



# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA EDAR DE SANTOMERA (MURCIA)



**María Luisa García Cano**

**Tutor: Manuel Miguel Jordán Vidal**

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Septiembre 2015



## INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

D/D<sup>a</sup> MANUEL MIGUEL JORDAN VIDAL, Tutor/a del Trabajo Fin de Máster,  
titulado **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA EDAR DE SANTOMERA (MURCIA)** y  
realizado por el estudiante D./D<sup>a</sup> MARÍA LUISA GARCÍA CANO

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los  
requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 30 de julio de 2015

  
Fdo.: Manuel Miguel Jordan Vidal  
Tutor TFM

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>0. RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>7</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN Y LA ESCASEZ DEL AGUA..</b>	<b>9</b>
2.1.1 Clasificación de los contaminantes en las aguas residuales.....	10
2.1.1.1 Contaminantes físicos.....	10
2.1.1.2 Contaminantes químicos.....	12
2.1.1.3 Contaminantes biológicos.....	13
2.1.2 Composición típica del agua residual.....	14
<b>2.2 ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES.....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Clasificaciones de los tratamientos.....	16
2.2.1.1 Pretratamiento.....	17
2.2.1.2 Tratamiento primario.....	19
2.2.1.3 Tratamiento secundario.....	20
2.2.1.4 Tratamiento terciario.....	22
2.2.1.5 Tratamiento de fangos.....	23
<b>2.3 ESTADO ACTUAL Y EVOLUCIÓN DEL SANEAMIENTO Y LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN EL CONTEXTO NACIONAL.....</b>	<b>26</b>
2.3.1 Región de Murcia.....	29
<b>2.4 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>30</b>
2.4.1 Pasos para implantar un sistema de gestión ambiental.....	32
2.4.2 Motivaciones y ventajas de la implantación de los SGA.....	36
2.4.3 Aplicabilidad de un SGA a una EDAR.....	37
<b>3. DIAGNOSTICO AMBIENTAL.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 PLANIFICACION Y ORGANIZACIÓN.....</b>	<b>39</b>
3.1.1 Línea de agua.....	42
3.1.2 Línea de fangos.....	44
3.1.3 Identificación y evaluación de los aspectos ambientales de la EDAR.....	45
3.1.4 Normativa aplicable.....	55
<b>3.2 ADQUISICIÓN DE DATOS.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3 MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES.....</b>	<b>60</b>
3.3.1 Procedimiento para la evaluación de los contaminantes físicos.....	60

3.3.2 Procedimiento para la evaluación de los contaminantes químicos.....	61
3.3.3 Análisis del fango.....	63
<b>3.4. EVALUACIÓN DE LOS DATOS.....</b>	<b>64</b>
<b>3.4.1. EVOLUCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA Y SST.....</b>	<b>64</b>
3.4.1.1 Cálculo de la relación de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.....	69
<b>3.4.2 EVOLUCIÓN DE LOS COMPUESTOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO.....</b>	<b>70</b>
4.2.1 Cálculo de la capacidad nitrificante.....	77
<b>3.4.3 EVOLUCIÓN DE LOS REACTORES BIOLÓGICOS.....</b>	<b>70</b>
4.3.1 Cálculo de la carga másica y la carga volumétrica de los reactores biológicos.....	81
4.3.2 Cálculo del tiempo de retención hidráulico y edad del fango.....	84
<b>3.4.4 CONDUCTIVIDAD Y PH.....</b>	<b>85</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Proceso Fangos activados.....	22
<b>Figura 2:</b> Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales.....	27
<b>Figura 3:</b> Evolución del volumen de agua depurada y reutilizada en España.....	27
<b>Figura 4:</b> Volumen de agua depurada y reutilizada en España por CC AA en 2012.....	28
<b>Figura 5:</b> Evolución del volumen de agua depurada y reutilizada en Murcia.....	30
<b>Figura 6:</b> Implantación de un Sistema de Gestión Ambiental.....	33
<b>Figura 7:</b> Santomera (Murcia).....	40
<b>Figura 8:</b> EDAR Santomera.....	41
<b>Figura 9:</b> Canales de Oxidación.....	44
<b>Figura 10:</b> Diagrama general del proceso.....	46
<b>Figura 11:</b> Diagrama general del tratamiento de fangos.....	47
<b>Figura 12:</b> Diagrama general del tratamiento terciario.....	47
<b>Figura 13:</b> Sinóptico de la EDAR de Santomera.....	59
<b>Figura 14:</b> Evolución de la Demanda Química de Oxígeno.....	65
<b>Figura 15:</b> Evolución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	65
<b>Figura 16:</b> Evolución rendimientos de eliminación de DQO y DBO <sub>5</sub> .....	66
<b>Figura 17:</b> Evolución de los sólidos en suspensión totales.....	67
<b>Figura 18:</b> Evolución rendimientos de eliminación de sólidos en suspensión totales.....	67
<b>Figura 19:</b> Evolución de la relación DBO <sub>5</sub> y DQO.....	70
<b>Figura 20:</b> Evolución del Nitrógeno Total y Rendimiento de eliminación.....	71
<b>Figura 21:</b> Nitrificación-Desnitrificación en reactor ORBAL.....	73
<b>Figura 22:</b> Evolución de la concentración de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	74
<b>Figura 23:</b> Evolución del Fósforo.....	75

<b>Figura 24:</b> Diseño típico del canal exterior del ORBAL.....	76
<b>Figura 25:</b> Evolución del Nitrógeno Total Kjeldahl.....	78
<b>Figura 26:</b> Evolución de los sólidos y caudal de entrada en el reactor biológico 1.....	79
<b>Figura 27:</b> Evolución de los sólidos y caudal de entrada en el reactor biológico 2.....	80
<b>Figura 28:</b> Carga másica y carga volumétrica.....	82
<b>Figura 29:</b> Evolución de la sequedad en fango espesado y deshidratado.....	88
<b>Figura 30:</b> Sólidos en suspensión en el sobrenadante del espesador y en el escurrido de la centrífuga....	88

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Composición típica agua residual urbana.....	14
<b>Tabla 2:</b> Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Murcia (2013).....	29
<b>Tabla 3:</b> Valoración de los impactos.....	54
<b>Tabla 4:</b> Puntos de muestreo y determinaciones analíticas en la línea de aguas.....	58
<b>Tabla 5:</b> Puntos de muestreo y determinaciones analíticas en la línea de fangos.....	58
<b>Tabla 6:</b> Requisitos para los vertidos de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.....	68
<b>Tabla 7:</b> Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, zonas sensibles.....	77
<b>Tabla 8:</b> Relación entre la fracción de microorganismos nitrificantes y la relación $DBO_5/NTK$ .....	78
<b>Tabla 9:</b> Relación $DBO_5/NTK$ .....	78
<b>Tabla 10:</b> Caudal y concentración medias de las corrientes de recirculación.....	80
<b>Tabla 11:</b> Cargas másicas y volumétricas.....	83
<b>Tabla 12:</b> Clasificación de los procesos biológicos.....	83
<b>Tabla 13:</b> Tiempos de retención hidráulica.....	84
<b>Tabla 14:</b> Edad del fango.....	85
<b>Tabla 15:</b> Valores medios mensuales de pH.....	86
<b>Tabla 16:</b> Valores medios mensuales de Conductividad (mS/cm).....	86

## 0. RESUMEN

Durante el último siglo, el crecimiento continuo de la población y la industrialización han dado lugar a la degradación de diversos ecosistemas en los que se basa la vida humana.

