elementos coalescentes:** en filtros reutilizables, se recomienda su inmersión en soluciones desengrasantes suaves y aclarado posterior con agua caliente a presión. En filtros desechables, se debe proceder a su sustitución y gestión como residuo peligroso.
- **Canalizaciones y válvulas:** se inspecciona el paso libre de agua y se eliminan incrustaciones, grasas solidificadas y posibles obstrucciones mediante varillaje o aire comprimido.

La limpieza finaliza con una inspección visual y la comprobación del estado de todos los elementos extraídos antes del montaje.

Montaje y verificación funcional

El montaje debe seguir el orden inverso al desmontaje, asegurando el correcto acoplamiento de todas las piezas, el apriete de conexiones y la correcta estanqueidad del sistema. Es especialmente importante verificar:

- La posición correcta de los filtros y placas coalescentes.
- El funcionamiento de las válvulas automáticas y su sincronización con el sistema hidráulico.
- La fijación y calibración de sondas, sensores y alarmas de nivel.

Una vez finalizado el montaje, se realiza una **puesta a punto**, que consiste en:

- Verificar la ausencia de fugas.
- Comprobar la respuesta del sistema ante entrada de aguas contaminadas (prueba hidráulica).
- Activar las alarmas y sensores para verificar su funcionalidad.
- Registrar los datos en el historial de mantenimiento.

Este proceso garantiza que el sistema retoma su operatividad dentro de los parámetros exigidos y reduce los riesgos de vertidos no conformes.

Formación técnica y aplicación en el aula

El aprendizaje de estas técnicas en el entorno de la Formación Profesional permite a los estudiantes adquirir habilidades prácticas mediante simulaciones, talleres de mantenimiento y prácticas en entornos industriales reales o simulados. La aplicación didáctica de procedimientos de desmontaje, limpieza y montaje contribuye al desarrollo de competencias clave como la seguridad laboral, la atención al detalle, la resolución de problemas técnicos y la sostenibilidad operativa.

El mantenimiento adecuado de los sistemas de depuración de aguas oleoginosas no solo asegura el cumplimiento normativo y el respeto medioambiental, sino que también mejora la eficiencia y fiabilidad de las instalaciones industriales. Una vez analizados los métodos, tecnologías y procedimientos fundamentales asociados a esta temática, es pertinente reflexionar sobre su valor educativo, técnico y profesional en el contexto de la Formación Profesional.

Conclusión

La depuración de aguas oleoginosas constituye una necesidad técnica, ambiental y normativa de primer orden en numerosos sectores industriales. La presencia de aceites y grasas en las aguas residuales, además de suponer un riesgo ecológico significativo, condiciona la operatividad de los procesos industriales y la imagen de responsabilidad ambiental de las empresas. En este contexto, la formación técnica sobre esta temática es esencial para garantizar profesionales capaces de intervenir eficazmente en el diseño, gestión y mantenimiento de los sistemas de tratamiento correspondientes.

A lo largo del desarrollo del tema se ha puesto de manifiesto la importancia de conocer las características físico-químicas de las aguas oleoginosas, así como los métodos físicos, fisicoquímicos y tecnológicos más adecuados para su tratamiento. La descripción detallada de los distintos tipos de separadores, junto con el análisis de su funcionamiento y de la legislación aplicable, proporciona una base sólida para comprender las exigencias que marcan tanto la normativa como las buenas prácticas en la gestión de vertidos industriales.

Asimismo, el apartado dedicado al mantenimiento ha permitido valorar la necesidad de realizar intervenciones técnicas precisas, seguras y sistemáticas. Las operaciones de desmontaje, limpieza, montaje y puesta a punto, lejos de ser acciones accesorias, representan un eje central para asegurar la eficacia del sistema y su conformidad con las exigencias ambientales. La planificación preventiva, el conocimiento técnico del equipamiento y la capacidad de diagnóstico forman parte del perfil profesional que se demanda en los entornos productivos actuales.

Desde el punto de vista formativo, este contenido potencia el desarrollo de competencias técnicas transversales vinculadas con la sostenibilidad, la gestión eficiente de los recursos y la aplicación de soluciones tecnológicas responsables. En el aula, puede abordarse desde enfoques metodológicos activos, como el aprendizaje basado en proyectos o el trabajo en simulaciones de mantenimiento industrial, integrando así teoría y práctica de forma contextualizada.

Además, este ámbito temático se alinea con los principios de innovación, economía circular y prevención de la contaminación, aportando valor añadido a la cualificación de los futuros técnicos. En la medida en que se fomenta la comprensión de los procesos industriales desde una perspectiva medioambientalmente responsable, se contribuye a la formación de profesionales más preparados para los desafíos actuales del mercado laboral.

En definitiva, la formación en sistemas de depuración de aguas oleoginosas permite no solo adquirir conocimientos técnicos específicos, sino también desarrollar una conciencia crítica sobre el impacto de la actividad humana en el medioambiente y la importancia de aplicar soluciones sostenibles. Esta visión integral favorece el desarrollo de las competencias del alumnado para mejorar su futuro profesional y su capacidad de contribuir activamente a una industria más eficiente y respetuosa con el entorno.

Bibliografía

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, 30 de diciembre de 2020.

Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional

Creus Solé, A. (2010). *Instrumentación industrial* (8ª ed.). Alfaomega/Marcombo.

González Calleja, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (2ª ed.). Ediciones Paraninfo.

Ortiz-Cañavate Puig-Mauri, J., Barreiro Elorza, P., Diezma Iglesias, B., García Ramos, F. J., Gil Sierra, J., Moya González, A., Ortiz Sánchez, C., Ruiz Altisent, M., Ruiz García, L., & Valero Ubierna, C. (2012). *Las máquinas agrícolas y su aplicación* (7ª ed.). Mundiprensa.

Franco Lijó, J. M. (2006). *Manual de refrigeración*. Editorial Reverté.

Albertos Carrera, M. Á. (2021). *El mantenimiento industrial desde la experiencia* (3ª ed. revisada y ampliada). Ediciones Universidad de Valladolid.

Rodrigo Agulló, J. (2021). *Prevención de riesgos laborales* (2ª ed.). Ediciones Paraninfo.

Cerdá Filiu, L. M. (2023). *Sistemas hidráulicos y neumáticos*. Ediciones Paraninfo.

Bertolín Gil, S. (2013). *Procesos de mecanizado*. Marcombo.

Creus Solé, A. (2010). *Instrumentación industrial* (8ª ed.). Alfaomega/Marcombo.

Muñoz Domínguez, M., & Rovira de Antonio, A. (2011). *Máquinas térmicas*. UNED.

Orozco Roldán, F. R., & López Gálvez, C. (2019). *Soldadura en atmósfera natural* (2ª ed.). Ediciones Paraninfo.