



**Universidad**  
Zaragoza



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad Zaragoza**

**PROYECTO FINAL DE CARRERA:**

# **ESTUDIO Y CONTROL DE PROCESOS DE LA E.D.A.R. ENERGYWORKS FONZ, S.L.**

**Autor:**

Iván Cantero Mir

**Director:**

D. Francisco Javier Lanaja del Busto

**Especialidad:**

Electrónica

**Convocatoria:**

Marzo 2013





**Escuela Universitaria de  
Ingeniería  
Técnica Industrial**  
**Universidad Zaragoza**

---

**PROYECTO FINAL DE CARRERA**

Memoria: Estudio y control de procesos de la E.D.A.R. Energyworks Fonz, S.L.

**AUTOR**

Iván Cantero Mir

**DIRECTOR**

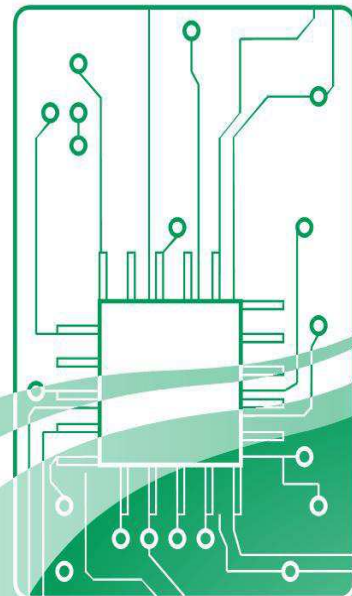
Francisco Javier Lanaja del Busto

**ESPECIALIDAD**

Electrónica

**CONVOCATORIA**

Marzo 2013



## RESUMEN

El presente proyecto trata el tema de las E.D.A.R. (estaciones depuradoras de aguas residuales), realizando un estudio general sobre este tipo de instalaciones y los procesos llevados a cabo en ellas. También, y para una mejor comprensión del tema, profundiza en el estudio de la planta de tratamiento de purines de cerdo Energyworks Fonz, S.L.

El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

El proyecto consta de las siguientes partes:

- Una breve explicación sobre los objetivos por los que se desarrolla el proyecto.
- Una introducción al tema de las aguas residuales, explicando los problemas que generan y sus características fundamentales.
- Un amplio estudio sobre los aspectos generales de una E.D.A.R., profundizando sobre todo en los procesos de tratamiento y la parte de control e instrumentación.
- Una relación de las leyes y normativas aplicables a las E.D.A.R. a varios niveles territoriales: legislación europea, nacional y autonómica.
- Otro amplio estudio centrado en la planta de tratamiento de purines Energyworks Fonz, S.L., profundizando igualmente en los procesos que allí se llevan a cabo y el control de la planta.
- Las conclusiones sacadas tras la realización del proyecto.
- Una bibliografía citando las fuentes de información utilizadas.

El proyecto se ha centrado mayormente en los procesos sobre las aguas residuales o materias a tratar y en los aspectos eléctricos y automáticos del control y la instrumentación.

En el mismo, se pueden observar múltiples figuras (diagramas de flujo, esquemas, mapas o fotos) que ayudan a una mejor comprensión del proyecto. Las fotografías fueron tomadas por el autor en la planta de Fonz durante las dos visitas que realizó para entender el funcionamiento de la misma y observar in situ los procesos que allí se llevan a cabo.

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>1. Objetivos del proyecto.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Introducción a las aguas residuales.....</b>	<b>7</b>
2.1. La importancia del agua y el problema de las aguas residuales.....	7
2.2. Características fundamentales de las aguas residuales.....	8
2.2.1. Características cualitativas.....	9
2.2.2. Características cuantitativas.....	13
<b>3. Aspectos generales y procesos en una E.D.A.R.....</b>	<b>15</b>
3.1. Definición de E.D.A.R.....	15
3.2. Tipos de E.D.A.R.....	15
3.3. Características generales de una E.D.A.R.....	16
3.4. Objetivos y evaluación del funcionamiento de las E.D.A.R.....	17
3.5. Variables a tener en cuenta para el diseño, la ubicación y la instalación de una E.D.A.R.....	18
3.5.1 Necesidad de una E.D.A.R.....	18
3.5.2. Variables para el diseño de una E.D.A.R.....	19
3.5.3. Variables para la ubicación de una E.D.A.R.....	20
3.5.4. Variables para la instalación de una E.D.A.R.....	21
3.6. Procesos en el tratamiento de aguas residuales de una E.D.A.R.....	22
3.6.1. Fundamentos del tratamiento.....	23
3.6.2. Etapas del tratamiento de las aguas residuales.....	25
3.6.2.1. Tratamiento primario.....	25
3.6.2.2. Tratamiento secundario.....	26
3.6.2.3. Tratamiento terciario.....	28
3.6.3. Tratamiento de los fangos.....	31
3.7. Instalaciones, equipos e instrumentación de una E.D.A.R.....	33
3.7.1 Instalaciones, equipos y elementos eléctricos y de automatización.....	34
3.7.1.1. Instalación eléctrica.....	34
3.7.1.2. Elementos para la automatización.....	36
3.7.1.2.1. Elementos de cuadros eléctricos.....	36
3.7.1.2.2. Elementos eléctricos en campo.....	38
3.7.1.2.3. Arrancadores electrónicos y variadores de frecuencia.....	39
3.7.1.3. Instrumentación y control.....	39
3.7.1.3.1. Redes de comunicación, programación del autómata y creación del Scada.....	40
3.7.1.3.2. Evolución de los sensores en la depuración de las aguas residuales.....	42
3.7.1.3.3. Lógica de funcionamiento de procesos (Línea de agua).....	43
3.8. Gestión de una E.D.A.R.....	47

<b>4. Legislación y normativa aplicable sobre una E.D.A.R.</b> .....	50
4.1. Introducción.....	50
4.2. Legislación y normativa medioambiental.....	51
4.2.1. Legislación y normativa europea.....	51
4.2.2. Legislación y normativa nacional.....	53
4.2.3. Legislación y normativa autonómica.....	55
4.3. Legislación y normativa electrotécnica.....	55
4.3.1. Legislación y normativa europea.....	55
4.3.2. Legislación y normativa nacional.....	56
<b>5. Descripción y control de procesos de Energyworks Fonz, S.L.</b> .....	58
5.1. Situación de la planta.....	58
5.2. Descripción de la zona.....	60
5.3. Actividad de la planta.....	64
5.4. Breve historial de la planta.....	64
5.5. Diagramas de proceso de Energyworks Fonz, S.L.....	67
5.6. Procesos que se llevan a cabo en la planta.....	69
5.6.1. Recepción de la materia prima.....	70
5.6.2. Tratamiento mecánico.....	70
5.6.3. Tratamiento químico.....	71
5.6.4. Tratamiento térmico.....	72
5.6.5. Tratamiento afino.....	74
5.6.6. Tratamiento de sólidos.....	75
5.7. Caracterización de los flujos de aguas residuales generados en la instalación.....	76
5.8. Justificación de los caudales de vertido.....	79
5.8.1. Caudal de vertido de las aguas de refrigeración.....	79
5.8.2. Caudal de vertido de las aguas de proceso.....	80
5.8.3. Caudal total de vertido.....	80
5.9. Sistema de control e instrumentación asociada de la planta.....	81
5.9.1. Cuadro de control.....	81
5.9.2. Sistema de operación.....	82
5.9.3. Aplicación de control.....	84
5.9.4. Subsistema de comunicación.....	86
5.10. Medidas de seguridad en la planta.....	87
5.11. Gestión de la explotación y el mantenimiento de la planta.....	87
5.12. Caracterización de la planta.....	87
<b>6. Conclusiones</b> .....	89
<b>7. Bibliografía</b> .....	90

## **1. Objetivos del proyecto**

El principal objetivo de este proyecto es el estudio de la planta de tratamiento de purines de cerdo Energyworks Fonz, S.L., profundizando en el control de procesos que se lleva a cabo en la misma.

Se pretende que el autor del proyecto conozca y comprenda el funcionamiento general de las E.D.A.R., así como las diferentes partes de las mismas, los procesos que se llevan a cabo para el tratamiento de las aguas residuales, las instalaciones y equipos que intervienen en su automatizado y la función social que desarrollan.

## **2. Introducción a las aguas residuales**

### **2.1. La importancia del agua y el problema de las aguas residuales**

El agua es tanto un derecho como una responsabilidad, y tiene valor económico, social y ambiental. Cada ciudadano, cada empresa, ha de tomar conciencia de que el agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social. Sin embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la tercera pata del progreso, la protección del Medio Ambiente.

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, Agua para todos, agua para la vida (marzo 2003). En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 km<sup>3</sup>/año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km<sup>3</sup>/año. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo, y más aún en países que saldan su balance de recursos hídricos con números rojos. Es el caso de España, la nación europea con mayor déficit hídrico.

El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

La comunidad internacional ha reconocido en múltiples foros el importante papel que juega el agua en un sistema sostenible de desarrollo industrial a largo plazo.

En el ámbito europeo, la Directiva 2000 incorpora la calidad como objetivo de la política general del agua, lo que supone un impulso para las técnicas y tecnologías – presentes y futuras, gracias a la investigación – encaminadas a que el agua retorne a la Tierra, una vez utilizada, en condiciones que no sólo permitan la supervivencia, sino la regeneración de algunos de nuestros ecosistemas.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en España el volumen de agua residual recogido en 2003 fue de 3.469 Hm<sup>3</sup>, de los que sólo se reutilizó un 4% (unos 170 Hm<sup>3</sup>). Aunque es difícil cuantificar el volumen de aguas residuales que pueden reutilizarse para distintos usos, todos los estudios que se han realizado sobre la materia confirman el enorme potencial de España en este campo. Entre los métodos más rigurosos para determinar la capacidad de reutilización de recursos hídricos se encuentra el elaborado por Hochstrat (2005). Según su modelo, España tiene un potencial de reciclado de 1.300 Hm<sup>3</sup>, un orden de magnitud muy superior al actual.

Es obvio que el agua residual contiene contaminantes de distinto tipo y que van desde sólidos (plásticos, trozos de madera, trapos, arenas), pasando por un sinnúmero de sustancias químicas que de alguna manera u otra pueden afectar de manera negativa al medio receptor (compuestos carbonosos que al ser metabolizados hacen disminuir la concentración de oxígeno del agua, nutrientes que pueden hacer proliferar desmesuradamente ciertos tipos de algas, sustancias tóxicas, grasas) y para cerrar la lista, tendríamos también todo el espectro de contaminantes microbiológicos procedente de los excrementos y detritus.

La naturaleza, por sí misma tiene capacidad de autodepurar aguas residuales de tipo urbano, sin embargo, esta capacidad de autodepuración es muy limitada y cuando los vertidos son de cierta entidad, superan fácilmente la capacidad de autodepuración del medio receptor y producen un impacto ambiental negativo que puede ir de la casi imperceptibilidad hasta la degradación ambiental severa del medio receptor.

## 2.2. Características fundamentales de las aguas residuales

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Así, de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- **Domésticas:** son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.



- **Industriales:** son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- **Infiltración y caudal adicionales:** las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.
- **Pluviales:** son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

### 2.2.1. Características cualitativas

El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.

La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos.

La tabla 1 muestra estas características y la procedencia de las aguas residuales.

<u>Características</u>	<u>Procedencia</u>
- Propiedades físicas:	
- Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
- Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
- Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
- Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
- Constituyentes químicos:	
- Orgánicos:	
- Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
- Grasas animales, aceites y grasas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
- Pesticidas	Residuos agrícolas.
- Fenoles	Vertidos industriales.
- Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.

- Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
- Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
- Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
- Otros	Degradación natural de materia orgánica.
- Inorgánicos:	
- Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
- Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
- Metales pesados	Vertidos industriales.
- Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
- PH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
- Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales, aguas de escorrentía.
- Contaminantes	Aguas residuales domésticas, industriales y prioritarios comerciales.
- Azufre	Aguas de suministro, aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
- Elementos gaseosos:	
- Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
- Metano	Descomposición de residuos domésticos.
- Oxígeno	Agua de suministro, infiltración de agua superficial.
- Constituyentes biológicos:	
- Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
- Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
- Protistas:	
- Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
- Archeobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
- Virus	Aguas residuales domésticas.

**Tabla 1: Características y procedencia de las aguas residuales.**

### **Contaminantes en el tratamiento de las aguas residuales:**

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua y una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua.

En la tabla 2 se describen los contaminantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales, así como la razón por la cuál se deben de eliminar dichos contaminantes.

<b><u>Contaminantes</u></b>	<b><u>Razón de la importancia</u></b>
- Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
- Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales y materia orgánica biodegradable. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
- Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
- Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
- Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos prioritarios determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual.
- Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
- Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
- Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

**Tabla 2: Contaminantes de las aguas residuales y razón por la que se deben eliminar.**

<b>Contaminantes</b>	<b>Parámetro de caracterización</b>	<b>Tipo de efluentes</b>	<b>Consecuencias</b>
<b>Sólidos suspendidos</b>	Sólidos suspendidos totales	- Domésticos - Industriales	- Problemas estéticos - Depósitos de barros - Adsorción de contaminantes - Protección de patógenos
<b>Sólidos flotantes</b>	Aceites y grasas	- Domésticos - Industriales	- Problemas estéticos
<b>Materia orgánica biodegradable</b>	DBO	- Domésticos - Industriales	- Consumo de Oxígeno - Mortalidad de peces - Condiciones sépticas
<b>Patógenos</b>	Coliformes	- Domésticos	- Enfermedades transmitidas por el agua
<b>Nutrientes</b>	Nitrógeno Fósforo	- Domésticos - Industriales	- Crecimiento excesivo de algas (eutrofización del cuerpo receptor) - Toxicidad para los peces (amonio) - Enfermedades en niños (nitratos) - Contaminación del agua subterránea.
<b>Compuestos no biodegradables</b>	Pesticidas Detergentes Otros	- Industriales - Agrícolas	- Toxicidad (varios) - Espumas (detergentes) Reducción de la transferencia de Oxígeno(detergentes) - No biodegradabilidad - Malos olores
<b>Metales pesados</b>	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.)	- Industriales	- Toxicidad - Inhibición al tratamiento biológico de las aguas residuales - Problemas con la disposición de los barros en la agricultura - Contaminación del agua subterránea

**Tabla 3: Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales.**

## 2.2.2. Características cuantitativas

### - Contribución per capita. Relación agua – agua residual:

Tradicionalmente, los caudales de aguas residuales se estiman en función de los caudales de abastecimiento de agua.

La relación agua residual / agua se denomina coeficiente de retorno “C”. Este coeficiente indica la relación entre el volumen de las aguas residuales recibido en la red de alcantarillado y el volumen de agua efectivamente proporcionado a la población.

El valor comúnmente utilizado en los diseños es de 0.8.

### - Cargas orgánicas de las plantas de tratamiento de aguas residuales:

Las cargas orgánicas de las plantas de tratamiento de aguas residuales se expresan generalmente en kilos de DBO por día o Kg. de sólidos suspendidos por día, y el caudal, en l/s o en metros cúbicos por día, que se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Carga orgánica (kg/día)} = \{ \text{Concentración (mg/l)} \times \text{Caudal (m}^3/\text{día)} \} / 10^6 \text{ (mg/kg)(m}^3/\text{l)}$$

### - Concentración del agua residual:

Cuanto más alta sea la cantidad de materia orgánica contenida en un agua residual, mayor será su concentración.

El término materia orgánica se utiliza como indicativo de la cantidad de todas las sustancias orgánicas presentes en un agua residual. Para cuantificar la masa de materia orgánica se utilizan las mediciones de DBO y de DQO. En general estos dos indicadores se expresan en mg/l o g/m<sup>3</sup>.

La concentración del agua residual de una población depende del consumo de agua. En Estados Unidos, donde el consumo es elevado, el agua residual es diluída (la DBO varía de 200 a 250 mg/l), mientras que en países en desarrollo el agua residual es más concentrada (la DBO varía de 400 a 700 mg/l) y el consumo de agua es más bajo.

Otro factor que determina la concentración del agua residual doméstica es la DBO (cantidad de residuo orgánico) producida a diario por habitante.

### - Medición de la concentración de contaminantes en aguas residuales:

Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla completa de compuestos orgánicos e inorgánicos.

Los métodos analíticos para contaminantes orgánicos pueden clasificarse en dos grupos:

Grupo 1: Métodos cuyo parámetro es el oxígeno.

- Demanda teórica de oxígeno (DTeO)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Demanda total de oxígeno (DTO)

Grupo 2: Métodos cuyo parámetro es el Carbono.

- Carbono orgánico total (COT)
- Carbono orgánico teórico (COTe)

### 3. Aspectos generales y procesos en una E.D.A.R.

#### 3.1. Definición de E.D.A.R.

Una E.D.A.R. es una Estación Depuradora de Aguas Residuales, que recoge el agua residual de una población o de una industria y, después de una serie de tratamientos y procesos (físicos, químicos y/o biológicos), la devuelve con mejores características de calidad y cantidad a un cauce receptor (río, embalse, mar).

#### 3.2. Tipos de E.D.A.R.

Las E.D.A.R. habitualmente se pueden clasificar de varias formas.

Por un lado se pueden distinguir dos tipos de E.D.A.R. en función del origen de las aguas residuales: las urbanas y las industriales.

- Las E.D.A.R. **urbanas** reciben aguas residuales mayoritariamente de una aglomeración humana.
- Las E.D.A.R. **industriales** reciben las aguas residuales de una o varias industrias.

Otra forma de clasificación es dependiendo del grado de complejidad y tecnología utilizada.

- **Tecnologías convencionales:** tratamientos para la eliminación de materia en suspensión, materia disuelta y tratamientos biológicos.
- **Tecnologías emergentes:** Oxidación y membranas.

Por último, se puede hacer otra clasificación en función del tamaño de la E.D.A.R. y se distinguen 3 tipos.

- **E.D.A.R. de pequeño tamaño:**

Una planta de tamaño pequeño podría ir desde los 200 a los 2.000 habitantes equivalentes.

Este tipo de plantas tienen su importancia, puesto que el rango de habitantes reales que cubre, es muy habitual en España (pequeños núcleos de población dispersos por toda la geografía).

Este tipo de plantas tienen pre-tratamiento y tratamiento biológico.

El proceso de tratamiento, suele implicar un consumo energético (energía eléctrica) muy bajo, tanto es así que muchas plantas se alimentan directamente en baja tensión o incluso mediante paneles solares.

- **E.D.A.R. de tamaño medio:**

Plantas que se encuentran en el rango de los 2.000 a los 50.000 habitantes equivalentes.

Este tipo de plantas tienen pre-tratamiento, tratamiento biológico y algunas de ellas, tratamiento terciario.

En cuanto al tratamiento que se le da a los lodos en estas plantas, suele ser espesamiento y deshidratación.

- **E.D.A.R. de gran tamaño:**

Serían ya las plantas mayores de 50.000 habitantes equivalentes. Estas plantas corresponden a ciudades importantes.

La producción de lodos es tal, que en la misma planta se hace necesario tratarlos, por lo que las instalaciones son más complejas.

Se trata de plantas en las que además de la línea de agua (tratamiento biológico de depuración para conseguir un buen efluente depurado), se tiene una línea de lodos en la que se desarrolla normalmente un proceso de tratamiento biológico anaerobio en reactores cerrados y calefactados donde se produce biogás que es aprovechado para calentar el propio reactor (calderas) y/o para producir energía eléctrica (cogeneración).

Esta línea de gas, hace mucho más compleja la instalación al intervenir en el proceso intercambiadores de calor, calderas, motores de combustión,... a la vez que aumenta el número de bombas, se complica la red de tuberías,...

Estas instalaciones pueden tener también asociada una planta de valorización del lodo deshidratado. Esta valorización se hace, ya sea por compostaje o bien por secado térmico. Las plantas de secado térmico aumentan aún más la complejidad de la instalación.