En España, como en el resto de los países de la Unión Europea, cuando la Directiva comunitaria 91/271/ CEE relativa a las aguas residuales urbanas entró en vigor, hubo un aumento considerable en la construcción de plantas de tratamiento y la obtención de los efluentes tratados de buena calidad.

La depuración de aguas residuales es una actividad más entre las múltiples actividades industriales que existen y genera una cierta influencia en el entorno.

La sociedad moderna es cada vez más exigente en aspectos como la seguridad, el uso racional de recursos, los gastos públicos, la mejora de la calidad e incluso la imagen. Aspectos como éstos son los que se consigue mejorar y optimizar con la implantación de los sistemas de gestión ambiental. El medio ambiente es, cada vez más, un valor compartido por toda la sociedad y este hecho está proyectando una notable presión sobre las empresas industriales y de otros sectores.

En este trabajo se ha hecho un diagnóstico ambiental, como paso previo a la implantación de un sistema de gestión ambiental, del vertido de agua depurada de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santomera, Murcia.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El agua se ha convertido en los últimos años en un bien escaso que se debe proteger, velando por su buena gestión. El desarrollo industrial, la creciente urbanización y el cambio en las prácticas agrícolas ha provocado un notable deterioro en la calidad de los recursos hídricos.

Las aguas residuales, tanto las de origen industrial como las de origen doméstico, al verterlas en el cauce de un río provocan una alteración en los equilibrios físicos, químicos y biológicos del agua. Ahora bien, si este agua que se vierte ha sido previamente tratada o depurada, el impacto que producirá será menor que si se vierte sin tratar, y tanto menor cuanto más completo haya sido el tratamiento. De esta manera, la mejora en la calidad de los efluentes tratados por las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) influye en el estado ecológico de los ríos y permite cumplir los objetivos de calidad que establecen los diferentes Planes Hidrológicos de Cuenca para cada tramo de los ríos.

En el área Mediterránea, y especialmente en la Región de Murcia, esta influencia en el estado ecológico cobra una mayor relevancia ya que las EDARs pueden constituir un aporte de caudal muy importante en los cursos fluviales.

Además, las dificultades para encontrar nuevas fuentes de suministro en la Región, marcada por el crecimiento de las actividades agrícolas, la sequía o la mala calidad de los recursos existentes, han influenciado el aumento de la reutilización de aguas residuales tratadas para proporcionar una fuente de suministro alternativa desde una perspectiva ambiental. Los beneficios de la reutilización del agua son múltiples, produciéndose un aumento sustancial de los recursos disponibles.

Por tanto, es preciso no sólo la construcción de plantas depuradoras de aguas residuales, sino un perfecto mantenimiento y explotación de las mismas, de manera que sea posible conseguir los objetivos previstos cuando se llevó a cabo su diseño.



El objetivo principal de este trabajo fin de Máster es realizar un diagnóstico ambiental de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santomera (Murcia) explotada por Red Control S.L.

Para cumplir este objetivo general se ha establecido el siguiente plan de trabajo

- Revisión de los procesos de depuración y del estado actual de la depuración en España.
- Realizar una descripción de la EDAR en estudio
- Identificar los aspectos medioambientales asociados la EDAR de Santomera y sus impactos potenciales sobre el medio ambiente
- Establecer del alcance del diagnóstico ambiental
- Establecer una propuesta para la evaluación de los aspectos medioambientales del diagnóstico según el alcance establecido que permita cuantificarlos según su importancia relativa y establecer una jerarquía de los mismos.
- Toma de datos
- Evaluación de los datos obtenidos y adecuación a la normativa del efluente de la EDAR
- Elaboración de las conclusiones

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN Y LA ESCASEZ DEL AGUA.

Durante el último siglo, el crecimiento continuo de la población y la industrialización han dado lugar a la degradación de los ecosistemas. En el caso de los mares y ríos esta contaminación está causada principalmente por la descarga de forma inadecuada de aguas residuales.

A nivel mundial, el impacto humano sobre los ríos ha contribuido al aumento hasta en un 30% de diversos iones como sodio, cloruro y sulfatos. Este cambio en la composición se debe principalmente a la escorrentía de suelo urbano y a la descarga de aguas industriales. Por otro lado, los grandes aumentos en las concentraciones de fósforo y nitrógeno se asocian con la descarga de aguas residuales urbanas [1].

En los últimos años, y especialmente desde la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, las presiones ambientales se han convertido en un importante tema de preocupación internacional. La escasez generalizada de recursos de agua dulce, su destrucción gradual y su creciente contaminación, exigen una planificación y una ordenación integradas de los recursos hídricos. Esa integración ha de abarcar todos los tipos de masas interrelacionadas de agua dulce, tanto las aguas superficiales como las subterráneas, y ha de tener debidamente en cuenta los aspectos de la cantidad y la calidad del agua.

Las limitaciones ambientales y las sequías plurianuales han llevado a numerosas poblaciones a plantearse la utilización de aguas depuradas como fuente adicional de agua para aprovechamientos que no requieran una calidad de agua potable. Así, el agua regenerada puede sustituir usos que no requieran una calidad elevada, liberando volúmenes de mejor calidad para otros usos más exigentes. Al mismo tiempo, las crecientes exigencias sanitarias y ambientales sobre la calidad de las aguas continentales y marinas, junto a los niveles de tratamiento cada vez más estrictos impuestos a los vertidos de aguas depuradas, han hecho que el agua regenerada se convierta en una fuente alternativa de abastecimiento.

Las actuaciones de reutilización de aguas depuradas no deben contemplarse aisladamente y en función exclusiva del beneficio que pueda producir en el usuario. Las aguas regeneradas han de considerarse como un recurso no convencional, cuya gestión debe incluirse en una planificación integral de los recursos hídricos, que tenga en cuenta los aspectos económicos, sociales y medioambientales. Las aguas regeneradas tienen unas importantes ventajas: incrementan los recursos disponibles y son más baratas que los trasvases o la desalinización y permiten reducir la sobreexplotación de acuíferos, y están proporcionando caudales ecológicos [2] [3].

El destino final que se le da al agua depurada está condicionado por su calidad, que dependerá de los tratamientos empleados en la eliminación de sus contaminantes. A continuación se van a detallar los distintos contaminantes presentes en las aguas residuales.

### **2.1.1 Clasificación de los contaminantes en las aguas residuales**

Los diferentes tipos de contaminantes que pueden encontrarse en las aguas residuales, tanto de origen industrial como urbanas, pueden clasificarse en los siguientes grupos: contaminantes físicos, contaminantes químicos y contaminantes biológicos. Estos contaminantes son los principales aspectos ambientales a controlar en una EDAR por los problemas que generan en el cauce receptor.

#### **2.1.1.1 Contaminantes físicos**

- **Grasas y aceites**

Dentro de este grupo se encuentran las grasas y aceites en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral. Pequeñas cantidades de grasas y aceites en el cauce receptor ocupan grandes superficies.

- **Espumas**

Las espumas se producen por la presencia de otros contaminantes, que producen una disminución de la tensión superficial. En las aguas residuales industriales su presencia es debida principalmente a tensioactivos, partículas

sólidas muy finas, una alcalinidad o una salinidad muy elevada... En las aguas residuales urbanas es debido a la presencia de proteínas y detergentes.

- **Temperatura**

Las variaciones naturales de temperatura de los cauces forman parte del régimen climático de los mismos, existiendo cambios entre temporadas, noche y día... Las aguas residuales, generalmente, tienen una temperatura superior a las aguas de aportación, aumentando la velocidad de las reacciones químicas y biológicas, variando la solubilidad...

- **Sólidos**

Son todos aquellos elementos presentes en el agua y que no son del agua. Las aguas naturales presentan sólidos en su composición por disolución, abrasión o arrastre de los terrenos por donde circula

- **Características organolépticas**

Las principales características organolépticas del agua son el color, el olor y el sabor.

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Puede ser de origen natural o por contaminación. En las aguas naturales se debe a la presencia de materiales naturales (coloración amarillo-café) o fitoplancton (tonalidades verdosas). Por el contrario, las aguas residuales urbanas suelen tener un color grisáceo si son frescas oscureciéndose conforme pasa el tiempo. El color de las aguas residuales industriales depende del tipo de industria, de las materias primas empleadas...

El olor se produce por el desprendimiento de gases de la masa de agua. Generalmente el olor es producido por compuestos orgánicos. En aguas naturales, el olor se debe a la descomposición de productos naturales, desove de peces... Las aguas residuales urbanas si son frescas no tienen olores desagradables ni intensos. Conforme pasa el tiempo aumenta el olor, por el desprendimiento de gases como  $H_2S$  o  $CH_4$  por descomposición anaerobia.

El sabor sólo es considerado para aguas de consumo.

### 2.1.1.2 Contaminantes químicos

#### - **Materia orgánica**

Todos los compuestos orgánicos se caracterizan porque en su composición interviene siempre el carbono. Desde un punto de vista de contaminación, y más concretamente de los procesos de tratamiento biológico o bioquímicos, los innumerables compuestos orgánicos se dividen en dos grandes grupos: la materia orgánica biodegradable y la materia orgánica no biodegradable. La biodegradabilidad es una característica de determinados compuestos, para poder ser utilizados por los microorganismos como fuente de alimentación.

#### - **pH**

Este valor es de gran importancia ya que el rango de pH en el cual se desarrollan los procesos biológicos es muy estrecho y crítico.

#### - **Nitrógeno y Fósforo**

En las aguas urbanas son muy abundantes en formas de fosfatos, nitratos, amonio formando parte de compuestos orgánicos más complejos. Los compuestos de nitrógeno y fósforo proceden de las heces humanas, de restos de alimentos, y en el caso del fósforo de la gran utilización de detergentes. En aguas frescas, el nitrógeno está en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando a forma amoniacal por descomposición bacteriana. Conforme el agua se va estabilizando, se obtienen nitritos y finalmente nitratos.

#### - **Compuestos tóxicos**

Determinados compuestos químicos presentan cierto grado de toxicidad, de gran importancia por las implicaciones que su presencia en el vertido ocasionan, produciendo distintos grados de efectos: crónico, subcrónico, latentes...Presentan una alta toxicidad plaguicidas, fungicidas, bactericidas, derivados clorados, cationes (plomo, cobre, mercurio, cromo..) y aniones (cianuros, cromatos, fluoruros..)

- **Fenoles**

Los fenoles son derivados hidroxilados del benceno. En aguas residuales urbanas no se encuentran en cantidades apreciables, pero sí en las de origen industrial. Los fenoles pueden ser biológicamente oxidados en concentraciones de hasta 500 mg/l. Un problema serio lo constituyen los derivados clorados de los fenoles, que en las aguas potables pueden formarse por reacción entre el fenol y sus derivados con el cloro que se añade para su desinfección. Los derivados clorofenólicos confieren al agua unas características organolépticas no deseables.

- **Detergentes**

Proceden de la descarga de los vertidos líquidos producidos en operaciones de limpieza industrial y doméstica. Combinan en una misma molécula un grupo fuertemente hidrófobo con otro fuertemente hidrófilo. Estas moléculas tienden a agruparse en las interfaces entre el medio acuoso y las otras fases del sistema como son los aceites y las partículas, produciendo efectos como la formación de espumas, emulsión y suspensión de partículas.

- **Contaminantes inorgánicos**

Los contaminantes inorgánicos se pueden dividir en dos categorías generales: metálicos y no metálicos

Contaminantes inorgánicos metálicos: los efectos de los metales en aguas naturales y residuales pueden variar y ser desde beneficiosos hasta extremadamente nocivos. Algunos metales son esenciales, y otros pueden afectar adversamente los suministros de aguas, plantas depuradoras y al medio acuático en general. En muchos casos el efecto beneficioso o tóxico depende de la concentración.

Los contaminantes inorgánicos no metálicos son cianuros, cloro residual, cloruros, fluoruros, sulfuros...

### **2.1.1.3 Contaminantes biológicos**

Los grupos de microorganismos que se pueden encontrar frecuentemente en el agua contaminada son virus, bacterias y protozoos.

- *Bacterias*. Son el grupo más importante en cuanto a frecuencia de detección tanto en vertidos como en agua potable y de epidemias de enfermedades registradas. En regiones templadas, la contaminación bacteriana incluye *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Legionella pneumophila*...
- *Protozoos*. Existen dos de estos patógenos intestinales, *Giardia* y *Cryptosporidium*, que se encuentran con relativa frecuencia tanto en aguas naturales como residuales
- *Virus*. La contaminación por virus es cada vez más frecuente y no suelen verse afectados por los tratamientos de las plantas de aguas residuales. Dentro de los más de 100 tipos diferentes de virus entéricos que pueden ser patógenos para el hombre, los más frecuentes transmitidos por el agua son los adenovirus, enterovirus, virus de la hepatitis A, virus Norwalk y rotavirus.