### 3.3. Características generales de una E.D.A.R.

Las E.D.A.R. se pueden caracterizar en general por:

- **Materia prima principal:** Agua residual urbana e industrial.
- **Calidad de la materia prima:** Puede llegar a fluctuar en el tiempo, no es constante.
- **Volumen de materia prima a tratar:** Variable a lo largo del día y a lo largo del año.
- **Otras materias primas utilizadas:** Energía eléctrica, reactivos químicos (agua y aire).
- **Producto principal:** Agua depurada (regenerada).
- **Calidad del producto:** Parámetros de calidad de salida con un estándar mínimo (impuesto por ley).



- **Subproductos:** Lodos y residuos sólidos (en plantas grandes, se genera biogás e incluso energía eléctrica).
- **Tipo de proceso productivo:** Continuo, 24 horas al día, 365 días al año.
- **Interrumpibilidad:** Nula, la planta nunca puede parar mientras llegue agua residual por la red de colectores/alcantarillado.
- **Necesidades de mano de obra:** Bajas.
- **Nivel de complejidad del proceso productivo:** Medio - bajo.
- **Dificultad de explotación:** Media - alta (en términos generales, al intervenir procesos de tipo biológico, la explotación puede llegar a complicarse).
- **Grado de automatización:** Alto (en plantas medianas y grandes), lo cuál se traduce en bajas necesidades de mano de obra.

### 3.4. Objetivos y evaluación del funcionamiento de las E.D.A.R.

Los objetivos generales de una E.D.A.R. son eliminar la contaminación de las aguas en la medida de lo posible y proteger el medio ambiente. No obstante, cada E.D.A.R. se diseña y construye para satisfacer unos objetivos concretos, lo cual conlleva un buen estudio previo de los procesos a desarrollar para la consecución de los mismos.

Los principales objetivos de una E.D.A.R. pueden ser los siguientes:

- Reducción al máximo de la contaminación.
- Protección del medio ambiente.
- Mejora de la calidad de vida, tanto de las personas como de otros seres vivos.
- Ahorro de energía.
- Aprovechamiento de los residuos obtenidos.
- Eliminación de residuos, aceites, grasas, flotantes, arenas,... y evacuación al punto de destino final adecuado.
- Eliminación de materias decantables orgánicas y/o inorgánicas.
- Eliminación de la materia orgánica.
- Eliminación de los compuestos que contengan amoníaco y fósforo (en aquellas que viertan a zonas sensibles).

- Transformación de los residuos retenidos en lodos o fangos estables y control para que éstos sean correctamente utilizados.

Las determinaciones analíticas que siempre se usan en una depuradora para conocer el grado de calidad de su tratamiento son, entre otras:

- **Sólidos en suspensión o materias en suspensión:** Corresponden a las materias sólidas de tamaño superior a 1  $\mu\text{m}$  independientemente de que su naturaleza sea orgánica o inorgánica.  
Gran parte de estos sólidos son atraídos por la gravedad terrestre en periodos cortos de tiempo por lo que son fácilmente separables del agua residual cuando ésta se mantiene en estanques que tengan elevado tiempo de retención de dicha agua residual.
- **D.B.O.5 (Demanda Biológica o bioquímica del Oxígeno):** Mide la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos del agua para estabilizar ese agua residual en un periodo normalizado de 5 días. Cuanto más alto es el valor peor calidad tiene el agua.
- **D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno):** Es el oxígeno equivalente necesario para estabilizar la contaminación que tiene el agua, pero para ello se emplean oxidantes químico-energéticos.
- **Nitrógeno:** Las formas predominantes de nitrógeno en el agua residual son las amoniacales (amonio-amoniaco), nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos.
- **Fósforo:** bien como fósforo total, bien como ortofosfato disuelto.

### 3.5. Variables a tener en cuenta para el diseño, la ubicación y la instalación de una E.D.A.R.

#### 3.5.1. Necesidad de una E.D.A.R.

Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce produce varios efectos sobre él:

- Tapizado de la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos que lleva el agua residual, tales como plásticos, utensilios, restos de alimentos, etc.
- Acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en fondo y orillas del cauce, tales como arenas y materia orgánica.
- Consumo del oxígeno disuelto que tiene el cauce por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual.
- Formación de malos olores por agotamiento del oxígeno disuelto del cauce que no es capaz de recuperarse.

- Entrada en el cauce de grandes cantidades de microorganismos entre los que puede haberse elevado el número de patógenos.
- Contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos (dependiendo de los vertidos industriales).
- Aumento de la eutrofización al portar grandes cantidades de fósforo y nitrógeno.

Necesitamos disponer de agua limpia para vivir y para realizar otras muchas cosas, pero obviamente, al utilizarla para nuestro uso, dicha agua se ensucia, y por tanto, si queremos que el agua siempre sea útil, la debemos limpiar antes de devolverla a la naturaleza.

A partir de aquí surgió toda una rama dentro de la ingeniería que se ha ocupado de estudiar el problema de la depuración de las aguas residuales, y que gracias a una serie de procesos, permite regenerar el agua hasta llevarla a un nivel de calidad tal que su impacto es mínimo, eliminando los problemas que se acaban de detallar arriba, e incluso, permitiendo volver a utilizar para muchos usos, un agua que inicialmente estaba fuertemente contaminada. Por eso, se crearon las depuradoras.

### **3.5.2. Variables para el diseño de una E.D.A.R.**

No todas las E.D.A.R. son iguales ni cumplen las mismas especificaciones. Habitualmente las autoridades que tienen encomendadas competencias medioambientales definen primero los usos que van a tener los cauces para así establecer las necesidades o situaciones críticas de los vertidos. Debemos distinguir, por lo general, dos grandes líneas maestras para empezar (En España):

- La Directiva 271/91/CEE de la Unión Europea que establece los plazos para construir depuradoras y los tamaños de población de que deben contar con una. Así mismo establece mecanismos y frecuencias de muestreo y análisis de las aguas residuales. El control se basa en los parámetros sólidos en suspensión, D.B.O.5, D.Q.O., fósforo y nitrógeno. Existe la transposición a la legislación española de esta Directiva y un Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales (Ver B.O.E. Resolución del 28/04/95 del M.O.P.T. y M.A. publicado el 12/05/95 y Real Decreto-Ley 11/1995 de 28/12/95 publicado el 30/12/95).
- La Comisaría de Aguas correspondiente a la cuenca donde se vierte emite una autorización de vertido en la que se pueden reflejar valores límite de vertido.

Una vez claros los límites de calidad del vertido y las garantías que éste debe cumplir se tiene en cuenta una amplia gama de variables tales como:

- Tamaño de la población servida. Industrias presentes, tipo de contaminación. Oscilaciones de carga y caudal en el tiempo (día, semana, estacionales, etc.), equivalencia en habitantes (en el sentido de la Directiva 271/91/CEE).

- Que se va a hacer con los residuos generados: basura y biosólidos (fangos).
- Posible reutilización del efluente (o parte de él).
- Nivel de profesionalización del personal requerido.
- Orografía del terreno.
- Coste del suelo.
- Impacto ambiental.

### 3.5.3. Variables para la ubicación de una E.D.A.R.

Antes de instalar una E.D.A.R. en un emplazamiento se deben tener en cuenta una serie de factores para asegurar que esa ubicación es la más adecuada. Dichos factores se citan a continuación:

- **Factores ambientales e impacto ambiental:** Lo primero que hay que tener en cuenta es si la zona donde queremos construir la depuradora es una zona protegida o no. A continuación se deben estudiar aspectos como el de no ocupar el propio cauce del río o su zona inmediatamente contigua, por dos tipos de razones:
  - Ecológicas: para no afectar el ecosistema fluvial.
  - De seguridad: para que si hay alguna posible avenida del río, la instalación no sufra daños.
- **Disponibilidad de superficie:** La disponibilidad o no de superficie limitará mucho la elección de un sistema de depuración u otro, ya que, como es conocido, unos sistemas de depuración exigen mayor superficie que otros.

También se ha de considerar si la parcela es propiedad del Ayuntamiento o no, por la diferencia de costes de adquisición entre ambas opciones.

Por otra parte, hay que tener también en cuenta el valor económico del terreno, que depende fundamentalmente de su situación y el uso al que se dedique en este momento. Por tanto, este aspecto se reduce realmente a un dato de orden económico.

- **Distancia al núcleo urbano o la industria:** Es un factor de vital importancia a la hora de ubicar la estación depuradora debido a los olores que ésta puede producir y las consiguientes molestias que conllevarían a la población. Este problema, además, se agravaría en la época estival debido a las altas temperaturas que se sufren en este periodo. Por eso es positivo que la depuradora esté a una cierta separación del núcleo.

La distancia al núcleo urbano o la industria también es importante a la hora de calcular los colectores que se han de realizar y sus longitudes.

- **Topografía del terreno:** Este punto va a dar una idea del movimiento de tierras que se tiene que llevar a cabo para poder realizar la obra y la explanación del solar, así como el sistema de depuración a colocar, aprovechando dentro de lo posible esta topografía existente para ahorrar gastos de mantenimiento en bombeos.
- **Cota relativa del terreno respecto del colector:** Es un aspecto particular del condicionante anterior, que consiste en intentar localizar una ubicación que esté colocada a una cota más baja que la cota de salida del colector que recoge las aguas residuales, para que así en principio las aguas residuales circulen por gravedad hasta la depuradora sin necesidad de ningún bombeo que pueda complicar y encarecer la operación.
- **Climatología:** Velocidad y dirección de los vientos, humedad de la zona, temperaturas, presión atmosférica, horas de sol,... son aspectos relacionados con la climatología que hay que tener en cuenta para optimizar el coste de la planta y evitar así posibles problemas que se puedan producir.
- **Accesos a la parcela:** Hay que buscar que la parcela tenga una accesibilidad mínima para garantizar un acceso cómodo a la maquinaria empleada en las labores normales de una E.D.A.R. como puede ser la retirada de fangos producidos en la planta.
- **Proximidad de servicios:** Se ha de estudiar la existencia de servicios o no en la zona, ya que sino habrá que realizar las instalaciones oportunas para dotar a la depuradora de ellos.

### 3.5.4. Variables para la instalación de una E.D.A.R.

A parte de los límites y garantías que se deben cumplir según el marco normativo legal, existen otros factores igualmente importantes a tener en cuenta a la hora de instalar una E.D.A.R. Algunos de estos factores son los siguientes:

- Cuál va a ser el impacto ambiental.
- Cómo se van a tratar los residuos generados: basura y biosólidos (fangos).
- Coste del suelo.
- Posibilidad de reutilizar el efluente, total o parcialmente.
- Número de trabajadores de la empresa.
- Nivel de profesionalización del personal requerido.

### 3.6. Procesos en el tratamiento de aguas residuales de una E.D.A.R.

El **tratamiento de aguas residuales** consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. La tesis fundamental para el control de la polución por aguas residuales ha sido tratar las aguas residuales en plantas de tratamiento que hagan parte del proceso de remoción de los contaminantes y dejar que la naturaleza lo complete en el cuerpo receptor. Para ello, el nivel de tratamiento requerido es función de la capacidad de auto purificación natural del cuerpo receptor. A la vez, la capacidad de auto purificación natural es función, principalmente, del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno, y de su "habilidad" para reoxigenarse. Por lo tanto objetivo del tratamiento de las aguas residuales es producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo **depuración de aguas residuales** para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías - y eventualmente bombas - a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetas a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo principalmente. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a un:

- **Tratamiento primario** (asentamiento de sólidos).
- **Tratamiento secundario** (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente).
- **Tratamiento terciario** (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección).

### 3.6.1. Fundamentos del tratamiento

Las aguas residuales son provenientes de tocadores, baños, regaderas o duchas, cocinas, etc., que son desechados a las alcantarillas o cloacas. En muchas áreas, las aguas residuales también incluyen algunas aguas sucias provenientes de industrias y comercios. La división del agua casera drenada en aguas grises y aguas negras es más común en el mundo desarrollado, el agua negra es la que procede de inodoros y orinales y el agua gris, procedente de piletas y bañeras, puede ser usada en riego de plantas y reciclada en el uso de inodoros, donde se transforma en agua negra. Muchas aguas residuales también incluyen aguas superficiales procedentes de las lluvias. Las aguas residuales municipales contienen descargas residenciales, comerciales e industriales, y pueden incluir el aporte de precipitaciones pluviales cuando se usa tuberías de uso mixto pluvial - residuales.

Los sistemas de alcantarillado que transportan descargas de aguas sucias y aguas de precipitación conjuntamente son llamados sistemas de alcantarillas combinado. La práctica de construcción de sistemas de alcantarillas combinadas es actualmente menos común en los Estados Unidos y Canadá que en el pasado, y se acepta menos dentro de las regulaciones del Reino Unido y otros países europeos, así como en otros países como Argentina. Sin embargo, el agua sucia y agua de lluvia son recolectadas y transportadas en sistemas de alcantarillas separadas, llamados alcantarillas sanitarias y alcantarillas de tormenta de los Estados Unidos, y “alcantarillas fétidas” y “alcantarillas de agua superficial” en Reino Unido, o cloacas y conductos pluviales en otros países europeos. El agua de lluvia puede arrastrar, a través de los techos y la superficie de la tierra, varios contaminantes incluyendo partículas del suelo, metales pesados, compuestos orgánicos, basura animal, aceites y grasa. Algunas jurisdicciones requieren que el agua de lluvia reciba algunos niveles de tratamiento antes de ser descargada al ambiente. Ejemplos de procesos de tratamientos para el agua de lluvia incluyen tanques de sedimentación, humedales y separadores de vórtice (para remover sólidos gruesos).

El sitio donde el proceso es conducido se llama **Planta de tratamiento de aguas residuales**. El diagrama de flujo de una planta de tratamiento de aguas residuales es generalmente el mismo en todos los países:

#### Tratamiento físico químico

- Remoción de gas.
- Remoción de arena.
- Precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes.
- Separación y filtración de sólidos.

El agregado de cloruro férrico ayuda a precipitar en gran parte a la remoción de fósforo y ayuda a precipitar biosólidos o lodo.

### **Tratamiento biológico**

- Lechos oxidantes o sistemas aeróbicos.
- Post – precipitación.
- Liberación al medio de efluentes, con o sin desinfección según las normas de cada jurisdicción.
- Biodigestión anaerobia y humedales artificiales utiliza la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales, como nutrientes de una población bacteriana, a la cual se le proporcionan condiciones controladas para controlar la presencia de contaminantes.

### **Tratamiento químico**

Este paso es usualmente combinado con procedimientos para remover sólidos como la filtración. La combinación de ambas técnicas es referida en los Estados Unidos como un tratamiento físico-químico.

#### **Eliminación del hierro del agua potable**

Los métodos para eliminar el exceso de hierro incluyen generalmente transformación del agua clorada en una disolución generalmente básica utilizando cal apagada; oxidación del hierro mediante el ion hipoclorito y precipitación del hidróxido férrico de la solución básica. Mientras todo esto ocurre el ion OCl está destruyendo los microorganismos patógenos del agua.

#### **Eliminación del oxígeno del agua de las centrales térmicas**

Para transformar el agua en vapor en las centrales térmicas se utilizan calderas a altas temperaturas. Como el oxígeno es un agente oxidante, se necesita un agente reductor como la hidrazina para eliminarlo.

#### **Eliminación de los fosfatos de las aguas residuales domésticas**

El tratamiento de las aguas residuales domésticas incluye la eliminación de los fosfatos. Un método muy simple consiste en precipitar los fosfatos con cal apagada. Los fosfatos pueden estar presentes de muy diversas formas como el ion Hidrógeno fosfato.

#### **Eliminación de nitratos de las aguas residuales domésticas y procedentes de la industria**

Se basa en dos procesos combinados de nitrificación y desnitrificación que conllevan una producción de fango en forma de biomasa fácilmente decantable.



## **3.6.2. Etapas del tratamiento de las aguas residuales**

### **3.6.2.1. Tratamiento primario**

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico.

#### **Remoción de sólidos**

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

#### **Remoción de arena**

Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

#### **Investigación y maceración**

El líquido libre de abrasivos es pasado a través de pantallas arregladas o rotatorias para remover material flotante y materia grande como trapos; y partículas pequeñas como chicharos y maíz. Los escaneos son recolectados y podrán ser regresados a la planta de tratamiento de fangos o podrán ser dispuestos al exterior hacia campos o incineración. En la maceración, los sólidos son cortados en partículas pequeñas a través del uso de cuchillos rotatorios montados en un cilindro revolvente, es utilizado en plantas que pueden procesar esta basura en partículas. Los maceradores son, sin embargo, más caros de mantener y menos confiables que las pantallas físicas.

#### **Sedimentación**

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse.

El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente. Los tanques primarios de establecimiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los fangos recogido hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede llevar a éste hacia otras etapas del tratamiento.

### **3.6.2.2. Tratamiento secundario**

El tratamiento secundario está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual, el cual deriva de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales utilizan procesos biológicos aeróbicos para este fin.

#### **Desbaste**

Consiste habitualmente en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o autolimpiante, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla. Esta operación no sólo reduce la carga contaminante del agua a la entrada, sino que permite preservar los equipos como conducciones, bombas y válvulas, frente a los depósitos y obstrucciones provocados por los sólidos, que habitualmente pueden ser muy fibrosos: tejidos, papeles, etc.

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario. Son filtros típicamente altos, filtros circulares llenados con un filtro abierto sintético en el cual las aguas residuales son aplicadas en una cantidad relativamente alta. El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire. En instalaciones más grandes, el aire es forzado a través del medio usando sopladores. El líquido resultante está usualmente con el rango normal para los procesos convencionales de tratamiento.

#### **Fangos activos**

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven sustancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

#### **Camas filtrantes (camas de oxidación)**

Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos). Tales medios deben tener altas superficies para soportar las biopelículas que se forman. El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central.

El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie media y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Esta biopelícula es alimentada a menudo por insectos y gusanos.

### **Placas rotativas y espirales**

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un flóculo biótico que proporciona el sustrato requerido.

### **Reactor biológico de cama móvil**

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- Mantener una alta densidad de población de biomasa.
- Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos (MLSS).
- Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de fangos activos (RAS).

### **Filtros aireados biológicos**

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurre en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un sólo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

### **Reactores biológicos de membrana**

MBR es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos. El coste de construcción y operación de MBR es usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

## Sedimentación secundaria

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida. En una planta de tratamiento rural, se realiza en el tanque de sedimentación secundaria.

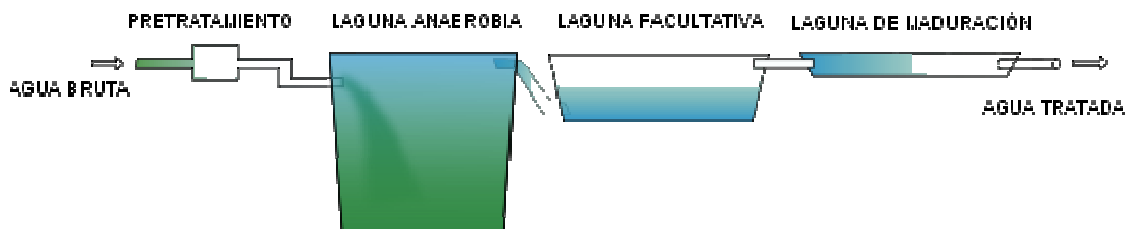
### 3.6.2.3. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.). Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

## Filtración

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.

## Lagunaje



**Esquema de una depuradora por lagunaje.**

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrofitos nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotifera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas.

El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos.

### **Tierras húmedas construidas**

Las tierras húmedas construidas incluyen camas de caña y un rango similar de metodologías similares que proporcionan un alto grado de mejora biológica aerobia y pueden ser utilizados a menudo en lugar del tratamiento secundario para las comunidades pequeñas, también para la fitoremediación.

Un ejemplo es una pequeña cama de cañas (o cama de láminas) utilizada para limpiar el drenaje del lugar de los elefantes en el parque zoológico de Chester en Inglaterra.