### 2.1.2 Composición típica del agua residual

La composición típica de un agua residual urbana basada en datos bibliográficos se recoge en la **tabla 1**

**Tabla 1:** Composición típica agua residual urbana

Parámetro	Contaminación	Contaminación	Contaminación
	fuerte	media	ligera
<b>pH</b>	6-9	6-9	6-9
<b>Oxígeno Disuelto (mg O<sub>2</sub>/l)</b>	0	0,1	0,2
<b>Sólidos suspensión (mg/l)</b>	>350	300	100
<b>Demanda Química Oxígeno (mg O<sub>2</sub>/l)</b>	>800	450	250
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O<sub>2</sub>/l)</b>	>300	200	100
<b>Nitrógeno Total Kjeldahl (mg N/l)</b>	>85	50	25
<b>Nitrógeno Amoniacal (mg N/l)</b>	>50	30	15
<b>Fósforo (mg P/l)</b>	>17	7	2

Fuente: [4] [5].

El continuo descubrimiento de nuevos contaminantes potencialmente peligrosos, ha variado las concentraciones de los constituyente comunes del agua. Los contaminantes emergentes son compuestos de los cuales se sabe relativamente poco o nada acerca de su presencia e impacto, razón por la cual y a su vez consecuencia, de que no hayan sido regulados, y de que la disponibilidad de métodos para su análisis sea nula o limitada. Otra particularidad de estos compuestos, es que debido a su elevada producción y consumo, y por tanto, a su continua introducción en el medio ambiente, no necesitan ser persistentes para ocasionar efectos negativos. Uno de los principales problemas de este tipo de contaminantes radica en que las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales no consiguen eliminarlos, ya que se encuentran diseñadas para eliminar materia orgánica y nutrientes en mayores concentraciones. Por ello, los contaminantes emergentes se encuentran presentes en aguas superficiales, aguas subterráneas y de consumo humano [6].

La lista de contaminantes emergentes incluye una amplia variedad de productos de uso diario con aplicaciones tanto industriales como domésticas. Algunos de ellos a raíz de las intensas investigaciones llevadas a cabo en los últimos años han sido incluidos en la lista de sustancias prioritarias del agua. Ejemplos de contaminantes emergentes son: los retardantes de llama difenil éteres polibromados, los detergentes de tipo alquilfenol etoxilado y sus derivados, las parafinas cloradas, fármacos, detergentes perfluorados... Estudios realizados en diversas EDARs determinaron el aumento de los vertidos de fármacos y plaguicidas al río al no ser eliminados [7].

## **2.2 ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES**

La adecuada gestión de las aguas residuales es un aspecto de suma importancia bajo dos perspectivas diferentes. Por una parte, los vertidos de aguas residuales urbanas constituyen, por su importancia, la segunda fuente de contaminación de medios acuáticos en forma de eutrofización. Por lo tanto, la recogida y depuración de aguas residuales previa a su vertido al medio receptor constituyen dos medidas básicas para prevenir el deterioro de los ecosistemas acuáticos. Por otra parte, el acceso al saneamiento está íntimamente relacionado con la calidad de vida y salud de las personas [8].



Hasta hace relativamente poco tiempo, la contaminación de las aguas residuales producida por las poblaciones urbanas y por las industrias existentes, podía ser asimilada por los cauces receptores. En la actualidad dicha contaminación es mucho mayor, superándose la capacidad de autodepuración de los cauces, haciendo necesario un tratamiento previo a su vertido al cauce.

Una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) tiene como finalidad adecuar el agua residual, para no perturbar la calidad del cauce. La calidad del agua tratada se adecua generalmente a la calidad del cauce receptor.

Una EDAR, se podría comparar con una fábrica en la que, partiendo de una materia prima que en este caso es el agua residual contaminada, se obtendría al final del proceso, un fluido debidamente tratado que sería el agua depurada, junto con una serie de subproductos como fangos, arenas, basuras, biogás, etc.

En definitiva, en las depuradoras se pretende acelerar o intensificar los procesos de autodepuración de los medios receptores, forzándolos en un tiempo y espacio mínimos, con la finalidad de producir un efluente que pueda ser descargado sin causar grandes impactos al medio ambiente. Por tanto, las depuradoras no pueden considerarse como entes aislados, sino como partes integrantes del ciclo natural.

A continuación se resumen los distintos tipos de tratamientos en las EDARs y su clasificación [9] [10] [5].

### **2.2.1 Clasificación de los tratamientos**

El tratamiento de las aguas residuales, ya sean urbanas o industriales, suponen la aplicación de unos procesos y operaciones unitarias cuya secuencia y utilización vienen definidas por:

- El grado de depuración a alcanzar
- Las características del agua a tratar
- El coste de las instalaciones

Estas operaciones unitarias se clasifican de acuerdo con los principios en que se basan en:

-**Tratamientos físicos:** incluye todos aquellos procesos de depuración de aguas residuales cuyos principios son netamente físicos.

-**Tratamientos químicos:** la eliminación de contaminantes se lleva a cabo mediante una reacción de tipo químico.

-**Tratamientos biológicos:** son los encargados de eliminar la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual o urbana, a través de reacciones de tipo biológico con intervención de microorganismos.

Estas operaciones unitarias se combinan y complementan para dar lugar a diversos niveles de tratamiento de las aguas. Estos diferentes niveles son: el pretratamiento, el tratamiento primario, el tratamiento secundario y el tratamiento terciario.

### 2.2.1.1 Pretratamiento

El pretratamiento tiene como objetivo la separación y eliminación de los materiales arrastrados por el agua residual como cuerpos voluminosos, elementos flotantes, partículas de gran tamaño, arenas o aceites. Con este tratamiento conseguiremos preparar el agua residual para las operaciones de tratamiento posteriores.

Las operaciones de pretratamiento son: el desbaste, la dilaceración, el desarenado, el desengrasado-desaceitado, la preaireación, la neutralización, la homogenización, la desorción-stripping y la medida de caudal. A continuación se comentan las operaciones de pretratamiento más utilizadas.

#### Desbaste

La primera operación que se lleva a cabo en cualquier estación depuradora de aguas residuales es la de desbaste que consiste en la eliminación de todos aquellos

cuerpos de gran tamaño que pueden acompañar al agua residual (trapos, palos, plásticos, piedras, etc.), que son arrastrados por el agua a través de la red de colectores. Esta operación tiene como fin más inmediato la protección de los equipos mecánicos dinámicos que se encuentran situados posteriormente así como, evitar obstrucciones en líneas y canales que alterarían el régimen hidráulico de la instalación.

### **Desarenado**

Dentro de las operaciones de tratamiento previo, se encuentra el desarenado o eliminación de sólidos en suspensión de alta densidad y tamaño, fundamentalmente arenas, escorias, objetos metálicos, etc., que son arrastrados por el agua residual.

Con esta operación se evita, entre otros, un aumento de la densidad de los fangos posteriores, un atascamiento de canales y tuberías, la deposición de sedimentos en canales y tanques y la abrasión de elementos mecánicos móviles y tuberías.

### **Desaceitado-Desengrasado**

Otro proceso incluido dentro del pretratamiento es la separación de grasas y aceites en estado libre. Se entiende que un aceite o grasa se encuentra en estado libre cuando no se encuentre disuelta o emulsionada.

Los principales problemas generados por los aceites y grasas son el incremento de la materia orgánica, obstrucciones y recubrimientos, reducción de la eficacia en los decantadores primarios, la alteración de la operación de fangos activados dificultando la aireación y participando en el “bulking” y la alteración de la digestión de los lodos.

El principio de funcionamiento de los desaceitadores-desengrasadores es que las grasas y los aceites son generalmente menos densos que el agua, y flotan.

### **Homogenización**

En aquellos casos en el que el caudal o la composición del agua varíen de forma importante a lo largo del día, es preciso llevar a cabo la regulación del caudal o la

homogeneización de su composición, con el fin de conseguir que la planta depuradora trabaje en las condiciones más uniformes posibles.

Por tanto, los principales objetivos de esta etapa son:

- Homogenización de caudales para minimizar las puntas
- Homogenización de cargas orgánicas y de sólidos para amortiguar las fluctuaciones
- Neutralización de las variaciones de pH
- Suministro de un caudal de entrada constante
- Suministro de un efluente continuo al medio receptor
- Control de cargas de toxicidad elevada

Los beneficios de esta etapa son numerosos, destacando la mejora de la mayoría de las operaciones de tratamiento posteriores, permite aumentar el rendimiento de las plantas de tratamiento sobrecargadas.

La eliminación de los todos los residuos separados en el pretratamiento se puede llevar a cabo mediante transporte a vertedero, enterramiento, relleno de tierras, incineración o incorporación al tratamiento de basuras urbanas (RSU).

### **2.2.1.2 Tratamiento primario**

El objetivo del tratamiento primario es reducir el contenido de sólidos en suspensión. Las principales operaciones de este tratamiento son la sedimentación primaria, la flotación y la coagulación-floculación.

#### **Sedimentación Primaria**

La sedimentación es una operación física de separación mecánica sólido-fluido. La finalidad es la reducción de los sólidos en suspensión bajo la exclusiva acción de la gravedad.

## **Flotación**

El objetivo de esta etapa es la eliminación de sólidos en suspensión finamente divididos y de partículas con densidad próxima a la del agua que no hayan sido eliminados en el pretratamiento.

## **Coagulación-Floculación**

La coagulación es la desestabilización ocasionada por la adición de reactivos químicos, de los componentes de una suspensión coloidal por superación de las fuerzas que mantienen su estabilidad. La floculación es la unión de estas partículas desestabilizadas para formar grandes partículas estables o aglomerados.

El objetivo del proceso es favorecer la sedimentación de partículas coloidales no sedimentables.

### **2.2.1.3 Tratamiento biológico (secundario)**

Después del pretratamiento y del tratamiento primario o físico, las aguas residuales siguen conteniendo alrededor de un 40 ó 50% de los sólidos en suspensión, los no sedimentables, que el agua presentaba a la entrada de la depuradora. Los sólidos en suspensión restantes han sido eliminados al estar asociados a los sólidos sedimentables decantados. La depuración de los sólidos en suspensión puede realizarse por medios biológicos o por medios químicos. Estos últimos tienen los inconvenientes de la adición de reactivos, lo que origina mayor producción de fangos y mayor coste económico. Además es más complicada la reutilización de los lodos generados debido al contenido de productos químicos.

Los objetivos que persiguen los tratamientos biológicos son la eliminación o reducción de la contaminación orgánica y la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales (no sedimentables). Consisten básicamente en provocar el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar la materia orgánica biodegradable, utilizándola como sustrato o fuente de alimentación, para que una parte la transformen en nuevos microorganismos y otra sea oxidada.

Los tipos de procesos biológicos que se dan en este tratamiento son los siguientes:

- Procesos aerobios
- Procesos anaerobios
- Procesos anóxicos
- Procesos aerobios, anaerobios y anoxicos combinados

A su vez, estos procesos pueden clasificarse en sistemas de cultivo fijo o cultivo en suspensión

De todos los procesos biológicos existentes, los más empleados en el tratamiento de aguas residuales son los procesos biológicos de cultivo en suspensión. En esta Memoria se va a realizar un diagnóstico ambiental de una EDAR con un proceso biológico aerobio en un sistema de cultivo en suspensión, más concretamente un proceso de fangos activados, cuyo fundamento se expone a continuación.

### **Fangos activados**

El proceso de lodos o fangos activos fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Arden y Lockett [11] y llamado así porque suponía la producción de una masa activa de microorganismos capaz de estabilizar la materia orgánica biodegradable de un agua residual por vía aerobia. En la actualidad se utilizan diferentes versiones del proceso original, pero todas tienen el mismo fundamento.

El tratamiento de aguas residuales mediante el proceso de fangos activados se basa en la aeración de un agua residual que ha sido previamente tamizada, predecantada o sometida a cualquier otro tipo de tratamiento primario y mezclada, previamente a la propia aeración, con una cierta cantidad de fangos activados. La masa líquida existente en el tanque de aeración es conocida como licor mezcla. El fango activado es fango separado por decantación del agua residual agitada previamente en presencia de abundante oxígeno atmosférico. El fango activado difiere de otros fangos en apariencia, características físicas y composición biológica. Un buen fango activado tiene un olor

muy característico a tierra o moho, cuando se encuentra en circulación en el reactor de aeración. Una representación esquemática del proceso se muestra en la **figura 1**.

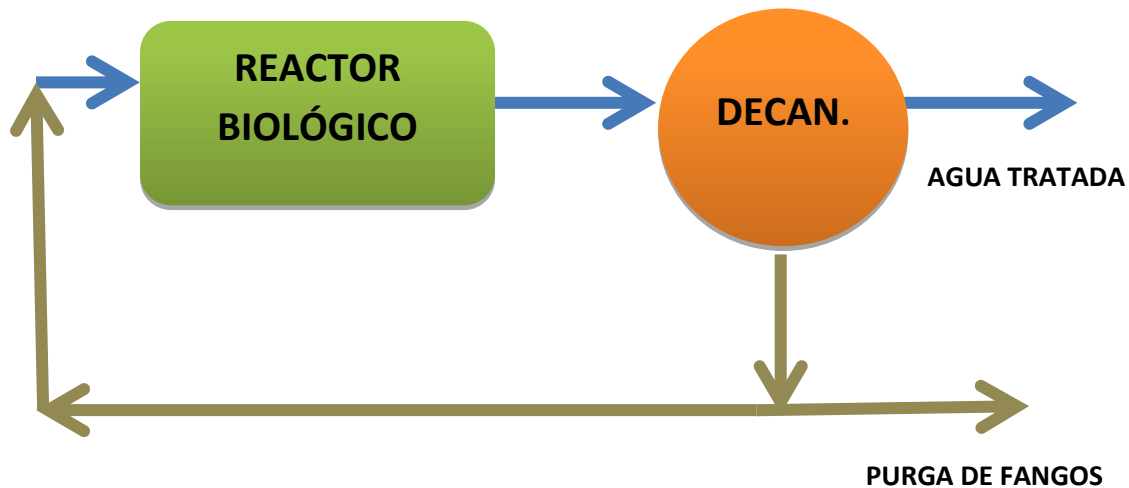


Figura 1: Proceso Fangos activados.