### **Remoción de nutrientes**

Las aguas residuales pueden también contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas). Las malas hierbas y las algas pueden parecer ser una edición estética, pero las algas pueden producir las toxinas, y su muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y asfixiar los peces y a otra vida acuática. Cuando se recibe una descarga de los ríos a los lagos o a los mares bajos, los nutrientes agregados pueden causar pérdidas entrópicas severas perdiendo muchos peces sensibles a la contaminación en el agua. La retirada del nitrógeno o del fósforo de las aguas residuales se puede alcanzar mediante la precipitación química o biológica.

La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco a nitrato (nitrificación que implica nitrificar bacterias tales como Nitrobacter y Nitrosomonas), y entonces mediante la reducción, el nitrato es convertido al gas nitrógeno (desnitrificación), que se lanza a la atmósfera. Estas conversiones requieren condiciones cuidadosamente controladas para permitir la formación adecuada de comunidades biológicas. Los filtros de arena, las lagunas y las camas de lámina se pueden utilizar para reducir el nitrógeno. Algunas veces, la conversión del amoníaco tóxico al nitrato solamente se refiere a veces como tratamiento terciario.

La oxidación anaeróbica se define como aquella en que la descomposición se ejecuta en ausencia de oxígeno disuelto y se usa el oxígeno de compuesto orgánicos, nitratos y nitritos, los sulfatos y el CO<sub>2</sub>, como aceptador de electrones. En el proceso conocido como desnitrificación, los nitratos y nitritos son usados por las bacterias facultativas, en condiciones anóxicas, condiciones intermedias, con formación de CO<sub>2</sub>, agua y nitrógeno gaseoso como productos finales.

La retirada del fósforo se puede efectuar biológicamente en un proceso llamado retiro biológico realizado del fósforo. En este proceso específicamente bacteriano, llamadas Polyphosphate que acumula organismos, se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células. Cuando la biomasa enriquecida en estas bacterias se separa del agua tratada, los biosólidos bacterianos tienen un alto valor del fertilizante. La retirada del fósforo se puede alcanzar también, generalmente por la precipitación química con las sales del hierro (por ejemplo: cloruro férrico) o del aluminio (por ejemplo: alumbre). El fango químico que resulta, sin embargo, es difícil de operar, y el uso de productos químicos en el proceso del tratamiento es costoso.

Aunque esto hace la operación difícil y a menudo sucia, la eliminación química del fósforo requiere una huella significativamente más pequeña del equipo que la de retiro biológico y es más fácil de operar.

## **Desinfección**

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la clorina, o la luz UV. La cloramina, que se utiliza para el agua potable, no se utiliza en el tratamiento de aguas residuales debido a su persistencia.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en Norteamérica debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. La clorina o las "cloraminas" residuales puede también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural. Además, porque la clorina residual es tóxica para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándose complejidad y costo del tratamiento.

La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

El ozono O<sub>3</sub> es generado pasando el O<sub>2</sub> del oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma O<sub>3</sub>. El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. El ozono se considera ser más seguro que la clorina porque, mientras que la clorina que tiene que ser almacenada en el sitio (altamente venenoso en caso de un lanzamiento accidental), el ozono es colocado según lo necesitado. La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección que la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono, y que la cualificación de los operadores deben ser elevada.

### 3.6.3. Tratamiento de fangos

Los sólidos primarios gruesos y los biosólidos secundarios acumulados en un proceso del tratamiento de aguas residuales se deben tratar y disponer de una manera segura y eficaz. Este material a menudo se contamina inadvertidamente con los compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos (por ejemplo: metales pesados). El propósito de la digestión es reducir la cantidad de materia orgánica y el número de los microorganismos presentes en los sólidos que causan enfermedades. Las opciones más comunes del tratamiento incluyen la digestión anaerobia, la digestión aerobia, y el abonamiento.

#### La digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. El proceso puede ser la digestión termofílica en la cual el fango se fermenta en tanques en una temperatura de 55 °C o mesofílica, en una temperatura alrededor de 36 °C. Sin embargo permitiendo tiempo de una retención más corta, así en los pequeños tanques, la digestión termofílica es más expansiva en términos de consumo de energía para calentar el fango.

La digestión anaerobia genera biogás con una parte elevada de metano que se puede utilizar para el tanque y los motores o las micro turbinas del funcionamiento para otros procesos en sitio. En plantas de tratamiento grandes, se puede generar más energía eléctrica de la que las máquinas requieren. La generación del metano es una ventaja dominante del proceso anaeróbico. Su desventaja dominante es la del largo plazo requerido para el proceso (hasta 30 días) y el alto costo de capital.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Goldbar en Edmonton, Alberta, Canadá utiliza actualmente el proceso. Bajo condiciones del laboratorio es posible generar directamente cantidades útiles de electricidad del fango orgánico usando bacterias electroquímicas activas naturales. Potencialmente, esta técnica podría conducir a una forma ecológica de generación de energía, pero para ser eficaz, una célula de combustible microbiana debe maximizar el área de contacto entre el efluente y la superficie bacteria-revestida del ánodo, lo que podría disminuir seriamente el rendimiento del proceso.

#### La digestión aeróbica

La digestión aeróbica es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el dióxido de carbono. Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias. Esta etapa del proceso se conoce como respiración endógena. La reducción de los sólidos ocurre en esta fase. Porque ocurre la digestión aeróbica mucho más rápidamente, los costos de capital de digestión aerobia son más bajos. Sin embargo, los gastos de explotación son característicos por ser mucho mayores para la digestión aeróbica debido a los costes energéticos para la aireación necesitada para agregar el oxígeno al proceso.

## **La composta o abonamiento**

El abonamiento o composta es también un proceso aeróbico que implica el mezclar de los sólidos de las aguas residuales con fuentes del carbón tales como aserrín, paja o virutas de madera. En presencia del oxígeno, las bacterias digieren los sólidos de las aguas residuales y la fuente agregada del carbón y, al hacer eso, producen una cantidad grande de calor. Los procesos anaerobios y aerobios de la digestión pueden dar lugar a la destrucción de microorganismos y de parásitos causantes de enfermedades a un suficiente nivel para permitir que los sólidos digeridos que resultan sean aplicados con seguridad a la tierra usada como material de la enmienda del suelo (con las ventajas similares a la turba) o usada para la agricultura como fertilizante a condición de que los niveles de componentes tóxicos son suficientemente bajos.

## **La depolimerización termal**

La depolimerización termal utiliza pirólisis acuosa para convertir los organismos complejos reducidos al aceite. El hidrógeno en el agua se inserta entre los vínculos químicos en polímeros naturales tales como grasas, las proteínas y la celulosa. El oxígeno del agua combina con el carbón, el hidrógeno y los metales. El resultado es aceite, gases combustibles de la luz tales como metano, propano y butano, agua con las sales solubles, bióxido de carbono, y un residuo pequeño del material insoluble inerte que se asemeja a la roca y al carbón pulverizados. Se destruyen todos los organismos y muchas toxinas orgánicas. Las sales inorgánicas tales como nitratos y fosfatos siguen siendo en el agua después del tratamiento en los niveles suficientemente altos que el tratamiento adicional está requerido.

La energía de descomprimir el material se recupera, y el calor y la presión de proceso se accionan generalmente de los gases combustibles ligeros. El aceite se trata generalmente más lejos para hacer un grado ligero útil refinado del aceite, tal como algunos diésel y aceites de calefacción, y después se vende.

La elección de un método de tratamiento sólido de las aguas residuales depende de la cantidad de sólidos generados y de otras condiciones específicas del lugar. Sin embargo, generalmente el abonamiento es lo más a menudo posible aplicado a los usos en pequeña escala seguidos por la digestión aerobia y entonces la digestión anaerobia para grandes escalas como en los municipios.

## **Deposición de fangos**

Cuando se produce un fango líquido, un tratamiento adicional puede ser requerido para hacerlo conveniente para la disposición final. Típicamente, los fangos se espesan (desechado) para reducir los volúmenes transportados para la disposición. Los procesos para reducir el contenido en agua incluyen lagunas en camas de sequía para producir una torta que pueda ser aplicada a la tierra o ser incinerada; el presionar, donde el fango se filtra mecánicamente, a través de las pantallas del paño para producir a menudo una torta firme; y centrifugación donde el fango es espesado centrífugo separando el sólido y el líquido. Los fangos se pueden disponer por la inyección líquida para aterrizar o por la disposición en un terraplén.



Hay preocupaciones por la incineración del fango debido a los agentes contaminadores del aire en las emisiones, junto con el alto coste de combustible suplemental, haciendo esto medios menos atractivos y menos comúnmente construidos del tratamiento y de la disposición del fango.

No hay proceso que elimine totalmente los requisitos para la disposición de biosólidos. En Australia del sur, después de la centrifugación, el fango entonces es secado totalmente por la luz del sol. Los biosólidos ricos en nutrientes entonces se proporcionan a los granjeros para utilizar como fertilizante natural. Este método ha reducido la cantidad de terraplén generada por el proceso cada año.

### **3.7. Instalaciones, equipos e instrumentación de una E.D.A.R.**

Normalmente, en una E.D.A.R. se dispone de las siguientes instalaciones, equipos e instrumentación:

#### **1) Instalaciones y equipos:**

- Tuberías (fundición, aceros, poliméricas y de hormigón).
- Bombas (sumergibles, en cámara seca, dosificadoras, bombas de fangos,...).
- Soplantes, aireadores, ventiladores y compresores.
- Agitadores y equipos para almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos.
- Filtros de arena y filtros de carbón activo (abierto o cerrados, a presión o por gravedad).
- Decantadores centrífugos, filtros-banda y otros equipos de deshidratación mecánica.
- Torres para desodorización.
- Cintas transportadoras, polipastos, puentes-grúa y equipos de manutención y transporte.
- Tolvas, silos y depósitos para almacenamiento de fluidos.
- Calderas e intercambiadores de calor.
- Motores e instalaciones de cogeneración.

#### **2) Instalaciones y equipos específicos para tratamiento de aguas:**

- Rejas automáticas.
- Tamices específicos para tratamiento de aguas residuales.
- Difusores de burbuja fina y gruesa.
- Puentes decantadores y puentes desarenadores-desengrasadores.
- Puentes espesadores y equipos de espesado por flotación.
- Concentradores de grasas y lavadores-clasificadores de arena.
- Biodiscos, rellenos específicos para fijación de biopelículas,...
- Sistemas de separación sólido/líquido mediante membranas (MBR).
- Equipos de desinfección mediante rayos UV.
- Sistemas específicos para secado térmico de fangos.
- Sistemas específicos con tecnologías patentadas.

Dichos equipos, podríamos clasificarlos a su vez en dos tipologías:

- Equipos que no tienen un mantenimiento que pueda ser distinto a otros equipos electromecánicos (motor de accionamiento, sistema de transmisión y órganos móviles) o instalaciones que, aun siendo específicas para tratamiento de aguas, no presentan complicación respecto al mantenimiento.
- Equipos/instalaciones tan específicas que es el fabricante de las mismas el que específica y describe en sus manuales las tareas de mantenimiento a realizar, o incluso, el fabricante ofrece servicios de mantenimiento dentro del marco de contratos de llave en mano más mantenimiento.

### **3) Instalaciones y equipos eléctricos y de automatización:**

- Líneas de media tensión (aéreas y subterráneas).
- Centros de transformación (transformadores, celdas y resto de aparamenta).
- Grupos electrógenos.
- Cuadros de baja tensión (analizadores de redes, protecciones, maniobra,...).
- Cableado en baja.
- Gestión de motores eléctricos (arrancadores estáticos, variadores de frecuencia,...).
- Instrumentación del proceso (caudalímetros, sondas de temperatura, presostatos, medidores de oxígeno disuelto, medidores de nivel en continuo,...).
- Equipos de automatización (autómatas programables, redes de comunicaciones, sistemas supervisión,...).

## **3.7.1. Instalaciones, equipos y elementos eléctricos y de automatización**

### **3.7.1.1. Instalación eléctrica**

#### **Conexión a la red**

La alimentación se realiza desde el punto de enganche más cercano, soliendo ser la acometida aérea hasta el borde de la parcela y subterránea para la acometida al centro de transformación.

Las instalaciones de media tensión y transformación se definen conforme a los Reglamentos y Normas en vigor y las especificaciones de la Compañía suministradora.

La línea de media tensión debe tener capacidad suficiente para hacer frente a posibles ampliaciones futuras.

Para la elección del tipo de acometida (aérea o subterránea) se tiene en cuenta especialmente los condicionantes medioambientales.

### **Centro de transformación**

El transformador se selecciona teniendo en cuenta el siguiente criterio: Se toma cada centro o elemento de consumo (descontando las reservas) y se calcula a partir de su potencia eléctrica nominal, la correspondiente potencia absorbida de la red y seguidamente, de acuerdo al factor de potencia respectivo, se determina tanto la potencia activa como la reactiva. Para obtener la potencia aparente del transformador, se considera un coeficiente de simultaneidad en funcionamiento de 0,85. El valor así calculado se incrementa en un 20% y se elige el transformador comercial más próximo, por exceso.

El centro de transformación incluye los seccionadores e interruptores generales de todo el conjunto, con capacidad de corte adecuada, estando contemplado el rearme de los contactos y disponiendo las protecciones habituales de temperatura y nivel de aceite.

Para el diseño del Centro de Seccionamiento se tienen en cuenta especialmente las Instrucciones de la Compañía Suministradora.

La salida de baja tensión del transformador va a un cuadro general de distribución, el cual debe disponer de espacio vacío suficiente para una posible ampliación.

De éste parten las salidas a los diferentes Centros de Control de Motores y a los cuadros de alumbrado y auxiliares. Estas salidas suelen estar equipadas con interruptores automáticos magnetotérmicos, así como con protección diferencial ajustable.

El transformador también debe estar equipado con los instrumentos de protección, seguridad y medida necesarios.

### **Cuadros, cables y elementos de protección**

Existe un cuadro general de distribución situado en el edificio de control de la planta, al que se acomete mediante interruptor automático, desde el transformador y se realiza las salidas, mediante protecciones automáticas.

Los cuadros eléctricos contienen los contactores y arrancadores, elementos de seguridad intrínseca (fusibles, magnetotérmicos...), las conexiones de los distintos elementos en manual o en automático con sus pilotos de funcionamiento real y alarmas básicas.

Se puede definir el cuadro con sistema de resistencias de caldeo, ventiladores, transformadores para corrientes de señalización o aparatos de medida de tensión e intensidad.

Los cables de alimentación a motores y cuadros se dimensionan teniendo en cuenta lo especificado por reglamento electrotécnico para Baja Tensión.

### **Líneas de fuerza y mando**

La canalización del cableado depende de su localización, disponiéndose siempre de espacio de reserva para nuevos tendidos de cables.

### **Alumbrado exterior e interior**

Todas las dependencias disponen de una instalación de alumbrado artificial para apoyar la iluminación natural cuando esta no sea suficiente.

La instalación para el alumbrado se suele realizar en zanja, con arquetas de registro y bajo tubo de PVC.

El funcionamiento puede ser tanto en manual como automático, mediante célula y reloj astronómico.

## **3.7.1.2. Elementos para la automatización**

### **3.7.1.2.1. Elementos de cuadros eléctricos**

Gran parte de los elementos que intervienen en los sistemas de automatización de las instalaciones de tratamiento de aguas, son elementos eléctricos de uso común en las instalaciones eléctricas destinadas a otros fines.

Se trata de interruptores automáticos magnetotérmicos, interruptores diferenciales, contactores, relés auxiliares, elementos eléctricos de mando y señalización, etc.

Hay otros elementos que es posible diferenciarlos de los anteriores por sus características especiales. Son los autómatas programables, la instrumentación de campo, los paneles sinópticos, los indicadores digitales de proceso, los elementos integrantes del sistema de supervisión por ordenador, etc.

Los diferenciamos considerando a los primeros como integrantes de la instalación eléctrica "convencional" y a los restantes, como elementos específicos del sistema de automatismo.

Gran parte de los elementos del sistema de automatismo considerados como integrantes de la "instalación eléctrica convencional", se instalan dentro de los cuadros eléctricos. Estos elementos cumplen funciones de protección, de mando o de señalización. De entre ellos, los principales son los siguientes:

### **Interruptores fusibles**

Estos elementos de protección consisten en un alambre de cobre calibrado, que se funde por efecto de la elevación de temperatura que produce un aumento anormal de la intensidad de corriente eléctrica. El diámetro del alambre de cobre define la intensidad nominal de dicho interruptor fusible.

La respuesta de protección de dicho fusible dependerá de dicha intensidad nominal y de la sobreintensidad producida.

La propia sencillez de su principio de funcionamiento les da una fiabilidad casi absoluta. Como contrapartida, tras su accionamiento deben ser renovados, puesto que se funde el alambre conductor.

Este elemento cumple las funciones de protección contra sobreintensidad y contra cortocircuitos.

### **Interruptores magnetotérmicos**

Los interruptores magnetotérmicos también cumplen la función de protección contra sobreintensidades y cortocircuitos. Su respuesta ante ambas situaciones se basa en dos principios distintos, que son el efecto térmico y el efecto magnético.

Para las sobreintensidades, cuentan con un elemento bimetálico formado por metales de diferente coeficiente de dilatación térmica. Ante el aumento de temperatura producido por una sobreintensidad, la diferente dilatación de los metales del bimetal provoca una curvatura del mismo, accionando el mecanismo de disparo e interrumpiendo el circuito eléctrico.

Para los cortocircuitos, que producen corriente muy elevadas, requieren un tipo de acción lo más rápida posible para cortarlos. Estos interruptores poseen una bobina que al ser recorrida por una alta intensidad, modifica el campo magnético generado por dicha bobina, lo que produce el esfuerzo mecánico del disparo de apertura del circuito.

### **Transformador toroidal y relé diferencial**

El otro tipo de protección diferencial consiste en utilizar un transformador toroidal separado (por dentro del cual pasarán todos los conductores del circuito) para la detección de la corriente de fallo, y un relé diferencial (con alimentación eléctrica auxiliar) que recibirá dicha corriente y cambiará la posición de un contacto cuando se superen los límites preestablecidos.

Dicho contacto se utilizará entonces para interrumpir el circuito (por ejemplo mediante una bobina de emisión agregada al interruptor magnetotérmico existente).

En ambos tipos de protección diferencial, una vez producido el disparo es necesario realizar un rearme manual en el frente aparato.

Con la utilización de relés diferenciales, dicha maniobra de rearme puede realizarse a distancia, mediante interrupción de su alimentación auxiliar.

### **Contactores**

Son los elementos que permiten el accionamiento a distancia (arranque y parada) de los equipos, por lo cual son prácticamente imprescindibles en cualquier sistema de automatización. Se instalan a continuación de las protecciones y antes de la salida de potencia hacia los equipos.

En situación de reposo, unos muelles mantienen la parte móvil en la posición "desconectado".

El mantenimiento de la parte móvil en la posición "conectado" se obtiene gracias a la acción de una bobina eléctrica, que al ser recorrida por una corriente eléctrica, genera en su interior un campo magnético que produce el esfuerzo mecánico para vencer la resistencia de los muelles mencionados anteriormente.

### **3.7.1.2.2. Elementos eléctricos en campo**

A medida que sube el nivel del líquido, la columna de aire encerrada en el tubo se ve comprimida por el aumento de presión hidrostática derivada del aumento del nivel. Al llegar a cierto nivel del líquido, el aumento de presión de la columna de aire (transmitida a través de la membrana) vencerá la resistencia del muelle accionando un contacto.

### **Interruptores de posición**

Estos elementos se encuentran formando parte de ciertos equipos electromecánicos con partes móviles, y en los cuales es necesario obtener información sobre la llegada de dicha parte móvil a determinada posición.

Su funcionamiento se basa en la acción mecánica producida por la parte móvil del equipo sobre un elemento sensible del interruptor, que producirá el cambio de posición de un contacto.

En este tipo de interruptores es necesario el contacto físico entre la parte móvil del equipo y el interruptor.

### **Detectores de proximidad**

Su principio de funcionamiento se basa en la detección de un cambio en las condiciones del entorno del detector, debida a la presencia de la parte móvil del equipo.