#### 2.2.1.4 Tratamiento terciario

Las tendencias actuales se dirigen hacia la obtención de efluentes de mayor calidad con objetivos de reutilización y protección del medio ambiente.

Con este enfoque, el papel de este tratamiento en todo el proceso de la depuración es el de higienizar y adecuar el agua para posteriores usos que requieran la máxima pureza del agua.

Los principales objetivos del tratamiento terciario son:

- Eliminación de sólidos en suspensión
- Eliminación de nitrógeno
- Eliminación de fósforo
- Eliminación de compuestos tóxicos y compuestos orgánicos refractarios
- Eliminación de sustancias inorgánicas disueltas
- Desinfección

La existencia de tratamientos avanzados incrementa las posibilidades de la reutilización de los lodos, hecho que debe tener en cuenta a la hora de planificar una instalación [12].

#### **2.2.1.4 Tratamiento de fangos**

A lo largo de algunos de los procesos de depuración estudiados con anterioridad, se van a producir unos lodos o fangos con unas concentraciones de sólidos en suspensión muy diluidas, que hay que concentrar y tratar antes de su evacuación de la planta de tratamiento de aguas residuales, dando lugar a una línea de tratamiento específica.

Los principales objetivos del tratamiento de fangos son:

- Reducción del volumen: un aumento en la concentración de sólidos y la pérdida de agua, consigue que los fangos se puedan manejar más fácilmente. Normalmente, el volumen de fangos producidos en un sistema de depuración suele ser pequeño en relación con la cantidad de agua tratada y mucho menor después del tratamiento de fangos.
- Reducción del poder de fermentación: el objetivo es reducir la materia orgánica y la reducción de patógenos, para evitar la producción de malos olores y la evolución del fango sin control, con la consiguiente contaminación del medio donde se deposite.

Las características de los sólidos del fango que se va a procesar varían en función del origen de los sólidos y del fango, de la edad del fango y del tipo de procesos que han sido sometidos.

Los principales tipos de fangos son:

- Fangos primarios: son aquellos que se extraen de sedimentadores primarios. Consisten principalmente en arena fina, inorgánicos y sólidos orgánicos.
- Fangos secundarios: son los fangos en exceso generados en el tratamiento biológico. Consisten en fangos biológicos, resultado de la conversión de



productos de desechos solubles de efluentes primarios y partículas que escapan al tratamiento primario.

- Fangos mixtos: son la combinación de los fangos primarios y secundarios, que tendrán propiedades aproximadamente proporcionales a la respectiva composición de cada tipo.
- Fangos químicos: son fangos que resultan cuando se agregan sales de aluminio o hierro y/o cal, en tratamiento de agua residual para mejorar la eliminación de los sólidos suspendidos o para precipitar algún elemento.

Para llevar a cabo los diferentes objetivos indicados anteriormente, los procesos utilizados habitualmente, son los siguientes:

### **Concentración o espesado**

Procedimiento que se emplea para aumentar el contenido de sólidos del fango por eliminación de parte de la fracción líquida del mismo. Se suele llevar a cabo mediante procedimientos físicos, siendo los métodos más comunes el espesamiento por gravedad, flotación, por centrifugación, por filtro banda y mediante tambor rotatorio.

La reducción del volumen de fango resulta beneficiosa para los procesos de tratamiento siguientes ya que reduce la capacidad de los tanques y la cantidad de equipos necesarios, la cantidad de reactivos químicos para el acondicionamiento del fango y el calor necesario para el secado o la incineración.

### **Estabilización**

Operación del tratamiento de fangos que tiene como objetivo reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables e inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción.

En la composición del fango, una parte importante del mismo puede ser materia orgánica biodegradable, como ocurre con todos los procedentes de los procesos biológicos o bien cuando los sólidos decantados son materia orgánica y en consecuencia

no son estables, siendo imprescindible su estabilización antes de su evacuación de la planta depuradora. Se entiende por estabilización la destrucción de la materia orgánica biodegradable presente en los fangos

### **Acondicionamiento**

Esta etapa es necesaria para mejorar las características de la deshidratación. El acondicionamiento puede realizarse mediante la adición de reactivos químicos, por tratamiento térmico y ocasionalmente por elutriación.

### **Deshidratación**

El fango espesado y estabilizado tiene una concentración todavía muy baja, encontrándose en forma líquida y con un volumen importante. Con el fin de poderlo evacuar de la depuradora y enviarlo a destino final, el último tratamiento a que se le somete es a un proceso de deshidratación.

Con la deshidratación, los costes de transporte del fango por camión hasta el lugar de su evacuación final son notablemente menores, siendo el fango deshidratado más fácil de manipular que el fango líquido o espesado. Esta etapa es necesaria antes del compostaje para reducir la cantidad de enmienda o soporte.

### **Disposición final de los fangos**

Los fangos deshidratados en las plantas depuradoras constituyen un residuo que hay que evacuar de la depuradora y darle un destino final. Las disposiciones finales más empleadas son la descarga a vertederos, la valorización energética y la aplicación en la agricultura. En las plantas depuradoras industriales cuyos fangos deshidratados contengan elementos que les puedan clasificar como residuo peligroso, su destino final será su retirada de la planta a través de gestor autorizado para su envío a vertedero de seguridad.

En cualquier caso, la decisión de un destino u otro depende de diversos factores como el tratamiento de deshidratación empleado, el tipo de acondicionamiento, el volumen generado, las características químicas del fango...

A la hora de diseñar las instalaciones de una EDAR, el número de procesos y forma de los mismos varía considerablemente de unas plantas a otras, fundamentalmente en función del tamaño de la población servida. Debe tenerse en cuenta que a medida que aumenta el grado de depuración requerido así como la complejidad de la operación a llevar a cabo, los costes, tanto de instalación como de mantenimiento, se incrementan de forma notable, lo que lleva consigo que algunos de los procesos no sean de aplicación universal, sino que se encuentran reservados para aplicaciones muy concretas.

### 2.3. ESTADO ACTUAL Y EVOLUCIÓN DEL SANEAMIENTO Y LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN EL CONTEXTO NACIONAL

A fecha de Diciembre de 2011 en España había 2.412 aglomeraciones urbanas de más de 2.000 habitantes equivalentes (he) lo que implica una carga contaminante total de 71.784.819 he. De todas las aglomeraciones urbanas identificadas, aproximadamente unas 650 tienen una población superior a 15.000 he, representando el 87% del total de la carga generada en España. A fecha de 31 de Diciembre de 2005, el 77% de estas aglomeraciones cumplían los requerimientos establecidos por la Directiva 91/271/CEE [8].

En la **figura 2** se muestra una distribución territorial de las depuradoras existentes en España.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística, el volumen de agua residual tratada en España en el año 2012 fue de 13.592.255 m<sup>3</sup>/día. Este volumen ha ido variando a lo largo de los años observándose un gran aumento entre los años 2003-2004, como se muestra en la **figura 3**

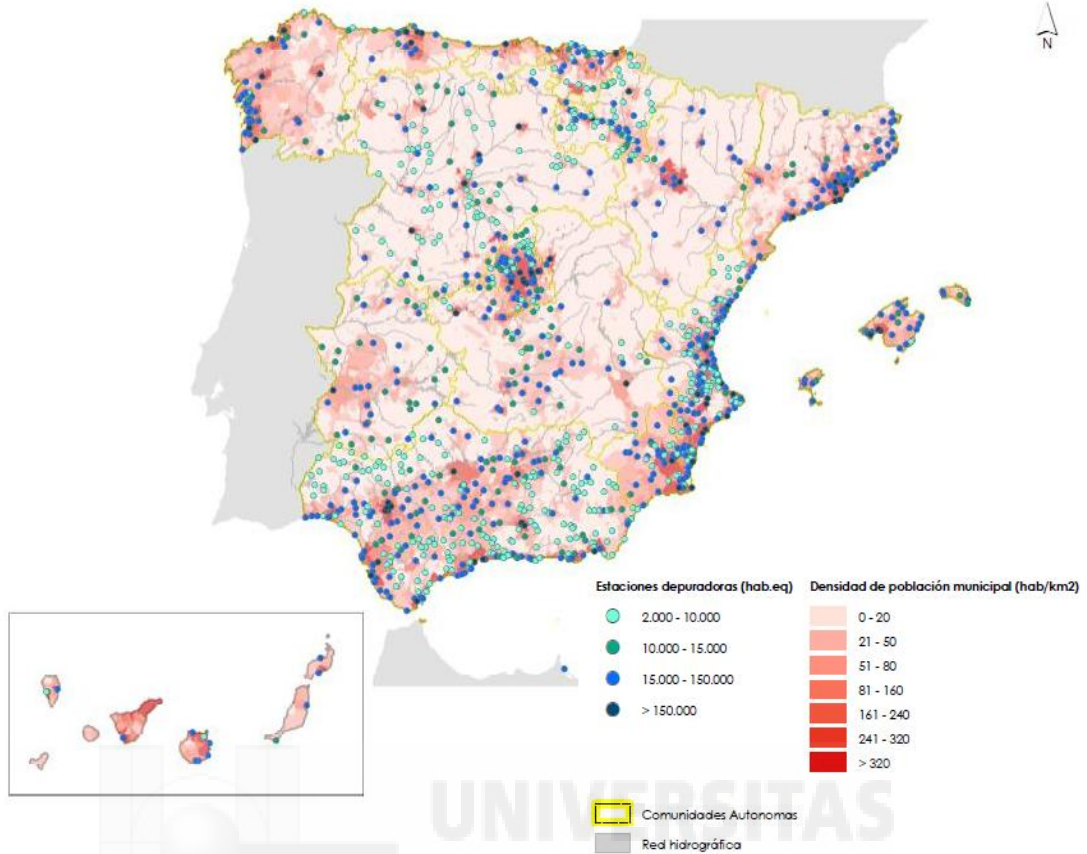


Figura 2: Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (Fuente: [13])

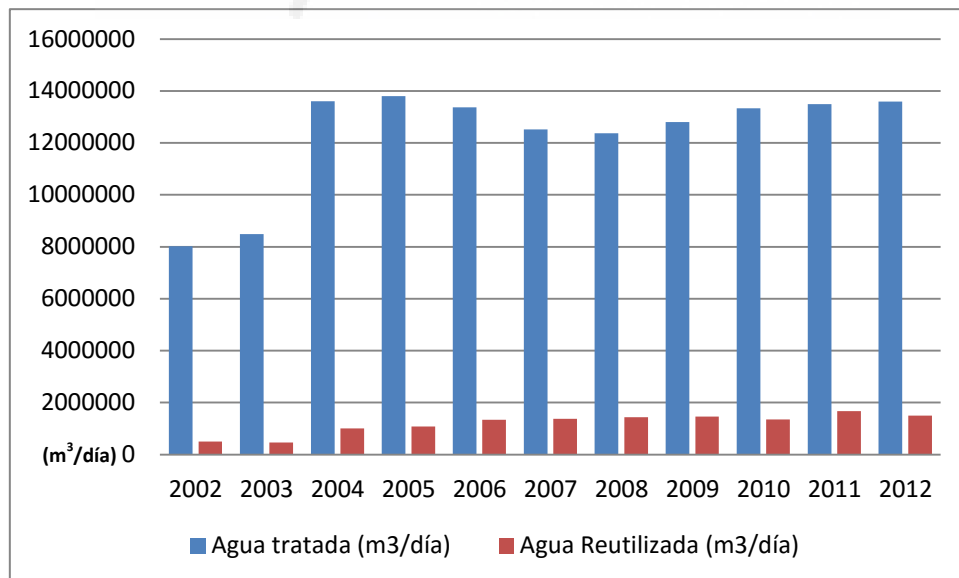


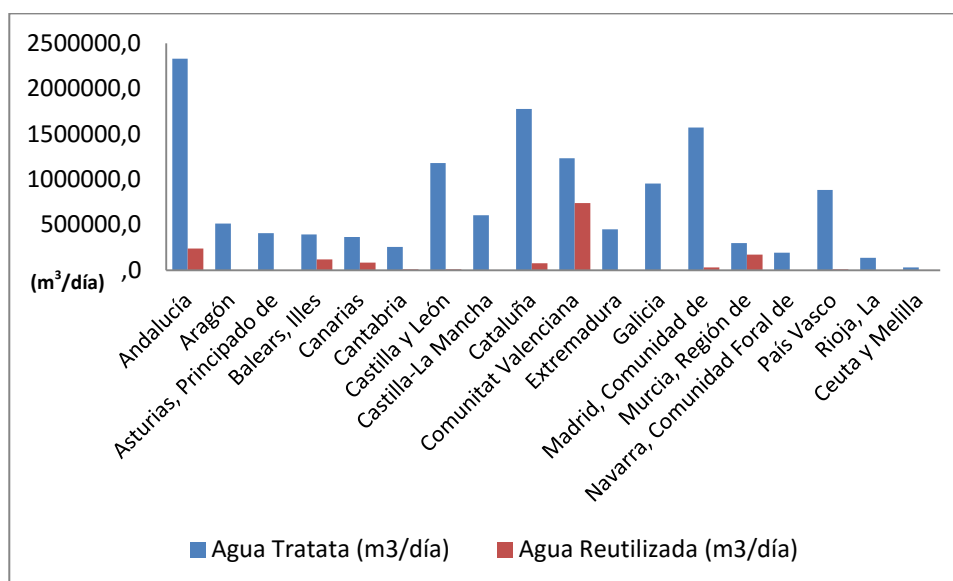
Figura 3: Evolución del volumen de agua depurada y reutilizada en España (Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE [14])