Existen detectores de proximidad por sistema inductivo y capacitivo.

Los del primer tipo poseen un oscilador cuyo bobinado genera un campo magnético que se verá modificado por la proximidad de un objeto metálico, cerrando (o abriendo) el circuito entre sus conductores.

Por su principio de funcionamiento, estos elementos son aptos para la detección de objetos metálicos.

En los capacitivos, la detección se basa en la modificación de la capacidad de un condensador por la proximidad de un objeto exterior.

Son aptos para la detección de objetos conductores o aislantes.

### **3.7.1.2.3. Arrancadores electrónicos y variadores de frecuencia**

#### **Compatibilidad electromagnética**

La compatibilidad electromagnética (EMC) es una medida de la habilidad de un equipo para no generar interferencia por radiofrecuencia (RFI), así como una medida de su inmunidad frente a las emisiones RFI producidas por otros equipos.

En los variadores modernos, la etapa inversora utiliza IGBT (Transistor Bipolar de Puerta Aislada) como interruptores. La rápida conmutación de los interruptores genera "ruido eléctrico". Este ruido eléctrico puede "escapar" del variador, acoplado los cables de control y los de potencia, y causando interferencias y problemas de funcionamiento en otros equipos.

Las RFI pueden ser radiadas o conducidas desde el variador.

La conducción se puede efectuar a través de potencia de salida hacia el motor, a través de los cables de la línea de entrada al variador y a través de la tierra. La RFI conducida por estos cables puede a su vez ser radiada sobre los cables adyacentes.

### **3.7.1.3. Instrumentación y control**

Se puede disponer de hasta tres niveles de control. En el primer nivel se dispone de los automatismos de seguridad básica y de funcionamiento manual. El segundo nivel consta del automatismo general integrado. Y un tercer nivel de supervisión.

Para el control de la planta suele implantarse un sistema con PC y SCADA, para permitir la operación y visualización clara por parte del operario. Se dispone de un sistema de proyección que permite visualizar y mostrar a los visitantes el control, paneles sinópticos, etc.

En cuanto a la instrumentación, los sensores y elementos de medición se seleccionan en función de las necesidades de la planta, considerando la duplicidad de algunos elementos importantes. Estos sensores que comunican analógicamente con el PLC, permiten el control del proceso y aportan seguridad a su funcionamiento.

Por otro lado se colocan las correspondientes boyas de control de nivel en las ubicaciones necesarias, así como los medidores de presión estática.

### **3.7.1.3.1. Redes de comunicación, programación del autómatas y creación del Scada**

#### **Redes de comunicación**

La red que controla la instalación suele constar de un PC en el que se ejecuta y almacena la aplicación Scada, de control y supervisión de la planta.

El servidor Scada conecta con el PLC mediante red Ethernet. El PLC, es elegido en función del volumen de parámetros de control que van a ser necesarios. Su elección va precedida de un estudio inicial del proyecto, que permite estimar el espacio de memoria que ha de tener el dispositivo. Siempre se implantará un PLC con más memoria que la estimada al inicio del proceso, en previsión de posibles modificaciones y ampliaciones que en un futuro pueda desear hacer el cliente.

Se trata de un sistema de lazo cerrado, ya que los datos fluyen desde el PLC hasta los elementos que componen la instrumentación, y viceversa, realimentando continuamente la información del sistema.

#### **Programación del autómatas**

Programación del PLC:

- Configuración hardware del equipo central y sus comunicaciones.
- Programación de eventos generales: fallos de alimentación, modos de funcionamiento, etc.
- Captación de sensores de campo: caudalímetros, sensores de nivel, etc.
- Modos de funcionamiento automático y manual para todos los accionamientos.

La programación del autómatas se divide en tres grandes grupos:

- El llamado “Generales”, engloba averías, fallos, etc., de carácter global; señales analógicas (niveles, células de carga, etc.); “Profibus”, destinado al control de las señales de los caudalímetros.
- El apartado “Tanques”, en el que cada uno de los tanques implicados en el proceso y todos sus elementos, como bombas y válvulas, son implementados para su control.



- El último, llamado “Procesos”, incluye, como su nombre indica, la programación de cada proceso, con todos los requisitos de ejecución requeridos por el cliente. En cada uno se definen las correspondientes condiciones que limitan la puesta en marcha, activan alarmas o pausan el proceso, evitando fallos en su ejecución o daños en la instalación.

## **Creación de la aplicación Scada**

Programación del Scada:

- Desarrollo de las pantallas necesarias para el diagnóstico ampliado de toda la instalación.
- Desarrollo de pantallas para el mando de los accionamientos.
- Configuración de procesos y sus parámetros.
- Visualización y gestión de alarmas. Registro de históricos.
- Visualización y registro de tendencias de señales analógicas y valores de proceso.
- Configuración de comunicaciones con el PLC.

Diseño del Scada:

La aplicación Scada es creada en función a los requisitos solicitados por el cliente y siguiendo una estructura de procesos definida. Pantallas que la componen:

- Generales Instalación: página de inicio en la que se selecciona el proceso al que se quiere acceder.
- Una pantalla por cada proceso, clasificadas según tipo.
- En cada proceso, pantalla ejecutable que permite introducir los parámetros de control (receta).
- Pantallas emergentes que muestran información sobre los diferentes elementos (bombas, tanques, etc.).
- Elemento “plantilla”, visualizada siempre a pie de página, permitiendo el control de las alarmas y opciones comunes de manejo de la instalación.
- Pantallas de gráficos para el control de los valores más importantes de proceso.
- Opción de imprimir informes y gráficos. Pantalla emergente de acceso al archivo y de activación de la impresión. (Sólo en diseño.)

Las alarmas son los mensajes de fallo del sistema que se ejecutan en el interfaz usuario para su visualización durante la persistencia del error y para su registro en el apartado “histórico de alarmas”.

### **3.7.1.3.2. Evolución de los sensores en la depuración de las aguas residuales**

La instrumentación analítica en las estaciones depuradoras de aguas residuales ha cambiado radicalmente en los últimos 20 años en dos aspectos fundamentales, calidad de los sensores tradicionalmente empleados para medidas de parámetros físico-químicos (pH, Redox, Oxígeno Disuelto y Conductividad) y disponibilidad de soluciones analíticas para nuevos parámetros, especialmente nutrientes.

A su vez, la mejora de calidad en los sensores permite utilizar la información proporcionada en tiempo real para el establecimiento de lazos de control automático de los diferentes procesos de planta, mientras que en el pasado las mediciones se utilizaban tan solo para monitorización de proceso y de calidad de efluente.

En la actualidad es posible la medida en continuo de todos los parámetros relevantes para la operación de plantas. Junto a los físico-químicos tradicionales es factible la medida de sólidos en suspensión, materia orgánica, nutrientes o manto de fangos, y en los puntos de medida adecuados para la gestión de los diferentes procesos de planta. En paralelo se han incorporado nuevos parámetros requeridos en las plantas con tratamientos terciarios, como turbidez, cloro libre o total, contadores de partículas, etc., e incluso en la entrada de planta es posible la medida de DQO a partir del análisis de TOC y TN, o la medida de hidrocarburos para protección del tratamiento biológico.

El reto actual de optimización de la operación de la planta y cumplimiento de una normativa estricta en la eliminación de nutrientes ha llevado al interés y rápida implantación de sistemas de medida de nitrógeno (amonio, nitrato) y fósforo (ortofosfato, fósforo total).

Junto con la mejora de los elementos sensores se han producido avances muy significativos en la electrónica asociada al elemento de medida. La miniaturización de los componentes electrónicos ha permitido incorporar en el cuerpo de las sondas la electrónica de acondicionamiento y microcontroladores digitales, resultando mediciones más robustas y con comunicación digital entre sonda y controlador.

No se prevé en el futuro un incremento en cuanto a parámetros sujetos a análisis. Los esfuerzos actuales se centran en aspectos complementarios a la instrumentación que permitan un avance en su utilización en los siguientes aspectos:

- Diagnósticos avanzados de calidad de la medida, junto con guías de mantenimiento preventivo desde el controlador. Nuestros usuarios solicitan mediciones fiables, y es lo que pretendemos asegurar con estas herramientas auxiliares, permitiendo determinar en tiempo real si la medición está en condiciones de ser utilizada en lazos de control.

- Módulos de control de proceso estándar, que permitan automatizar de forma sencilla determinados procesos de la planta depuradora. Se trata de proporcionar soluciones completas que incluyan tanto los instrumentos de medida como la lógica de control para facilitar la implantación de lazos de control de proceso. De esta forma se evita el desarrollo local en cada planta de estrategias de control validadas en muchas otras aplicaciones.
- Comunicación entre instrumentación de proceso y de laboratorio, que permita automatizar las tareas de validación y calibración de los instrumentos de campo.

### 3.7.1.3.3. Lógica de funcionamiento de procesos (Línea de agua)

Sistema de control (SCADA) >>> herramienta que permite:

- Interactuar con los componentes de un proceso.
- Facilitar el envío de órdenes.
- Recibir, en tiempo real, el estado de cada uno de ellos.
- Gestionar la operación de la planta y mejorar su rendimiento.

### Estación de bombeo de agua bruta

Elementos a controlar:

**Sensor de nivel en pozo alivio:** A través del sensor de nivel en continuo podremos determinar cuándo se está aliviando agua residual directamente al cauce. La lectura del sensor será meramente informativa y no estará vinculada a ningún proceso de automatización.

**Rejas desbaste y transporte de residuos:** A mayor pérdida de carga en la reja más aumenta el nivel de agua en el canal, mayor activación del sensor de nivel, y este enviará señal al automatismo para que active el sistema de limpiarreja. El tiempo de trabajo es fijado por el operador en el sistema SCADA. También el arranque del sistema de limpiarrejas se podrá activar por temporización.

El sistema de transporte de detritus estará enclavado con el arranque del sistema de rejas y la parada del mismo se realizará después de un cierto tiempo posterior a la parada de las rejas. En el caso de que las rejas o el sistema de transporte de detritus se bloquee, el limitador de par envía una señal al Scada.

**Bombas de impulsión:** Pueden regularse a través de variadores de frecuencia (VRDI (rampa de arranque y parada)).

Se utiliza un lazo de control en función del nivel en la cámara de aspiración. El sensor de nivel en continuo se encargará de gestionar las bombas de elevación a través de una serie de niveles de arranque y parada.

El sistema de automatismo contempla también un nivel mínimo de seguridad, alcanzado el cual se activa la parada de todas las bombas.

## Canales de tamizado

Elementos a controlar:

**Sensor de nivel en aliviadero de seguridad:** Dará señal al sistema Scada cuando se produzca dicho alivio.

Esto será indicativo de: Q bombeado > Q planta, o existe un problema de obturación en zona de tamices.

**Sensor de pH y temperatura:** Podremos determinar si existen vertidos indeseados en el flujo de agua >> neutralización.

El sistema de medición de pH contempla un sistema de lavado de la sonda.

El lavado es temporizado gracias a una electroválvula accionada por el sistema de supervisión.

**Rejas desbaste y transporte de residuos:** A mayor pérdida de carga en el tamiz, más aumenta el nivel de agua en el canal, mayor activación del sensor de nivel, y el sistema activará el tamiz.

El tiempo de trabajo vendrá dado hasta que el sensor vuelva a la posición original. También puede detenerse por tiempo prefijado en el sistema Scada.

El sistema de transporte de detritus es similar al descrito más arriba.

## Canales de desarenado

Elementos a controlar:

**Puente de traslación:** En la primera parte del desarenador se produce mayor acumulación de partículas. Vía PLC, se programa el movimiento de traslación del puente con un mayor número de pasadas por dicha zona (primer tercio).

El movimiento de traslación así como los movimientos de elevación de rasquetas están controlados por finales de carrera directamente conectados a un cuadro local (incluye PLC para gestión de señales generadas).

**Bombas de extracción de arenas:** Se incluyen una o más bombas. Las mismas suelen tener un funcionamiento temporizado con el fin de generar un flujo con alto contenido de arenas y además permitir un mejor rendimiento del clasificador-lavador.

**Sistema lavado de canales:** Sistema de lavado del canal de flotantes mediante agua a presión a través de electroválvula.

Dicha electroválvula está enclavada con el funcionamiento de los puentes (se activa cuando el puente llega al extremo donde está localizado el canal de grasas) y una temporización prefijada en el sistema de supervisión.

## Balsa de neutralización

**Compuertas de entrada y Bypass:** Están controladas por la señal que emana de la medida de pH situada a la entrada a planta (Pretratamiento). Las compuertas motorizadas se accionan localmente o bien desde el puesto de supervisión en la sala de control.

**Sensores de pH (agua bruta y agua pretratada):** En función de la lectura del pH del agua bruta se aplica la dosificación del reactivo elegido. En función de la lectura del medidor de pH a la salida de la balsa el sistema de automatismo ajusta el flujo de reactivo hasta obtener un pH aproximadamente neutro.

**Agitadores:** Funcionarán de forma continua y estarán enclavados con el sensor de nivel en continuo instalado en la balsa. Alcanzado un valor prefijado los agitadores se detendrán para evitar su trabajo en vacío. También se accionan localmente desde botonera.

**Bombas de vaciado:** Permiten retornar a la línea los volúmenes alojados por debajo del nivel del vertedero. Se controlan por el sensor de nivel en continuo. Existe además un sensor de nivel para la situación de mínimo para detener las bombas en caso de fallo del sensor de nivel continuo.

## Decantación primaria

El reparto de caudal a los decantadores se suele realizar por lo general por vertedero.

**Puentes barredores:** El funcionamiento de los equipos barredores es continua. Están equipados con limitadores de par, que permitirán la desconexión eléctrica en caso de encontrar algún obstáculo y así proteger el motorreductor del equipo.

**Medidor de nivel manta de fango:** Permitirá detectar la altura del manto de fangos, para de esta manera determinar vía sistema de automatismo el arranque de las bombas de purga.

## Tratamiento biológico

### Cámaras de aireación

El control dentro de la cámara de aireación es distinto según que ésta se lleve a efecto añadiendo el aire necesario a través de difusores de aire, turbinas en superficie, rotores, etc.

Como dato añadido indicar que la concentración de O<sub>2</sub> disuelto, en los reactores biológicos, deberá fluctuar entre 0,2 y 2 ppm.

**Aireación por difusores:** El sistema analizado incluye la utilización de variadores de frecuencia para control de las soplantes.

**Turbinas de aireación:** Otro sistema empleado para controlar la aportación de oxígeno y además evitar la discontinuidad del sistema es el basado en la variación de la sumergencia de la turbina.

Esto se consigue con un vertedero regulable (que varía el nivel del agua en el reactor) debidamente motorizado, con un actuador todo o nada o bien automático.

Este en función de la lectura de oxígeno disuelto en la balsa adecuará su posición para generar una mayor o menor introducción de oxígeno en la masa del fluido (variación de sumergencia).

Obviamente para evitar la fluctuación continua de la posición del vertedero será menester actualizar el lazo de control de manera discreta, o sea por períodos de tiempo más o menos amplios.

## Desinfección del agua tratada

**Hipoclorito sódico:** Cuando se tiene este reactivo se suele realizar una dosificación de entre 0,5 a 1 ppm como Cl<sub>2</sub>.

El subsistema estará formado por:

- Una bomba de trasvase (se acciona localmente >>> botonera).
- Un depósito de almacenamiento con sondas de nivel.
- Un número determinado de bombas dosificadoras de regulación automática.

**Niveles en el depósito de almacenamiento:** Incorporara un medidor de nivel visual y tres sondas o contactos de nivel.

El nivel alto proporcionará alarma y parada de la bomba de trasvase.

El nivel bajo proporcionará alarma >> llenado del depósito y próxima parada de las bombas dosificadoras.

El tercer nivel, el de muy bajo, provocará una alarma en el SCADA, un enclavamiento en las bombas dosificadoras en el caso de estar paradas, impidiendo su arranque y paro de las bombas en servicio.

**Bombas dosificadoras:** De regulación automática, se controlan por lazo de regulación proporcional al caudal de agua tratada y a la dosis de diseño (se fija a través del sistema SCADA).

No obstante a lo anterior, habrá un lazo de control y ajuste del caudal de hipoclorito sódico que estará vinculado a la lectura de un analizador de cloro que tomara muestra en la arqueta de salida de planta.

## Depósito de agua de servicios

La planta necesita agua de servicios (agua tratada sin ningún tratamiento) para la dilución de reactivos, limpieza de impulsiones de fango, agua de limpieza a centrifugas, etc.

Este depósito estará alimentado de forma continua desde el canal a la salida del laberinto de cloración.

Dicho tanque posee un sensor de nivel mínimo, que permitirá proteger las bombas que equipan el grupo de presión de agua de servicio, las bombas de impulsión de agua tratada, y en su caso bombas de agua de lavado de telas de filtro banda.

### **Dosificación de reactivos**

En una planta de depuración de aguas residuales domésticas podremos tener varios tipos de reactivos: Líquidos, polvo, sólido en cristales, etc.

Para poder detallar el tipo de control a realizar, supondremos que nuestra planta posee las siguientes unidades de dosificación de reactivos:

#### **Ácido sulfúrico para ajuste del pH.**

Este estará formado por:

- Una bomba de trasvase.
- Un depósito de almacenamiento.
- "n" bombas dosificadoras de regulación automática.

**Bombas dosificadoras:** Controladas por lazo de regulación proporcional al pH de agua bruta. Se ajusta la dosis por medio del SCADA (parámetro configurable).

La señal de control de las bombas dosificadoras estará retroalimentada por la señal del medidor de pH situado a la salida de la balsa de neutralización.

La gestión de la bomba trasvase se realizará localmente desde botonera situada a pie de máquina. En cuanto a la gestión de niveles del depósito, es totalmente similar a la tratada más arriba.

### **3.8. Gestión de una E.D.A.R.**

La gestión de una E.D.A.R. se centra básicamente en la parte económica, teniendo en cuenta los gastos que se dan en la E.D.A.R. durante su utilización, explotación y mantenimiento.

#### **Recursos necesarios para la explotación y mantenimiento**

Los recursos necesarios para la explotación y mantenimiento de una E.D.A.R. son los siguientes: •

- Materias primas •
- Energía •
- Capital •
- Trabajo (factor humano)

Relacionado con el factor humano, es interesante desglosar un elemento que puede pasar desapercibido o no dársele la importancia que merece. Este elemento es el conocimiento (know-how).

Nuevamente nos encontramos con que para explotar y mantener una EDAR, los recursos necesarios son exactamente los mismos que para cualquier otra instalación industrial, sin embargo, hay ciertos matices que conviene destacar.

Analicemos por encima las particularidades y matices sobre los recursos necesarios.

**Materias primas:** La materia prima principal es el agua residual industrial, y el coste de esta materia es nulo. Las otras materias primas que entrarían en juego y que variarían en función del tipo concreto de planta son: Reactivos químicos (polielectrolitos, hipoclorito, cloruro férrico, etc.) y aire atmosférico. Los reactivos químicos son fáciles de encontrar, no hay escasez y tienen un precio de mercado que es asumible. Las plantas más pequeñas no utilizan ni siquiera reactivos.

**Energía:** En términos generales, salvo en las plantas muy pequeñas, el consumo de energía es considerable. El tipo de energía requerido es casi exclusivamente eléctrica para accionamiento de motores (bombas para transporte de líquidos/lodos, accionamiento de equipos de aireación, accionamiento de equipos de deshidratación y accionamiento de equipos varios).

El principal consumo de energía eléctrica está en el accionamiento de los equipos de aireación (aireadores superficiales o sumergidos, soplantes y turbosoplantes). Le sigue el accionamiento de motores de equipos de deshidratación mecánica, compitiendo también con los equipos de bombeo. Por último, los equipos asociados a la desinfección (en las plantas en las que los haya) también pueden tener un consumo significativo de energía eléctrica (pero en este caso no para accionamiento de motores).

Aquellas plantas (de tamaño grande) que necesitan energía calorífica suelen autoabastecerse puesto que el proceso productivo genera biogás que se utiliza como combustible en calderas.

Las plantas en las que hay secado térmico de lodos (plantas muy grandes), sí necesitan aporte de energía calorífica externo, tomando como fuente combustibles fósiles (gas).

En resumen, las E.D.A.R. tienen un consumo energético importante, siendo casi exclusivamente de energía eléctrica. En el caso de plantas de gran tamaño, también puede ser necesaria energía calorífica obtenida a partir de combustibles fósiles.

**Trabajo (factor humano):** La necesidad de mano de obra de este tipo de plantas se podría calificar de baja. El proceso de tratamiento es conceptualmente muy simple y todos los procesos, o son transformaciones bioquímicas hechas por microorganismos o son procesos físicos/fisicoquímicos realizados en equipos en los que interviene muy poco la mano del hombre.

A nivel del mantenimiento, tal como hemos visto, las operaciones de mantenimiento son las habituales en una planta industrial que requieren un nivel de mano de obra de moderado a bajo. Es más importante el conocimiento que se necesita para explotar y mantener las E.D.A.R. que la cantidad de trabajo físico que hay que realizar.



El conocimiento del equipo humano que explota y mantiene una E.D.A.R., como en otros sectores, es la pieza clave para alcanzar con éxito los niveles de calidad y rentabilidad que se le piden hoy a este tipo de instalaciones. Esto hace que desde el punto de vista económico, el coste asociado al personal de mantenimiento y explotación sea una parte importante de los gastos totales de explotación y mantenimiento.

Como **resumen**, podríamos decir que, en términos generales, los costes principales de las E.D.A.R. son los asociados a los recursos humanos y a la energía, siendo preponderante uno u otro en función del tamaño de la planta. El coste del capital para su construcción y puesta en funcionamiento, y de las materias primas, normalmente constituyen una componente importante, pero menor respecto a la energía y los recursos humanos. Por tanto, como conclusión aplicable al mantenimiento tendríamos (generalizando), que la mayor rentabilidad se obtendría para las acciones de mantenimiento encaminadas a la optimización del consumo de energía o a que en la vida de la planta se reduzcan el número de horas de trabajo (debido a reparación de averías, etc.).

De una forma más esquemática y resumida, podemos decir que hay que tener en cuenta diferentes aspectos a la hora de evaluar el coste económico que supone el mantenimiento y explotación de una E.D.A.R.:

- Equipos
- Material de instalación mecánica
- Material de instalación eléctrica
- Mano de obra para la instalación
- Mano de obra para la puesta en marcha
- Siembra de fangos para el arranque biológico
- Analíticas de control en la puesta en marcha
- Analíticas finales

Costes económicos principales:

- Consumo eléctrico:
  - Costos fijos por potencia instalada
  - Costos variables por potencia consumida
- Gastos de reactivos
- Gastos en gestión de fangos
- Gastos de personal para el mantenimiento

Aparte de estos costes económicos, no es menos importante cumplir con las obligaciones de mantener el funcionamiento normal de la estación, de forma ininterrumpida y consiguiendo en todo momento unos resultados predeterminados de niveles de pureza en el agua depurada, controlando su olor, color, vertido, etc. además de controlar el tratamiento de los fangos.

## **4. Legislación y normativa aplicable sobre una E.D.A.R.**

### **4.1. Introducción**

Como ya se ha comentado en el punto 2.4., los poderes públicos, en el ejercicio de sus funciones, tienen lógicamente como fin el interés general. Por ello, han tenido que desarrollar todo un marco normativo legal (en materia de depuración de aguas) para resolver ese doble problema ambiental y de salud pública que se le planteaba a la sociedad debido a las aguas residuales.

El agua, como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta.

El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación, irremisiblemente asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales (sequías prolongadas, inundaciones) y en definitiva una sobreexplotación de los recursos hídricos, han conducido a un deterioro importante de los mismos.

Esto ha hecho necesario un cambio en los planteamientos sobre política de aguas, que han tenido que evolucionar desde una simple satisfacción en cantidad de las demandas, hacia una gestión que contempla la calidad del recurso y la protección del mismo como garantía de un abastecimiento futuro y de un desarrollo sostenible.

La ley de aguas de 1.985 y su modificación por la ley 46/1.999 de 13 de diciembre, junto con la nueva Directiva Marco europea para la política de agua suponen un cambio importante en los conceptos y criterios utilizados en la planificación hidrológica e introducen la calidad de las aguas y la protección de los recursos hídricos como puntos fundamentales para estructurar dicha planificación.

Tratemos ahora sobre el concepto de calidad en el agua. La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como desde la perspectiva de la planificación hidrológica. Este término puede responder a varias definiciones, que se han visto reflejadas en la legislación a lo largo del tiempo.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversas normativas, que aseguran la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales.

La incidencia humana sobre las aguas se ejerce fundamentalmente a través del vertido a sistemas naturales de efluentes residuales. Se hace por tanto necesario establecer los criterios de calidad que han de reunir las aguas residuales antes de ser evacuadas en un sistema receptor.

La consideración de los criterios de calidad de los vertidos resulta insuficiente como garantía de conservación de los recursos hídricos, de manera que éstos se mantengan en condiciones tales que aseguren su disponibilidad en un futuro en cantidad y calidad adecuada. Esta garantía viene dada por el mantenimiento de las condiciones ambientales naturales que permitan preservar el equilibrio autorregulador de los ecosistemas acuáticos.

De aquí surge la necesidad de definir un nuevo concepto de calidad que se desvincule totalmente de los usos, y que tenga como punto de referencia el propio recurso en sí y no los fines a los que se destina.

Esta sería la calidad intrínseca o natural de las aguas, que se define por las condiciones fisicoquímicas y biológicas de un medio natural que no ha sufrido intervención humana.

En base a la vinculación entre calidad de aguas y sus usos, se establecen estándares y criterios de calidad específicos que definen los requisitos que ha de reunir un determinado agua para un fin concreto, requisitos que, generalmente, vienen expresados como rangos cuantitativos de determinadas características fisicoquímicas y biológicas.

Una vez establecidos estos criterios de calidad en función del uso, se promulgan leyes y se desarrollan programas orientados a garantizar el cumplimiento de dichos criterios. Así, tenemos normativas que dan lugar a legislaciones en materia de calidad de aguas y medioambientales a varios niveles territoriales: legislación europea, nacional y autonómica.

Vamos a continuación a ver cada una de ellas en los campos medioambiental y electrotécnico.

## **4.2. Legislación y normativa medioambiental**

Es aquel conjunto de leyes y normativas que de manera muy amplia funcionan para regular la interacción de la humanidad y el medio ambiente natural, hacia el fin de reducir los impactos de la actividad humana.

### **4.2.1. Legislación y normativa europea**

La consideración de los efectos de la actividad humana en las aguas naturales se puede contemplar desde diferentes puntos de vista, en función del medio que recibe el efluente (aguas subterráneas, continentales o litorales) y del origen de los vertidos (directos e indirectos).

Se establecen niveles de calidad para la evacuación de vertidos en sistemas acuáticos naturales, lo cual supone un avance con respecto al concepto de calidad tradicional, ligado al uso, y constituyen una medida de protección para estos sistemas.

Estos criterios de calidad se reflejan en la siguiente normativa, tanto europea como española, (esta última tratada en el punto anterior) aplicados en este caso solo a los vertidos a aguas continentales, que son nuestro caso:

	<b>Normativa europea</b>	<b>Normativa española</b>
<b>Vertidos a aguas continentales</b>	Directiva 76/464/CEE.	Ley de Aguas.
	Directiva 91/271/CEE.	R.D. 849/1986 Reglamento del D.P.H.
	Directiva 91/676/CEE.	R.D. 1315/92 de 30 de octubre.

En esta normativa se tratan diferentes asuntos relacionados con la calidad de las aguas, como es la protección contra la contaminación causada por sustancias peligrosas, el tratamiento y vertido de aguas residuales urbanas e industriales o la contaminación por nitratos a partir de fuentes agrícolas.

En la legislación medioambiental europea existen actualmente vigentes las leyes que se explican a continuación, de las cuales solo se citan las leyes en cuestión y una breve descripción sobre lo que consisten. Para una información más detallada y profunda, ir a la parte de “Anexo I: Legislación Medioambiental Europea”, donde se incluye el texto completo de todas las disposiciones.

En cuanto a la normativa europea sobre los vertidos a aguas continentales tenemos las siguientes Directivas:

- **Directiva 76/464/CEE**, de 4 de mayo, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas desde fuentes terrestres en el medio acuático.
- **Directiva 91/271/CEE**, de 21 de mayo, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas
- **Directiva 91/676/CEE** relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura.

Aparte de dichas leyes, existen también las siguientes:

- **Directiva 2000/60/CE**, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Con las siguientes modificaciones:

- **Decisión 2455/2001/CE.**

- **Directiva 86/280/CEE**, de 12 de junio, relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los residuos de determinadas sustancias peligrosas.
- **Directiva 88/347/CEE**, de 16 de junio, y 90/415/CEE, de 27 de julio, que modifican el anexo II de la Directiva 86/280/CEE.
- **Directiva 2008/105/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.

#### 4.2.2. Legislación y normativa nacional

En la legislación medioambiental nacional (España) existen actualmente vigentes las leyes que se explican a continuación, de las cuales solo se citan las leyes en cuestión y una corta descripción sobre lo que consisten.

Para una información más detallada y profunda, ir a la parte de “1. Anexo I: Legislación (históricos) y reglamento electrotécnico”, donde se incluye el texto completo de todas las disposiciones.

- **Ley 16/2002**, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación.
- **Real Decreto 606/2003** por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985 de Aguas.
- **Resolución de 19 de enero de 2004**, de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, por la que se aprueba la delegación en los Directores Técnicos de las Confederaciones Hidrográficas de competencias de las Subdirecciones Generales de Proyectos y Obras y de Tratamiento y Control de la Calidad de las Aguas.
- **Orden MAM/1873/2004**, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- **Corrección de errores de la Orden MAM/1873/2004**, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

- **Real Decreto 1892/2004**, de 10 de septiembre, por el que se dictan normas para la ejecución del Convenio Internacional sobre la responsabilidad civil derivada de daños debidos a la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos.
- **Orden MAM/896/2005**, de 31 de marzo, por la que se delega en los Presidentes de las Confederaciones Hidrográficas determinadas competencias relativas a obras incluidas en los programas de actuación de las sociedades estatales constituidas al amparo del artículo 132 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.
- **Orden MAM/985/2006**, de 23 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.
- **Corrección de errores de la Orden MAM/985/2006**, de 23 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.
- **Orden MAM/3207/2006**, de 25 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción técnica complementaria MMA-EECC-1/06, determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.
- **Real Decreto-Ley 4/2007**, de 13 de abril, por el que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.
- **Real Decreto 1341/2007**, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.
- **Real Decreto 1620/2007**, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- **Orden MAM/85/2008**, de 16 de enero, por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.
- **Corrección de errores de la Orden MAM/85/2008**, de 16 de enero, por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.
- **Orden ARM/1312/2009**, de 20 de mayo, por la que se regulan los sistemas para realizar el control efectivo de los volúmenes de agua utilizados por los aprovechamientos de agua del dominio público hidráulico, de los retornos al citado dominio público hidráulico y de los vertidos al mismo.
- **Real Decreto 1514/2009**, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

- **Real Decreto 60/2011**, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

### **4.2.3. Legislación y normativa autonómica**

En la legislación medioambiental autonómica (Aragón) existen actualmente vigentes las leyes que se explican a continuación, de las cuales solo se citan las leyes en cuestión y una breve descripción sobre lo que consisten.

Para una información más detallada y profunda, ir a la parte “1. Anexo 1: Legislación (históricos) y reglamento electrotécnico”, donde se incluye el texto completo de todas las disposiciones.

- **Ley 9/2007**, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley 6/2001, de 17 de mayo, de Ordenación y Participación en la Gestión del Agua en Aragón.
- **Ley 6/2008**, de 19 de diciembre, de modificación de la Ley 6/2001, de 17 de mayo, de Ordenación y Participación en la Gestión del Agua en Aragón, en lo que se refiere a la consideración del Instituto Aragonés del Agua como Administración Pública a los efectos de la aplicación de la normativa sobre contratación del sector público.

## **4.3. Legislación y normativa electrotécnica**

Es aquel conjunto de leyes y normativas que tienen que ver con las instalaciones eléctricas conectadas a una red de suministro, de manera que se preserve la seguridad de las personas y los bienes, se asegure el normal funcionamiento de dichas instalaciones, y se prevengan las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.

### **4.3.1. Legislación y normativa europea**

- **Directiva EMC de la Comunidad Europea (CE) 89/336/CEE:**

- **Norma de emisiones electromagnéticas:**

- **EN 61000-6-3:** residencial, comercial e industria de iluminación.
- **EN 61000-6-4:** entornos industriales.

- **Norma de inmunidad electromagnética:**

- **EN 61000-6-2:** entornos industriales.

• **Directiva sobre equipos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (ATEX) de la Comunidad Europea 94/9/EC:**

- **EN 60079-0:** requisitos generales.
- **EN 50020:** seguridad intrínseca.
- **EN 60079-15:** tipo de protección

### 4.3.2. Legislación y normativa nacional

Al tener el sector eléctrico un campo laboral tan amplio, la legislación en materia de seguridad es una asignatura muy importante. Del B.O.E. del 18 de septiembre de 2002, en el que se publica el Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las leyes más importantes a destacar son las siguientes:

• **Ley del sector eléctrico**, que busca cumplir una serie de objetivos, de los cuales se destacan:

- Proteger las personas y la integridad y la funcionalidad de los bienes que puedan resultar afectados por las instalaciones.
- Proteger el medio ambiente y los derechos e intereses de los consumidores y usuarios.
- Establecer reglas de normalización para facilitar la inspección de las instalaciones, impedir una excesiva diversificación del material eléctrico y unificar las condiciones del suministro.
- Obtener la mayor racionalidad y aprovechamiento técnico y económico de las instalaciones.

• **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**, que destaca como apartados propios de seguridad los artículos siguientes:

- **Artículo 6:** equipos y materiales.
- **Artículo 8:** intensidades de corriente eléctrica admisibles en los conductores.
- **Artículo 16:** sistemas de protección de las instalaciones interiores o receptoras.
- **Artículo 20:** responsabilidad de los titulares de las instalaciones en cuanto a su correcto funcionamiento y mantenimiento.



- **Las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-01 hasta ITC-BT-51 de este reglamento** (artículo 29: Guía técnica) dividen los campos de actuación en las siguientes partes:

- Definiciones.
- Generales.
- Redes de distribución de energía eléctrica.
- Instalaciones.
- Instalaciones de enlace.
- Instalaciones interiores.
- Instalaciones de viviendas.
- Instalaciones en locales.
- Instalaciones en locales con fines especiales.
- Receptores.
- Otras.

• **Actualización del Real Decreto 614/2001.** Riesgo eléctrico, que tiene como finalidad fijar las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Otras leyes que están menos ligadas con el contenido pero que son también importantes relacionadas con el tema que se está tratando son:

• **Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación.**

• **Reglamento de Líneas Aéreas de Baja Tensión.**

• **Legislación reguladora de las ICT.**

## 5. Descripción y control de procesos de Energyworks Fonz, S.L.

### 5.1. Situación de la planta

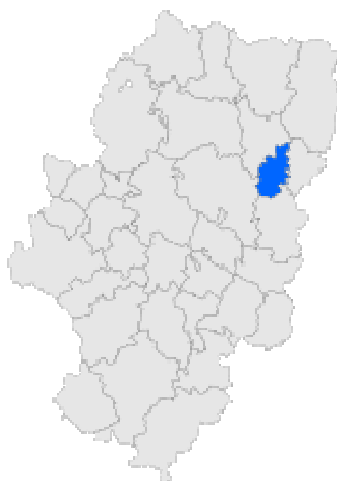
La planta de tratamiento de purines de cerdo ENERGYWORKS FONZ, S.L. está situada en la Partida del Robal de Abajo S/N, CP 22422 en el término municipal de Fonz (Huesca).

Fonz es un municipio de España en la provincia de Huesca, Comunidad Autónoma de Aragón. Tiene un área de 55,5 km<sup>2</sup> con una población de 1021 habitantes (2011) y una densidad de población de 18,4 hab/km<sup>2</sup>. Está situado a una altitud de 471 metros.



**Figura 1. Situación de Aragón en España y Europa**

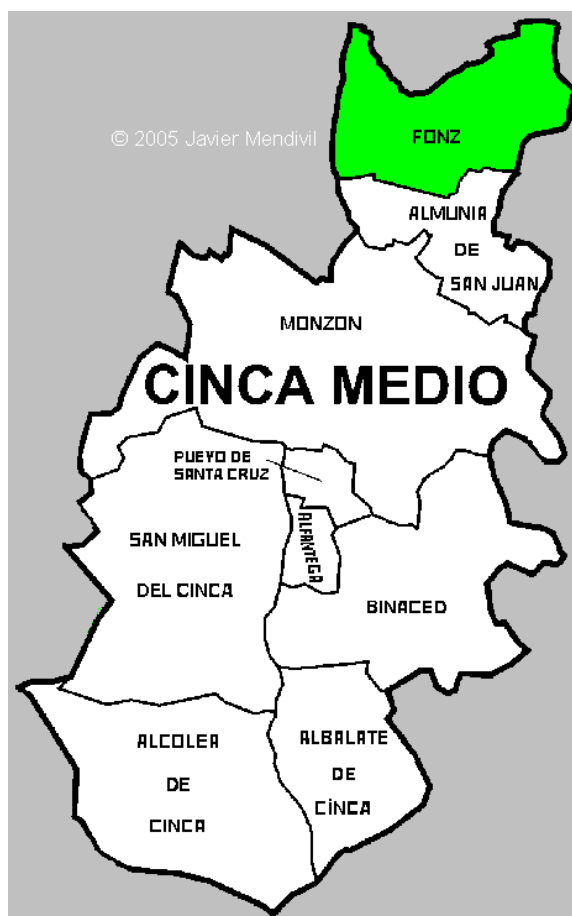
Fonz pertenece a la comarca del Cinca Medio y está situado cerca del curso medio del río Cinca.



**Figura 2. Comarca del Cinca Medio en Aragón**



**Figura 3. Comarca del Cinca Medio en la provincia de Huesca**



**Figura 4. Situación de Fonz en la comarca del Cinca Medio**

Se encuentra en el centro de un triángulo formado por Monzón, Barbastro y la propia villa de Fonz. Desde Barbastro se accede tomando la comarcal A-133 que la une con Estadilla, vía ésta que lleva a los altos valles del Pirineo aragonés. Conecta con Monzón por la carretera local A-1236.



**Figura 5. Red de carreteras de acceso a Fonz desde núcleos cercanos**

## 5.2. Descripción de la zona

El Cinca Medio es una comarca aragonesa situada en el curso medio del río Cinca. Su capital es Monzón.

Limita al noroeste con el Somontano de Barbastro, al este con La Litera y al sur con el Bajo Cinca y los Monegros.

Es una de las comarcas aragonesas con mayor densidad de población, con 41,87 hab/km<sup>2</sup>. Sus principales fuentes de ingresos son la industria y la agricultura.

El río Cinca es la arteria de la comarca. De amplio cauce y abundantes caudales es uno de los afluentes más importantes del río Ebro. Su cuenca vertiente abarca una vasta extensión, toda ella en la provincia de Huesca, drenando la parte central de los Pirineos. A la altura de Monzón la cuenca del Cinca acumula una gran superficie de drenaje.

Esta extensa cuenca y las especiales condiciones de su cabecera hacen que el río presente unas particularidades notables en el tipo de cauce, el régimen de caudales y la composición de sus aguas.

Aprovechados sus recursos desde la Antigüedad, con la extensión de la industrialización tanto en la agricultura como en otros muchos ámbitos de la sociedad, el río es modificado por grandes obras de regulación para el abastecimiento de agua a los nuevos regadíos y para la producción hidroeléctrica, o bien se elige como lugar de asentamiento de diferentes industrias por la abundante disponibilidad de agua. Tanto el agua, como los terrenos que esta ocupa, son aprovechados por distintas actividades productivas, lo que desde los antiguos cultivos en su llanura de inundación, la llamada *huerta*, hasta la consolidación de su cauce con el desarrollo de la populicultura, que fija el cauce del río, ha supuesto una notable transformación del ecosistema original.

El río Cinca penetra en la comarca del Cinca Medio poco después de abandonar la zona montañosa en el embalse de El Grado, para, en pocos kilómetros, recibir las aguas del nivoso río Ésera, por su margen izquierda, y del prepirenaico y torrencial río Vero por la derecha.

Se introduce en la comarca en el término municipal de Fonz y la abandona entre Albalate de Cinca y Alcolea de Cinca.

La longitud de cauce en el territorio comarcal es de 43 kilómetros y, aproximadamente, 70 de riberas. En este tramo su cauce es rectilíneo, sin presentar su curso mayor apenas sinuosidad.

Es el Cinca a la altura de Monzón un río caudaloso, que acumula una superficie de drenaje de su cuenca vertiente de 4.387 km<sup>2</sup>, lo que supone el 28% de la extensión de la provincia de Huesca.

Su cauce presenta anchura variable, con máximos que rondan, o aun sobrepasan, los 1.000 metros en Fonz, y unos pocos estrechos de 250 metros en otros puntos. La anchura media se sitúa en torno a los 500-700 metros.

El caudal medio a la altura de Monzón es de 83 m<sup>3</sup>/segundo, con un caudal específico de 19 litros/segundo/km<sup>2</sup>, lo que demuestra, en comparación con el de Fraga (10,8 litros/segundo/km<sup>2</sup>), que el río Cinca en la comarca todavía está poco influenciado por las características hidrológicas de la depresión del Ebro, aunque se observan las características del drenaje prepirenaico.

Los caudales mínimos históricos se han observado en el mes de agosto y los máximos en mayo con el deshielo y el conocido fenómeno de los *mayencos* (crecidas provocadas por la fusión primaveral de la nieve).

El río Cinca presenta dos períodos de estiaje, uno de ellos en invierno, ya que por la altimetría de la cuenca vertiente una buena parte de las precipitaciones quedan retenidas en forma de nieve, y otro en verano, donde los rigores propios de la estación hacen que el nivel llegue a su mínimo anual. El caudal cero es desconocido en el río Cinca.

Las crecidas son más frecuentes en otoño por la influencia mediterránea de su cuenca, mientras que en invierno son poco frecuentes ya que se ve poco afectada por los vientos atlánticos dada su situación hacia el este y por la retención de la precipitación al producirse esta en forma de nieve.

El grado de continentalidad de la cuenca favorece también la aparición de fenómenos convectivos con tormentas de gran torrencialidad que pueden provocar violentas descargas fluviales.

Los caudales máximos en avenida ocurren por la concomitancia de precipitaciones en toda su cuenca.



**Figura 6. Cuenca del río Cinca**

El panorama en cuanto a depuradoras se puede observar a partir de los siguientes datos y de la figura que muestra las diferentes E.D.A.R. de la comarca.

La superficie de la comarca del Cinca Medio (provincia de Huesca) es de 576,7 km<sup>2</sup> y cuenta con una población de 23720 habitantes. El número de municipios que engloba la comarca es 9, aunque cuenta con 17 núcleos de población (incluyendo pedanías).

Para satisfacer las necesidades de su población y sus municipios, la comarca cuenta con 6 E.D.A.R.s que tienen una capacidad total de tratamiento de 10425 m<sup>3</sup>/día y una capacidad total de carga de 37627 habitantes equivalentes.

La población total con servicio es de 21896 habitantes, lo que supone un porcentaje de habitantes servidos respecto al total de habitantes de la comarca del 92,3%.

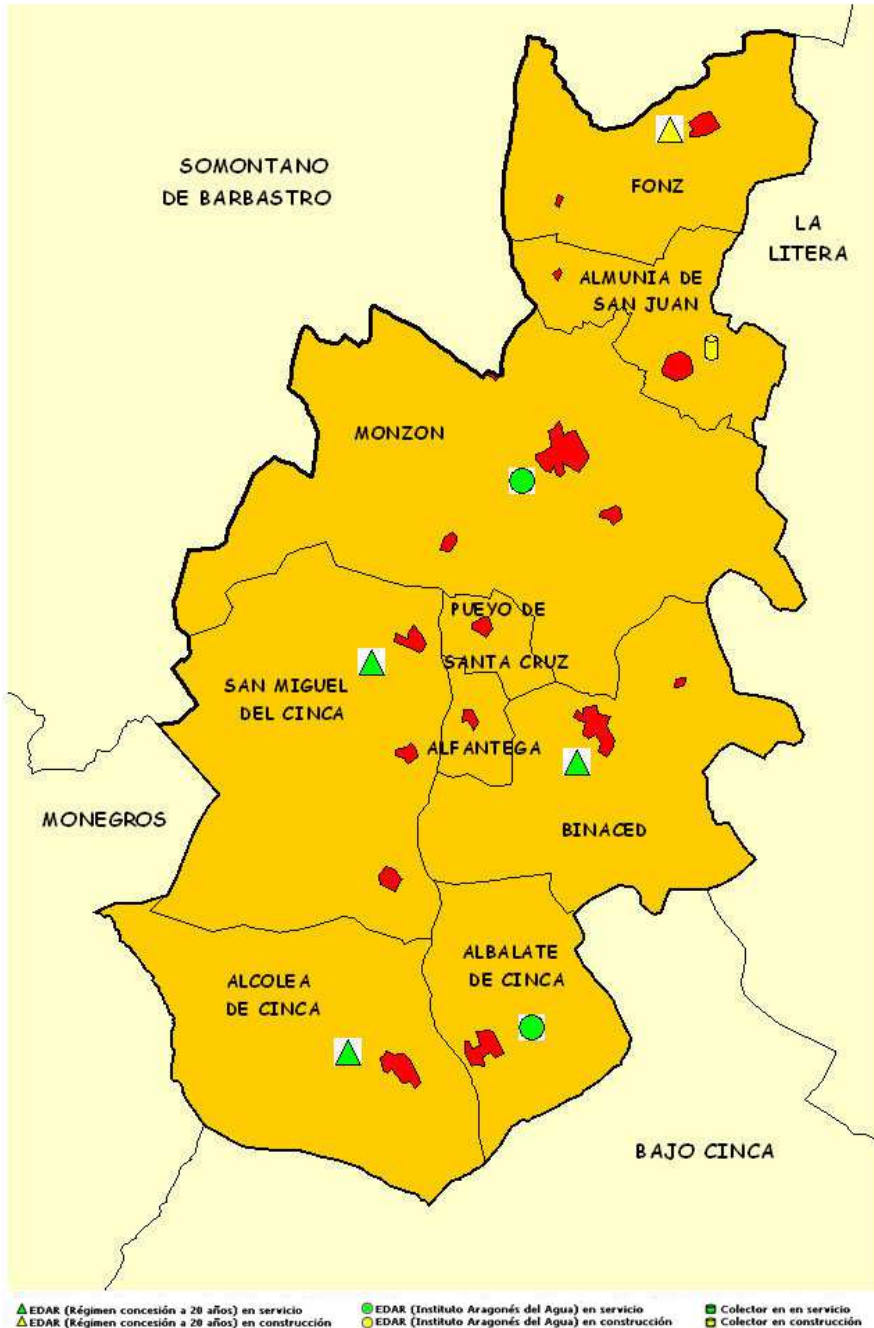


Figura 7. E.D.A.R.s en la comarca del Cinca Medio



### 5.3. Actividad de la planta

La actividad de la planta que ENERGYWORKS FONZ, S.L., posee en el término municipal de Fonz (Huesca) consiste principalmente en el tratamiento y depuración de purines de cerdo.

Se encarga de tratar el purín generado en las ganaderías porcinas de la zona para después generar un vertido industrial que tras todos los procesos que se llevan a cabo en la planta, y una vez garantizado que el vertido está dentro de los límites establecidos en la Autorización de Vertido y que se trata de un vertido seguro, es devuelto al cauce del río Cinca con el nivel de calidad necesario para que el impacto sobre el ecosistema sea mínimo y no genere nuevos problemas.



**Figura 8. Vista de la planta ENERGYWORKS FONZ, S.L.,  
con el municipio de Fonz al fondo**

### 5.4. Breve historial de la planta

I.- Con fecha 18 de noviembre de 2005 se otorgó a la empresa ENERGYWORKS FONZ, S.L., la autorización para el vertido de aguas residuales procedentes de una planta de tratamiento de purines ubicada en Fonz (Huesca), por un plazo de cinco años y con arreglo a determinadas condiciones.



II.- Con fecha 5 de febrero de 2008 se remitió un informe anual de los vertidos de la empresa en el año 2007, donde se solicitaba una modificación de los caudales de vertido autorizados e indicaba una serie de modificaciones realizadas en el proceso de tratamiento de purines. Por ello con fecha 10 de marzo de 2008 se le requirió para que enviara una nueva declaración de vertido y un estudio técnico que indicara los cambios realizados y las características actuales de vertido.

III.- Con fecha 20 de mayo de 2008 se recibieron la declaración de vertido y dos copias de una memoria titulada “Memoria para la revisión solicitud de autorización del vertido de aguas residuales de la empresa ENERGYWORKS FONZ, S.L.

IV.- Mediante informe registrado de entrada con fecha 5 de febrero de 2009 el INSTITUTO ARAGONES DE GESTIÓN AMBIENTAL (INAGA) – DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE, informó en sentido favorable con arreglo a determinadas condiciones.

V.- Sometido el presente expediente a trámite de información pública se recibieron alegaciones al mismo. Las alegaciones presentadas hacen referencia a que el vertido se evacua a un desagüe que se incorpora a un sistema de acequia, sin la correspondiente autorización de la Comunidad de Regantes.

VI.- concedida vista de las alegaciones a ENERGYWORKS FONZ, S.L., mediante escrito de fecha de registro de entrada 3 de abril de 2009 esta sociedad manifestó, entre otras consideraciones, que el vertido se efectúa en el punto que figura en la autorización otorgada por Confederación mediante la resolución de fecha 18 de noviembre de 2005. Así mismo que la ampliación del caudal de vertido solicitado no implica un deterioro en la calidad del mismo puesto que la capacidad de tratamiento de la planta no ha variado.

VII.- solicitados informes a otras Áreas de la C.H.E., con fecha 28 de enero de 2010, el Área Usuarios de este Organismo ha informado lo siguiente: el punto de vertido no se encuentra en la acequia de la Comunidad de Regantes de San Blas sino en un barranco, cauce de dominio público hidráulico. Su conexión, aguas abajo, con la acequia de la comunidad, supone que ésta resulta afectada o perjudicada por la autorización del vertido. Concluye el citado informe indicando que el titular de la autorización de vertido no necesita el permiso de la Comunidad de Regantes, pero la resolución de revisión que se dicte debe evitar el perjuicio alegado mediante la imposición de las condiciones necesarias al efecto.

VIII.- Con fecha 28 de mayo de 2010 el Área de Control de Vertidos ha informado de las siguientes consideraciones y fecha de salida de la CHE 4 de junio de 2010:

Se requiere a la empresa ENERGYWORKS FONZ, S.L., para que, con objeto de revisar la autorización del vertido, remita antes del 15 de julio de 2010, una Memoria técnica del vertido, suscrita por técnico competente, que deberá contener al menos lo siguiente:

a) Caracterización de los flujos de aguas residuales que se generan en la instalación, es decir, aguas de proceso y aguas de refrigeración.

- Aguas de proceso, en las que deberá concretarse:

- Caracterización del agua bruta (agua residual una vez que ya no se obtiene producto alguno para la fabricación de fertilizante). Se indicara al menos, los valores de los parámetros: Temperatura, pH, conductividad, DQO, MES, Nitrógeno Kjeldahl, Nitrógeno amoniacal, Nitratos, Nitritos y Fósforo total.
- Deberá detallarse el sistema que se utiliza para evitar que, en caso de mal funcionamiento de la planta, el vertido no sea evacuado hasta que contenga concentraciones de los contaminantes inferiores a los límites establecidos.
- Caracterización de las aguas residuales tratadas. Se indicarán, al menos los valores de los parámetros: Temperatura, pH, Conductividad, DQO, MES, Nitrógeno Kjeldahl, Nitrógeno amoniacal, nitritos, Nitratos, y Fósforo total.
- Se remitirán valores de concentración de los parámetros: nematodos intestinales, escherichia coli y turbidez. Si bien no se trata de una reutilización directa, es necesaria su caracterización, con objeto de preservar la calidad del agua, que es usada posteriormente por la Comunidad de Regantes de San Blas.

b) Justificación de los caudales de vertido que se solicitan para cada uno de los flujos con indicación de los volúmenes de vertido máximos expresados en  $m^3/h$ ,  $m^3/día$ ,  $m^3/año$ .

c) Elaborar los correspondientes formularios de la declaración de vertido, con datos acordes con la memoria que se presente.

En adelante la nueva referencia es: 2008-S-382.

IX.- Se encarga a la entidad Colaboradora de la Administración (Ingein S.L.) el estudio y certificación de la capacidad nominal de la Planta de tratamiento, cuyo resultado va a influir en la caracterización del vertido final de la Planta.

X.- EBROAMBIENT, S.L. redacta la Memoria técnica del vertido, por encargo de la Sociedad ENERGYWORKS FONZ, S.L. que corresponde al vertido industrial procedente de la planta de tratamiento de purines de cerdo que ENERGYWORKS FONZ, S.L. posee en el término municipal de Fonz (Huesca).

El objeto de dicha Memoria Técnica es la caracterización de los flujos de aguas residuales que se generan en las instalaciones de la empresa ENERGYWORKS FONZ, S.L., es decir las aguas de proceso y las aguas de refrigeración.

Así mismo justificar los caudales de vertido que se solicitan para cada uno de los flujos, con indicación de los volúmenes de vertido máximo expresados en  $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{m}^3/\text{día}$ ,  $\text{m}^3/\text{año}$ .

Elaboración de los correspondientes formularios de la declaración de vertido, con arreglo a los datos que reflejan en esta memoria.

## 5.5. Diagramas de proceso de Energyworks Fonz, S.L.

A continuación, se va a proceder a la explicación del Proceso Industrial que se lleva a cabo en la planta partiendo desde el purín bruto, ya que en la planta de Fonz, lo que realmente se produce es la depuración de los purines y finalmente se llega a un vertido final. Las etapas sucesivas son:

### 1ª Etapa.

El purín bruto se centrifuga para separar la mayor cantidad de sólidos posibles.

### 2ª Etapa.

La Fase líquida es sometida a un proceso de ozonización, se realiza una adición de NaOH y una evaporación-condensación.

### 3ª Etapa.

Se realiza un proceso de Stripping. En estas aguas se ha reducido considerablemente la materia orgánica pero llevan todavía una cantidad elevada de nitrógeno amoniacal, por lo que son sometidas a un proceso de Stripping, para lo cual hay que añadir sosa en el stripper y los vapores arrastran amoniacal que en una segunda torre queda retenido mediante la adición de sulfúrico para generar sulfato amónico que se retirará como complemento fertilizante. De la torre del stripper, sale la línea de agua y es llevada al tanque llamado de Aguas Limpias.

### 4ª Etapa.

Del tanque de aguas limpias, el agua del proceso es conducida al tanque T059, donde se juntan con las purgas del circuito de las torres de refrigeración y la mezcla es sometida a una postozonización. De este depósito el agua es conducida a los tanques T089, que son los depósitos stock. Desde allí y cuando cumplan los valores de pH, DQO y N amoniacal, son vaciados al Punto de Control de Vertido Final.

Todas estas etapas del Proceso Industrial, quedan reflejadas en los siguientes diagramas de bloques de los procesos de la Planta:

- 1.- “CIRCUITO PURGAS TORRES DE REFRIGERACIÓN (FONZ)”.
- 2.- “CIRCUITO PROCESO INDUSTRIAL TRATAMIENTO DE PURINES (FONZ)”.

Estos diagramas se pueden ver más adelante, en el apartado 5.7., donde se muestra la caracterización de los flujos de aguas residuales generados en la instalación.

Para comprender mejor las diferentes etapas del Proceso Industrial descritas, se muestra a continuación el diagrama de flujo de los tratamientos y procesos que se llevan a cabo en la planta, desde la llegada de la materia prima (purín bruto) hasta el vaciado al Punto de Control de Vertido Final (agua no residual).

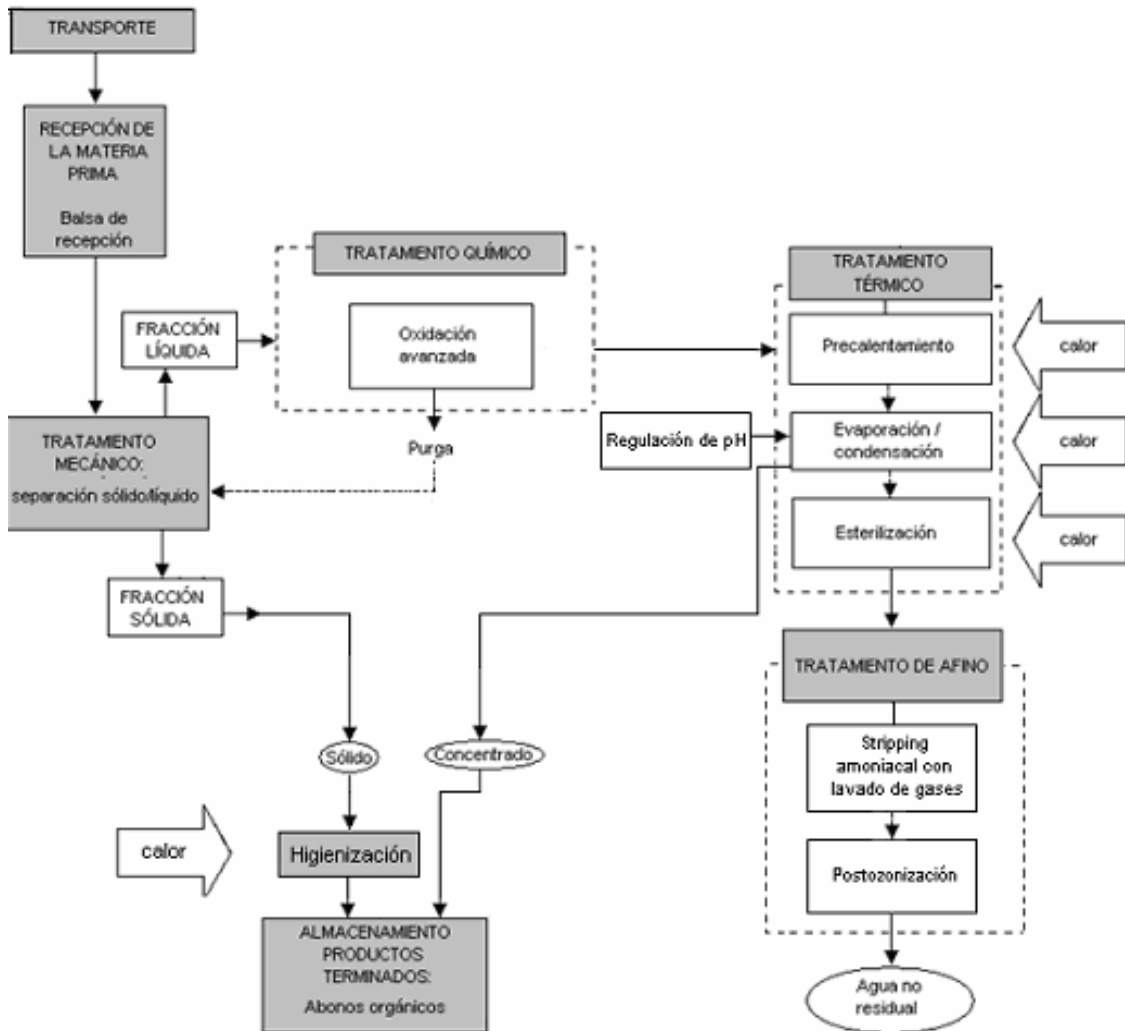
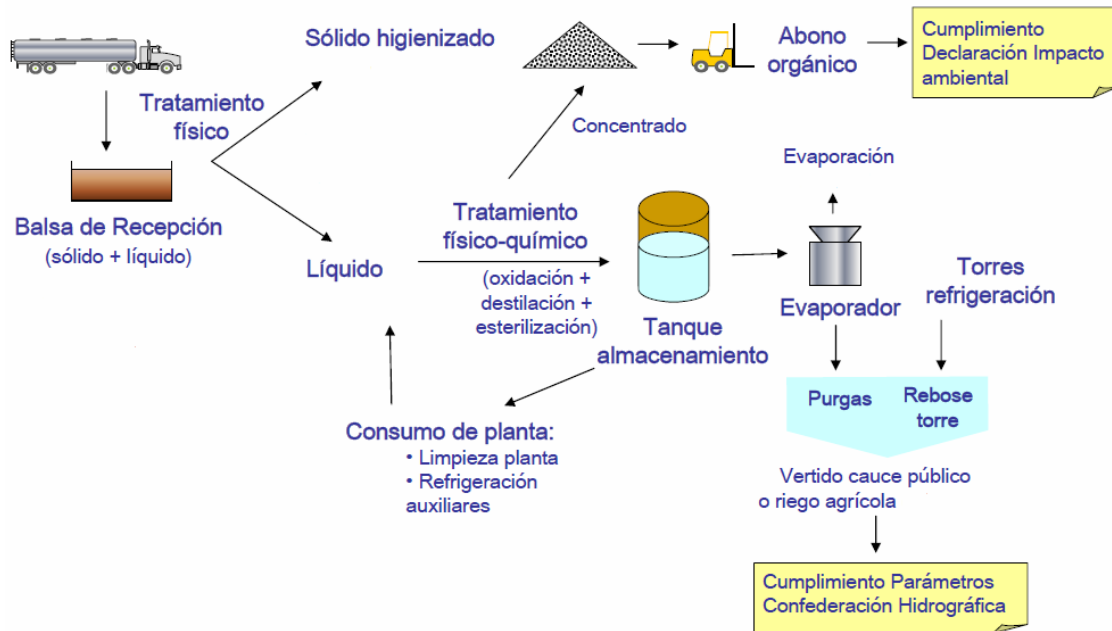


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso industrial

La siguiente ilustración puede ayudar a entender mejor todavía la secuencia de procesos que se suceden en la planta de tratamiento y depuración de purines.

## Tratamiento y Reducción de purines: Descripción de Proceso



**Figura 10. Descripción de los procesos que tienen lugar en la planta**

### 5.6. Procesos que se llevan a cabo en la planta

Los purines de cerdo, constituidos por una mezcla de excrementos sólidos y líquidos, aguas residuales y restos de comida, constituyen un gran problema medioambiental si no se gestionan adecuadamente.

Mediante la aplicación de las técnicas de tratamiento de purines se transforma un subproducto problemático en un líquido depurado apto para fertirrigación, así como en un fertilizante agrario de gran calidad, mineralizando la materia orgánica inicial de tal modo que el aporte de nutrientes al terreno y a la planta es el apropiado, evita fototoxicidades en las plantas, no contamina el terreno y aguas subterráneas por presencia de nitratos, no aporta metales pesados ni microorganismos patógenos. En resumen, los productos finales son homogéneos en su composición, libre de olores, de alta calidad que, además elimina un residuo de elevada problemática.

Esta planta debe recoger y tratar los purines producidos en las granjas situadas en sus proximidades, dando solución al purín producido en las mismas, que no puede ser incorporado, en muchos casos, al terreno.

### 5.6.1. Recepción de la materia prima

La materia prima de la planta de tratamiento es el purín porcino procedente de las explotaciones de la zona.

En la primera etapa del tratamiento, el purín se recibe, descarga y almacena de manera previa a su introducción al proceso. El suministro se lleva a cabo mediante camiones cisterna.

Los camiones cisterna cargados con el purín se dirigirán a la zona de descarga, desde donde vaciarán su contenido en un canal de desbaste inicial donde se separan los sólidos de mayor tamaño.

El líquido se impulsará mediante gravedad hacia la fosa de recepción, depósito de forma circular impermeabilizado, con capacidad suficiente para garantizar el almacenamiento del purín durante un periodo de 3 días.

El depósito dispondrá de un sistema de agitación sumergible para impedir la sedimentación de la materia sólida y homogeneizar el purín procedente de las diferentes granjas de la zona.

Los camiones que realizan el transporte del purín son desinfectados a la salida de la planta mediante un badén de desinfección, con el fin de no propagar posibles infecciones.



**Figura 11. Balsa de recepción**

### 5.6.2. Tratamiento mecánico

El tratamiento mecánico tiene la finalidad de producir una **separación entre sólidos y líquidos**. Recibe el nombre de tratamiento mecánico porque se usa la técnica de espesamiento por centrifugación, técnica basada en principios mecánicos como se explica a continuación.

La centrifugación se usa principalmente para concentrar la fracción sólida. El principio en el que se fundamenta es en la sedimentación de las partículas sólidas del purín bruto gracias a la fuerza centrífuga que se aplica.

El movimiento de rotación de las partículas impulsadas por la fuerza centrífuga provoca una concentración de los sólidos en la zona periférica. Esta fracción sólida es empujada por un tornillo helicoidal hasta el extremo de la centrifuga.



**Figura 12. Centrifugadora de la planta para la separación de sólidos**

### **5.6.3. Tratamiento químico**

Una vez realizada la separación entre sólidos y líquidos del purín, vamos a continuar analizando los tratamientos que se llevan a cabo sobre la fracción líquida, para luego volver sobre los sólidos.

El siguiente tratamiento que recibe la fase líquida es un tratamiento químico llamado ozonización, el cual se lleva a cabo en el tanque T054.

La ozonización se incluye dentro los Procesos de Oxidación Avanzada (AOPs). La molécula de ozono es un oxidante fuerte capaz de participar en numerosas reacciones químicas con sustancias inorgánicas y orgánicas.

En el tratamiento de las aguas residuales, el ozono se emplea en la desinfección (reutilización), oxidación de compuestos inorgánicos, oxidación de compuestos orgánicos y la eliminación de partículas.

Una vez llevada a cabo la ozonización, las partículas y compuestos no deseados se devuelven al punto donde se realiza el tratamiento mecánico, mientras que el líquido resultante continúa su camino hacia la siguiente etapa de tratamiento.

#### 5.6.4. Tratamiento térmico

El líquido tratado se somete a un tratamiento térmico tras el que se obtiene el agua purificada. Durante todo el proceso se le aplica una potente fuente generadora de calor. Primero, se somete al líquido a un precalentamiento. Después, se aplica un proceso de **evaporación / condensación**. Y finalmente, se lleva a cabo la esterilización del agua resultante.

La evaporación del líquido sirve para la concentración del material sólido a base de aplicar calor. Luego un condensador refrigera el líquido evaporado y extrae el destilado. Por el fondo, se retiran los concentrados que pasarán junto con los sólidos a un secador. Este proceso también es efectivo para la regulación de pH de este tipo de aguas, ya que se caracterizan por un pH alcalino.



**Figura 13. Vista de la instalación para el tratamiento térmico**

Las tecnologías de tratamiento desarrolladas tienen necesidades térmicas importantes en el proceso, que pueden ser cubiertas mediante **plantas de cogeneración**.

Los gases de escape y la energía térmica procedentes de los circuitos de refrigeración de los motores, en cuyo interior se quema GLP (gas licuado del petróleo), se aprovechan aportando la energía calorífica necesaria para diferentes fases del proceso, en el evaporador y en el secador.

Se consigue mejorar la eficiencia con intercambiadores para precalentar el líquido antes de entrar al evaporador, aprovechando el calor latente de condensación de los vapores.

Parte de la generación eléctrica se destina al consumo de los equipos de la planta y los excedentes se venden a la red eléctrica, concretamente a la compañía Iberdrola, lo que constituye el ingreso principal de la actividad, junto con la venta del residuo sólido como abono en menor magnitud.





**Figura 14. Depósitos donde se almacena el GLP que será quemado en los motores de explosión para la cogeneración**

**Eficiencia de la cogeneración:**

- Ahorro de energía primaria en la generación gracias al aprovechamiento de la energía térmica útil en el proceso.
- Mayor rendimiento global de la instalación frente a los sistemas convencionales de generación.
- Generación en el punto de consumo. Se reducen pérdidas por transporte en líneas eléctricas y se consigue un mejor reparto de cargas en la red.
- El uso de un combustible "limpio" como el gas natural produce menor impacto medioambiental.
- Ausencia de emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y disminución de las de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y nitrosos (N<sub>2</sub>O), por lo que se reduce la formación de la lluvia ácida.
- Reducción de emisiones de productos de combustión como el CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e hidrocarburos no quemados, respecto a otros combustibles.
- Menor temperatura de emisión de los gases en chimenea: menor calentamiento atmosférico.

### 5.6.5. Tratamiento afino

Las aguas que llegan a este punto han visto reducida considerablemente la materia orgánica pero contienen en algunos casos elevadas concentraciones de amoníaco. En estos casos es imprescindible llevar a cabo un tratamiento para la correcta depuración de dichas aguas y también puede ser interesante económicamente la instalación de un sistema para la recuperación de amoníaco.

Para la eliminación de amoníaco de estas corrientes líquidas se ha establecido como técnica estándar el **Stripping** o desorción. Este proceso consiste en añadir sosa en el stripper y los vapores arrastran amoníaco que en una segunda torre queda retenido mediante la adición de sulfúrico para generar sulfato amónico que se retirará como complemento fertilizante.

De la torre del stripper, sale la línea de agua y es llevada al tanque llamado de Aguas Limpias.



**Figura 15. Sistema que lleva a cabo el Stripping y tanques T089 (depósitos stock)**

Del tanque de aguas limpias, el agua del proceso es conducida al tanque T059, donde se juntan con las purgas del circuito de las torres de refrigeración y la mezcla es sometida a una **postozonización**. Este tratamiento se emplea cada vez menos debido al bajo rendimiento que desarrolla.



**Figura 16. Torres de refrigeración**

Del depósito T059 el agua es conducida a los tanques T089, que son los depósitos stock. Desde allí y cuando cumplan los valores de pH, DQO y N amoniacal, son vaciados al **Punto de Control de Vertido Final**.

#### **5.6.6. Tratamiento de sólidos**

Durante el tratamiento mecánico se produjo la separación entre sólidos y líquidos. La fracción sólida separada en la centrifugadora es conducida para recibir un proceso de **higienización** con el fin de reducir o eliminar patógenos mediante la aplicación de calor.

Por otro lado, los concentrados desechados durante el proceso de evaporación / condensación son retirados y pasan junto el resto de sólidos a un secador.

Para finalizar se produce un **Almacenamiento de Productos Terminados** donde se depositan todos estos sólidos. Se trata de **abonos orgánicos** con una humedad del 30%, con nutrientes orgánicos, sin gérmenes patológicos y con textura de tierra.



**Figura 17. Almacenamiento de productos terminados (sólidos)**

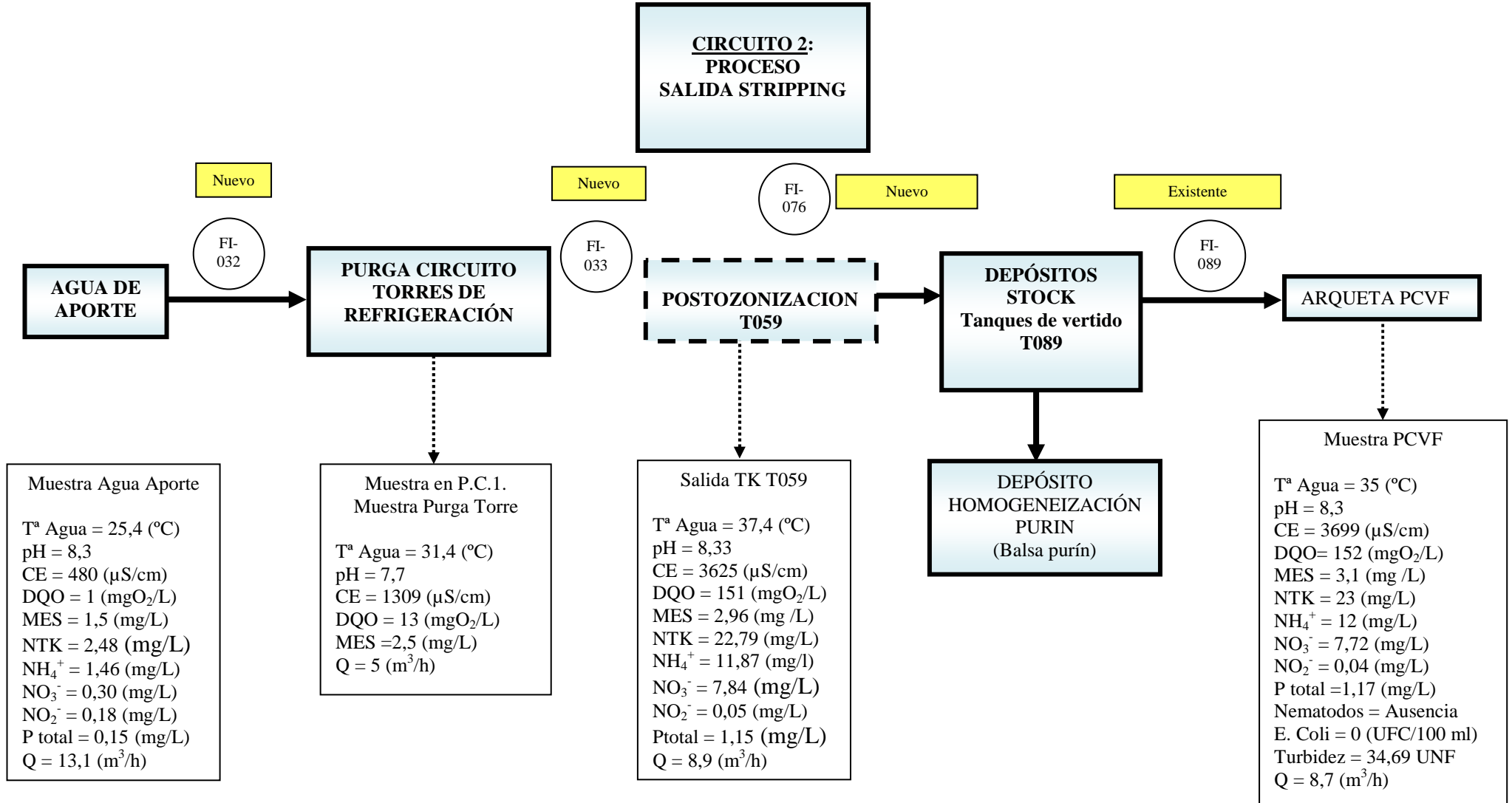
### **5.7. Caracterización de los flujos de aguas residuales generados en la instalación**

Los flujos de agua residuales que se generan en la instalación de ENERGYWORKS FONZ, S.L. son dos, por un lado las aguas de refrigeración y por el otro las aguas de proceso. Estos dos flujos se vierten conjuntamente al río Cinca. Para la caracterización de dichos flujos se han sintetizado los datos pertinentes en los siguientes diagramas de bloques:

1. "CIRCUITOS PURGAS TORRES DE REFRIGERACIÓN (FONZ)".
2. "CIRCUITO PROCESO INDUSTRIAL TRATAMIENTO DE PURINES (FONZ)".

Los datos que aparecen en este diagrama son datos estimados antes de la instalaciones de los nuevos caudalímetros recomendados por la CHE (en los esquemas señalados en amarillo), por lo tanto son datos, que en muchos de los casos son calculados y se tendrán que corroborar con el histórico que resulte de recoger los nuevos datos de los caudalímetros y de las analíticas que se realicen.

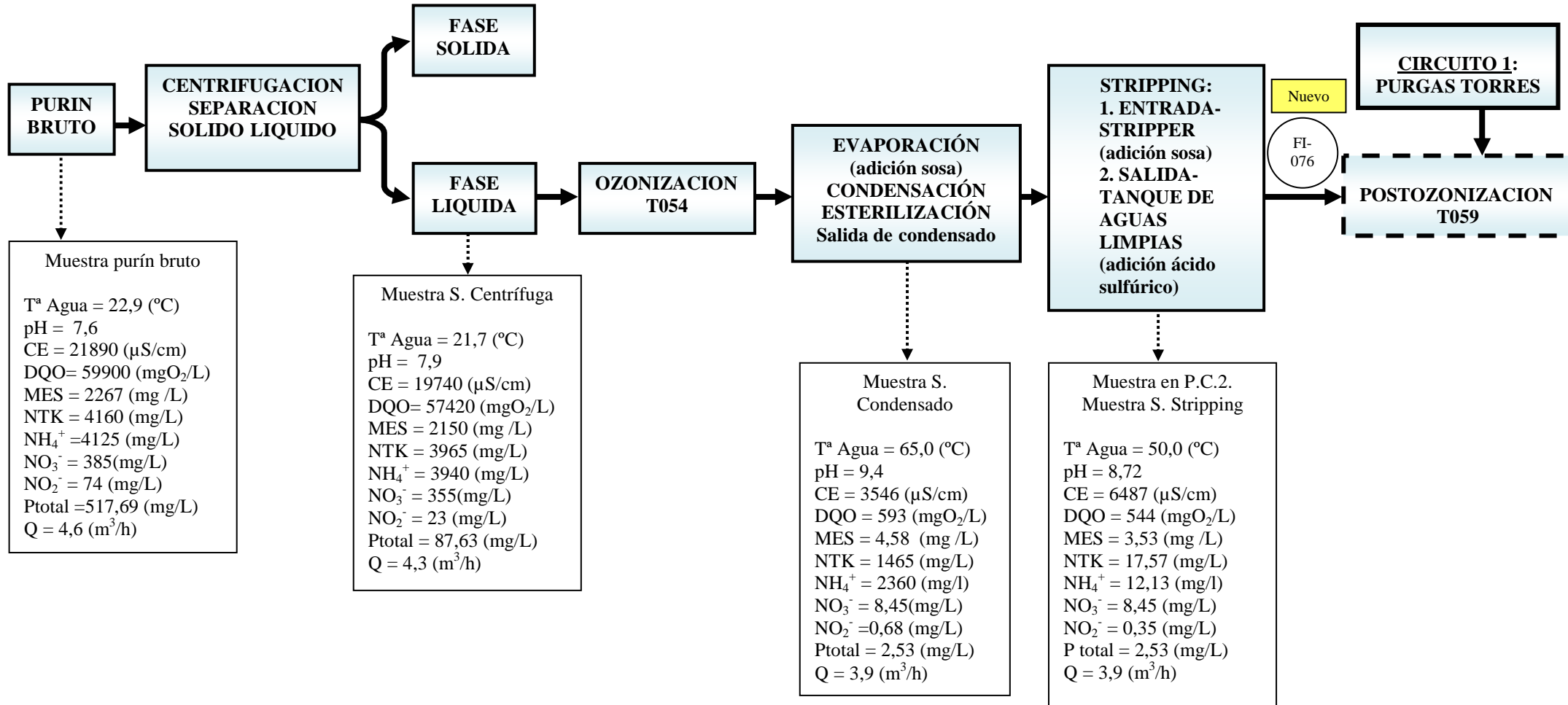
### CIRCUITO 1: PURGAS TORRES DE REFRIGERACIÓN (FONZ)



NOTA: Algunos valores de este esquema son interpolados y otros calculados. Una vez instalados los nuevos caudalímetros solicitados por la CHE, se ajustarán según histórico.  
FI- contadores



**CIRCUITO 2: PROCESO INDUSTRIAL TRATAMIENTO DE PURINES (FONZ)**



NOTA: Algunos valores de este esquema son interpolados y otros calculados. Una vez instalados los nuevos caudalímetros solicitados por la CHE, se ajustarán según histórico.  
FT- contadores

## 5.8. Justificación de los caudales de vertido

Como se ha dicho antes, los flujos de agua residual que se generan en la instalación de ENERGYWORKS FONZ, S.L., son dos. Por un lado las aguas de refrigeración y por el otro las aguas de proceso. Ambos flujos se vierten conjuntamente al río Cinca.

### 5.8.1. Caudal de vertido de las aguas de refrigeración

Existen dos torres de refrigeración en la planta de tratamiento de purines de EW FONZ, S.L. Aunque ambas están instaladas sobre el mismo circuito, una de ellas está dimensionada para refrigerar la parte de cogeneración, y la otra, la parte correspondiente al proceso.

El principio de funcionamiento de las torres de refrigeración se basa en el fenómeno de la evaporación. El agua caliente se pone en contacto con una corriente de aire y se enfría al cederle el calor latente y evaporarse en parte. Como consecuencia de la evaporación, y debido a que el agua de aporte contiene sales, el agua del circuito se va concentrando, por lo que hay que realizar una purga para detener este aumento de concentración y evitar problemas de incrustaciones.

El consumo total de agua en este sistema depende de los ciclos de concentración que se estén efectuando, lo que es función de la calidad del agua de entrada. En principio, se ha supuesto un funcionamiento a tres ciclos de concentración, que es lo que recomienda el fabricante de las torres.

En régimen nominal de funcionamiento, la torre de cogeneración debe disipar el calor del circuito de agua de baja temperatura de los motores (1.244 kW), lo que hace una evaporación de 1,98 m<sup>3</sup>/h y una purga de 1,3m<sup>3</sup>/h.

En estas condiciones, la torre de proceso debe disipar el calor de refrigerar el generador de ozono instalado en la planta (35 kW) y el calor de condensación y enfriamiento del condensado del tratamiento de purines (3.970 kW). En total, 4.005 kW que implican una evaporación de 6,5 m<sup>3</sup>/h y una purga de 3,7 m<sup>3</sup>/h.

Por lo tanto, el volumen total de la purga de las torres de refrigeración, que corresponde al volumen medio de vertido que se solicita, **será de 5 m<sup>3</sup>/h.**

Se estima un funcionamiento de la cogeneración de unas 8.200 h/año, lo que hace unos **41.000 m<sup>3</sup>/ año de volumen de vertido.**

De esto se deduce que el **caudal diario será: 120 m<sup>3</sup>/día.**

### 5.8.2. Caudal de vertido de las aguas de proceso

Dada la capacidad operativa de la planta de tratamiento de purines, el caudal de purín tratado en régimen nominal de funcionamiento ha sido de **32.805 Tm/año**, que equivalen aproximadamente a 32.805 m<sup>3</sup>/año, es decir un caudal horario de 4,6 m<sup>3</sup>/h, y teniendo en cuenta que se han producido unas 7.000 h/año de funcionamiento.

Se dispone de un estudio de la Ingeniería de Gestión Industrial S.L. (Entidad Colaboradora de la Administración), de fecha 11 de agosto de 2008, referencia 50V/OT/0004/08-V-1, donde se concreta la capacidad de tratamiento de la planta, lo cual también afecta al cálculo del vertido final.

Por lo tanto el caudal diario será de: 110 m<sup>3</sup>/día.

Teniendo en cuenta las pérdidas sucesivas de agua durante todas las etapas del proceso descritas anteriormente, se obtiene un caudal horario de: **3,9 m<sup>3</sup>/h**, lo que supone un caudal diario de **93,6 m<sup>3</sup>/día**, lo que supone **27.300 m<sup>3</sup>/año**.

### 5.8.3. Caudal total de vertido

En resumen, el caudal total de vertido será la suma de los caudales de aguas de proceso más el de las aguas de refrigeración.

Aguas de proceso en régimen normal de funcionamiento:

Si tenemos en cuenta que el número total de horas trabajadas es de 7.000 horas anuales.

$$3,9 \text{ m}^3/\text{h} = 93,6 \text{ m}^3/\text{día} = 27.300 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Aguas de refrigeración en régimen normal de proceso:

Volumen total de la purga de las torres de refrigeración, será de:

$$5 \text{ m}^3/\text{h} = 120 \text{ m}^3/\text{día} = 41.000 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Por lo tanto, el volumen total de vertido sería la suma de ambos.

$$\text{Caudal total de vertido (m}^3/\text{h)} = 5 + 3,9 = 8,9 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 213,6 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\rightarrow 68.300 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Dado el sistema de seguridad, que consiste en que el vertido es almacenado en los tanques T089, existen porciones del vertido acumulado que es reciclado a la balsa de purín, en función de que los valores de pH, DQO y Amonio no cumplan los límites establecidos en la Autorización de Vertido.



## 5.9. Sistema de control e instrumentación asociada de la planta

El sistema de control está compuesto por un autómatas programable o PLC y las tarjetas de Entrada/Salida (E/S) tanto analógicas como digitales necesarias para el control, Sistema de Comunicaciones y Consolas de Operación. Los sistemas de alarmas y de indicación de temperaturas están incorporados en el SCADA.

Para llevar a cabo el control de la instalación se tiene en cuenta:

- El correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones.
- Los rendimientos del proceso implantado, que se verifica mediante un sistema de sensores localizados en los equipos.

### 5.9.1. Cuadro de control

Todos los elementos necesarios para el control se montan en armarios. Este cuadro está situado dentro de la sala de control habilitada para tal efecto en la planta de tratamiento de purines.



**Figura 18. Cuadro de control del Stripping**

Los elementos principales que componen el cuadro son:

- **CPU del PLC.**
- **Módulos de Entrada/Salida.**

De forma genérica las E/S son de los siguientes tipos:

- Entradas analógicas.
- Salidas analógicas.
- Entradas digitales.
- Salidas digitales.

- **Módulos de comunicación.**

El PLC dispone de un módulo de comunicación que se utiliza como vía de comunicación del PLC con el SCADA y el Display Táctil.

- **Borneros de interconexión.**

Las bornas están agrupadas por tipos de señales en borneros independientes. Además todas las bornas utilizadas para captar señales de un mismo equipo están situadas en posiciones contiguas, facilitándose el cableado mediante multicables.

### 5.9.2. Sistema de operación

El sistema de operación tiene la misión de ser el soporte para llevar a cabo las modificaciones de parámetros de control, lo que conlleva la solicitud de las correspondientes claves de acceso. Todas las pantallas y su teclado asociado son capaces de realizar independientemente todas las operaciones centrales.

El sistema de operación está compuesto por una estación de operador con su correspondiente pantalla y teclado, unidad de disco e impresora desde donde se controla todo el sistema, un display táctil desde el que se habilita el control básico para poder operar la planta y una serie de elementos de enclavamiento.

#### Sistema SCADA

Tiene como soporte los elementos que a continuación se detallan. El conjunto de estos elementos constituyen la estación de operador. Este sistema está situado en la sala de control de que consta la planta.

### Pantallas y teclados:

Se dispone de pantalla en color. Desde el puesto de operación, con el teclado, se pueden configurar los lazos de control y cambiar los parámetros, tales como acciones, límites de alarma y rango, etc. con protección bajo llave o modo similar.

La CPU es industrial y con las características de velocidad y memoria precisas para que el funcionamiento del SCADA sea lo más rápido posible.

### Impresoras:

Las funciones a desarrollar por la impresora son:

- Impresión de alarmas.
- Emisión de informes.
- Impresión de una visualización en pantalla.
- Impresión de gráficos y tendencias.

### Display táctil

Está mecanizado sobre la puerta del cuadro de control. Este display dispone de las pantallas necesarias para poder operar toda la planta sin necesidad del SCADA.

Está dotado de un procesador con la posibilidad de conectarse al PLC vía Ethernet y el programa de desarrollo está implementado sobre una tarjeta, para facilitar su operatividad.

El tamaño de la pantalla LCD es suficiente para facilitar la comprensibilidad y la operatividad de la planta desde este dispositivo.



**Figura 19. Display táctil del Stripping**

## Alarmas del sistema de enclavamiento

Las lámparas de señalización, pulsadores de emergencia, parada o mando y by-pass de operación correspondientes al sistema de enclavamiento van montadas también en la puerta del cuadro de control (consola de operación). Algunas de ellas están repetidas en las pantallas del sistema SCADA por el mismo tratamiento de cualquier alarma externa.

### 5.9.3. Aplicación de control

Se visualiza en pantalla el valor de todas las E/S analógicas o digitales. Se puede llamar a pantalla, por simples operaciones de teclado, los siguientes tipos de visualizaciones:

- Visualizaciones.
- Registros y tendencias.
- Alarmas.
- Otras visualizaciones.
- Gráficas o sinópticos.

#### Visualizaciones

Visualización general:

Se presenta el estado general de la plata. El nivel de información es el siguiente:

- Valor de consigna de las variables a controlar.
- Valor real de las variables a controlar.
- Desviación, respecto al punto de consigna, de la variable de proceso (valor real).
- Límites de alarma de esta desviación.

Visualizaciones de "grupos" de la visualización general:

En este tipo de visualización se puede traer sucesivamente a pantalla cada uno de los subconjuntos o grupos en que hayan dividido las visualizaciones de tipo general.

- Identificación de lazo.
- Unidades de ingeniería.
- Puntos de consigna y lectura.
- Entrada variable de proceso o interna.
- Salida (interna o externa a accionamiento).
- Modo de control (manual, automático, cascada, ordenador).

#### Visualización de lazo o detalle:

En éstas se puede seleccionar uno de los lazos constitutivos de una visualización del orden superior y traerlo individualizada a pantalla. Se corresponde con cada equipo o conjunto equipo lazo de control.

En estas visualizaciones se contiene toda la información referente al lazo, pudiéndose actuar sobre él para modificar:

- El modo de control (manual, automático, ordenador o cascada).
- El punto de consigna.
- La salida externa a accionamiento o interna.
- Las órdenes de arranque, paro o similares.

Además y con protección bajo llave, se pueden modificar:

- La configuración del lazo.
- Los ajustes de las acciones de control.
- Los límites de alarma.
- Los límites del rango.

### **Registros**

#### Registros de variables en pantalla:

Se pueden presentar en pantalla cualquiera de las señales de entrada o salida del sistema, visualizándose las 24 últimas horas de la variable registrada.

#### Registros históricos:

Se pueden almacenar los registros correspondientes a todas las señales analógicas de la planta y de todas las que resulten de operar con estas (orientativamente durante un mes) y esta información es almacenada en un archivo externo pudiendo en un momento dado volver a presentar en pantalla el registro de señales que hubo, por ejemplo, hace varios meses.

### **Alarmas**

El sistema dispone una visualización que permite detectar fácilmente los puntos de la planta que están en alarma, disponiéndose también de un sumario de las alarmas actualmente producidas. Las condiciones de alarma, reconocimiento de alarma y desaparición de alarma, son fácilmente identificables en pantalla, pudiendo el operador establecer o cambiar los valores de alarma del sistema desde la estación de operador.

Los puntos de alarma producen un aviso sonoro que es reconocible por el operador y transmisible por megafonía.

### **Gráficos en vivo o sinópticos**

En los gráficos se representa esquemáticamente la unidad o parte de ella con valores continuamente actualizados de las variables del proceso. Estos gráficos son del tipo interactivo pudiéndose operar la planta desde los mismos realizándose las mismas funciones que pueden hacer desde la Visualización del grupo. Se muestran de forma interactiva las posiciones y estados de todos los componentes o equipos que forman parte del proceso.

### **Informes**

A efectos de cuantificar la capacidad de informes requerida, se contemplan los siguientes:

- Informe de turno: sale automáticamente cada 8 horas y en él se dan las medidas horarias de las 8 últimas horas.

- Informe tipo diario: en el que se totalizan algunas de las variables introducidas al sistema, correspondientes a alimentaciones, producciones y servicios de la unidad.

En este informe pueden figurar datos introducidos manualmente por el operador previamente a la emisión del informe.

### **5.9.4. Subsistema de comunicación**

El objeto final es dotar al control de la planta de una capacidad de transferencia de información rápida y fiable entre todos los elementos o subsistemas conectados a ella.

- Cada elemento va aislado galvánicamente del cable de la vía de datos.
- Sencilla conexión y desconexión.
- El subsistema de comunicación soporta a los:
  - Módulos de Interfase E/S y Control.
  - Módulos de Adquisición de Datos (multiplexores).
  - Consola de Operación.
  - Panel de Operación (Display Táctil) vía Ethernet.
  - Interfase con el Ordenador de Procesos (SCADA) vía Ethernet.

La red Ethernet está preparada para poder conectar un PC con el que se pueda realizar labores de mantenimiento del PLC, SCADA y Display.

## 5.10. Medidas de seguridad en la planta

No existe la posibilidad de que se produzcan vertidos de purín que pudieran resultar un foco de contaminación para los suelos o ser arrastrados por las aguas pluviales ya que todo el proceso se realiza en cubierto y en caso de vertidos accidentales los reboses serían baldeados hacia los sumideros de la planta que desembocan en la balsa de homogeneización.

La recepción del purín se realiza mediante un sistema de conexión de tuberías en forma de embudo que evitan cualquier tipo de derrame o salpicadura.

Por otro lado, los depósitos de ácido y de sosa están ubicados dentro de cubetos de seguridad según la normativa vigente.

Finalmente, para garantizar que el vertido está dentro de los límites autorizados, el vertido es almacenado en los tanques T089 donde existen porciones del vertido acumulado que es reciclado a la balsa de purín, en función de que los valores de pH, DQO y Amonio no cumplan los límites establecidos en la Autorización de Vertido.

Existe un procedimiento de vertido para la operación de la planta que rige las maniobras a realizar por los operadores y garantiza en todo momento un vertido seguro.

## 5.11. Gestión de la explotación y el mantenimiento de la planta

El régimen de explotación y mantenimiento de la planta de tratamiento de purines de cerdo Energyworks Fonz, S.L. obliga a cumplir las siguientes especificaciones:

- Mantener el funcionamiento normal de la planta.
- Mantener dicho funcionamiento de forma ininterrumpida.
- Gracias a los procesos que en ella se dan, conseguir en todo momento no sobrepasar los límites establecidos en la Autorización de Vertido concedida por la Confederación Hidrográfica del Ebro (C.H.E.), que es el Organismo de cuenca competente.

## 5.12. Caracterización de la planta

La planta de tratamiento de purines de cerdo Energyworks Fonz, S.L. posee las siguientes características:

- **Tipo de red eléctrica utilizada:** Trifásica.
- **Materia prima principal:** Purín porcino.
- **Volumen de materia prima a tratar:** Variable a lo largo del día y a lo largo del año.

- **Otras materias primas utilizadas:** Energía eléctrica, agua, aire y reactivos químicos.
- **Producto principal:** Agua depurada (regenerada).
- **Calidad del producto:** Parámetros de calidad de salida con un estándar mínimo (impuesto por ley).
- **Subproductos:** Abonos orgánicos y fertilizantes.
- **Necesidades de mano de obra:** Bajas.
- **Nivel de complejidad del proceso productivo:** Medio-bajo.
- **Grado de automatización:** Medio.



## **6. Conclusiones**

Tras la realización de este proyecto en el que he conocido las características fundamentales de las aguas residuales y los problemas que generan, he estudiado los aspectos generales de las E.D.A.R. y he profundizado ese estudio comprendiendo el funcionamiento de la planta de tratamiento de purines de Fonz, se pueden sacar varias conclusiones.

Por un lado queda claro que el adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

Además, el estudio de la planta Energyworks Fonz y las visitas a la misma me han permitido obtener amplios conocimientos sobre el funcionamiento de las E.D.A.R. y sobre los procesos de tratamiento que allí se realizan con el fin de devolver agua limpia y de calidad al medio natural.

También he aprendido a reconocer las diferentes instalaciones y equipos que componen una E.D.A.R., nuevos conceptos en cuanto a los procesos químicos presentes en ella y sobre todo, me he familiarizado con la instrumentación y los elementos eléctricos y automáticos que facilitan el control de la planta.

## 7. Bibliografía

Páginas web:

<http://zaguan.unizar.es/record/7008?ln=es>

<http://zaguan.unizar.es/record/7581?ln=es>

[http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema\\_9.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf)

<http://platea.pntic.mec.es/jojimene/EsquemaEDAR.PDF>

<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4f965da41fa7d.pdf>

[http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_aguas\\_residuales](http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales)

<http://web.usal.es/~sebas/PROYECTOS/EDAR%20%20BEJAR-%20SERGIO%202005.pdf>

[www.solandalucia.es/attachment/314922](http://www.solandalucia.es/attachment/314922)

[http://waterxpert.net/NEW\\_WEB/formacion/cursos/area-construccion/instrumentacion-automatismo-y-control-en-p-de-potabilizacion-de-agua/mas-informacion](http://waterxpert.net/NEW_WEB/formacion/cursos/area-construccion/instrumentacion-automatismo-y-control-en-p-de-potabilizacion-de-agua/mas-informacion)

<http://campus.waterxpert.com/course/view.php?id=56>

<http://zaguan.unizar.es/TAZ/CPS/2011/5763/TAZ-PFC-2011-186.pdf>

[http://www.aguasresiduales.info/main/index.php?md\\_0=3&md\\_1=&id=1374&\\_pag=2&navi=Netscape&vers=5.0&plat=Win32](http://www.aguasresiduales.info/main/index.php?md_0=3&md_1=&id=1374&_pag=2&navi=Netscape&vers=5.0&plat=Win32)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fonz>

<http://www.fonz.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.7/idmenu.1020/chk.e562e621ba051bd891a650476e5bb864.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Cinca\\_Medio](http://es.wikipedia.org/wiki/Cinca_Medio)

[http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/PoliticaTerritorialJusticiaInterior/Documentos/docs/Areas/Informaci%C3%B3n%20territorial/Publicaciones/Coleccion\\_Territorio/Comarca\\_Cinca\\_Medio/HIDROGRAFIA.PDF](http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/PoliticaTerritorialJusticiaInterior/Documentos/docs/Areas/Informaci%C3%B3n%20territorial/Publicaciones/Coleccion_Territorio/Comarca_Cinca_Medio/HIDROGRAFIA.PDF)

<http://www.aragon.es/portal/site/GobiernoAragon/menuitem.477320abc768cdc3871e10d354a051ca/?vgnextoid=c140ea910bf7d210VgnVCM2000002f551bacRCRD&vgnextchannel=6e25501d83cdd210VgnVCM1000002e551bacRCRD&vgnextfmt=detalleDepartamento>

<http://www.coac.net/oficinaconcursos/index/espanya/20090461/Memoria.pdf>

<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/01/16/82477>

<http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/SiteCollectionDocuments/Actividades/Seminarios/Santander%20310106/Trinidad%20Carretero.pdf>

[http://books.google.es/books?id=8yWSZEBQsXgC&pg=PA106&lpg=PA106&dq=evaporacion+condensacion+edar&source=bl&ots=m1Y01pNi82&sig=PTfN\\_386pwGISHDiwJ4zi6xP2IU&hl=es&sa=X&ei=gIUiUbrECIHO0QX8u4HgDw&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q=evaporacion%20condensacion%20edar&f=false](http://books.google.es/books?id=8yWSZEBQsXgC&pg=PA106&lpg=PA106&dq=evaporacion+condensacion+edar&source=bl&ots=m1Y01pNi82&sig=PTfN_386pwGISHDiwJ4zi6xP2IU&hl=es&sa=X&ei=gIUiUbrECIHO0QX8u4HgDw&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q=evaporacion%20condensacion%20edar&f=false)

[http://www.veoliawaterst.es/vwst-iberica/ressources/documents/1/17809,Ingenieria-Quimica\\_495\\_Junio-2011.pdf](http://www.veoliawaterst.es/vwst-iberica/ressources/documents/1/17809,Ingenieria-Quimica_495_Junio-2011.pdf)

<http://www.rvtpe.de/package-units/ammonia-removal/?lang=es>