El volumen de agua reutilizada es de 1.502.614 m<sup>3</sup>/día, lo que supone que sólo un 11% del agua tratada en las estaciones depuradoras en España es reutilizada con posterioridad. Aunque el porcentaje de reutilización respecto al total de recursos disponibles es bajo, este se torna estratégico e incluso imprescindible en algunas zonas de España, sobre todo en aquéllas que tienen un déficit estructural. La mayoría de los proyectos realizados o en fase de estudio tiene una finalidad agrícola, aunque se observa una tendencia creciente a reutilizar con fines medioambientales.

En la **figura 4** se muestra un análisis de agua tratada y el agua reutilizada detallado por Comunidades Autónomas en el año 2012.

Sin tener en cuenta la población de cada región, la comunidad autónoma donde se trata un mayor volumen de agua residual es Andalucía, seguida de Cataluña y Madrid.

En cuanto al agua reutilizada, se observa que más de la mitad del total de agua reutilizada es reutilizada en la región de Valencia seguida de las regiones de Murcia y Andalucía. Por otra parte, hay regiones como Navarra, Asturias o La Rioja que por sus condiciones climáticas no necesitan hacer uso de esta fuente alternativa de recursos hídricos



**Figura 4:** Volumen de agua depurada y reutilizada en España por CC AA en 2012 (Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE [14])

Considerando el volumen de agua reutilizada per cápita, Murcia es la región con mayor tasa de reutilización de agua, seguida de la región de Valencia y de las Islas Baleares.

### 2.3.1 Región de Murcia

La población residente en la Región de Murcia se distribuye en 45 municipios. Se asienta según recoge el Nomenclátor que publica el INE periódicamente, en 727 núcleos de población de muy diferente magnitud, siendo la población diseminada 113.402 habitantes.

Estos núcleos, entre los que se incluyen barriadas, pedanías, núcleos rurales, etc., se agrupan a los efectos de recogida y tratamiento de sus aguas residuales en Aglomeraciones Urbanas, según el término acuñado por la Directiva Europea 91/271 CEE que recoge las directrices sobre depuración de aguas residuales. En diciembre 2011 existían en la Región de Murcia a estos efectos 221 Aglomeraciones Urbanas.

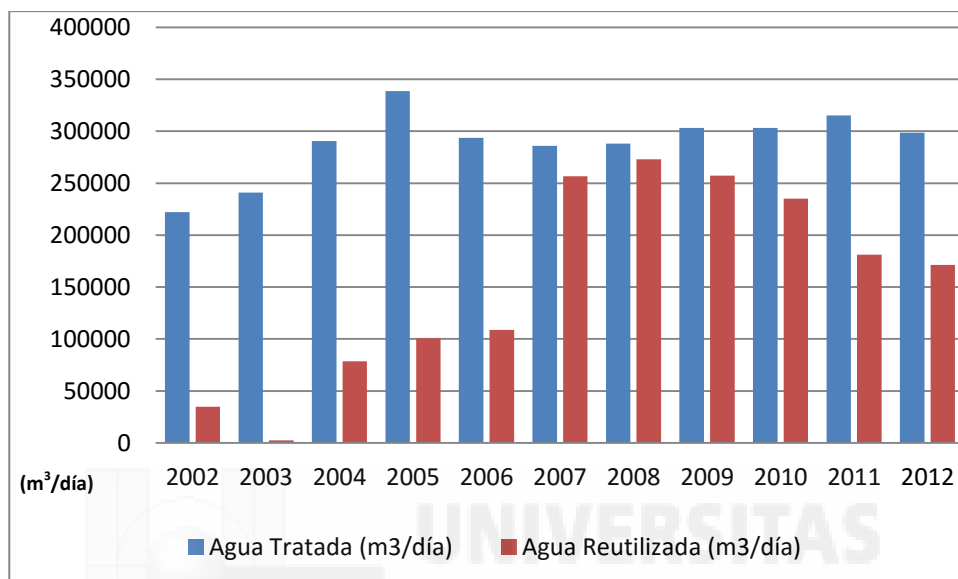
El parque de infraestructuras de saneamiento cuya operación y mantenimiento controla ESAMUR tiene referido a final del año 2013 el contenido mostrado en la **tabla 2**.

**Tabla 2:** Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Murcia (2013)

Tipo	Número de Instalaciones	Volumen depurado (Hm <sup>3</sup> /año)	%
Depuración Biológica	34	59,494	53,7%
Depuración Biológica con tratamiento terciario	55	49,714	44,8%
Plantas de Lagunaje	1	1,648	1,5%
<b>Totales</b>	<b>90</b>	<b>110,855</b>	<b>100%</b>
E.B.A.R. y Sistemas de Colectores generales	46		

(Fuente: ESAMUR [15])

Se observa como casi la mitad de las depuradoras de la Región de Murcia tienen un tratamiento terciario para la mejora de la calidad y reutilización del efluente. Esto queda reflejado en la **figura 5** que muestra la evolución del agua tratada y el agua reutilizada en la Región.



**Figura 5:** Evolución del volumen de agua depurada y reutilizada en Murcia (Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE)

El déficit hídrico estructural que padecen la Región de Murcia, han hecho que esta comunidad este realizando un esfuerzo inversor muy importante en depuración, reutilización y desalación. En materia de depuración, la Región de Murcia, junto a Melilla, encabeza el saneamiento de las aguas residuales urbanas en España [8]. Estas inversiones, se ven reflejadas en el aumento del volumen de agua reutilizada en los últimos años.

## 2.4 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Existen actualmente varios modelos de gestión que las empresas están adoptando como referencias para que sus organizaciones se encaminen hacia lo que se denomina la Excelencia. Por un lado las normas ISO 9000 de Calidad son punto ineludible de referencia, como también lo son las normas ISO 14000 de Medio Ambiente, desarrolladas a semejanza de las primeras.

En dicha reglamentación se establecen una serie de directrices, teniendo el empresario la libertad de implantar el sistema preventivo que responda lo mejor posible a sus peculiaridades e intereses. La propia naturaleza de los sistemas de Calidad y Medio Ambiente conlleva también la necesidad de su integración a todas las actividades y funciones de la empresa para que ambos sistemas sean realmente efectivos, aunque todavía la normalización al respecto no lo enfatice suficiente.

La integración de sistemas de gestión, debería afrontarse no por adición, manteniendo estructuras similares en paralelo, una para cada ámbito, sino integrando realmente y unificando políticas y criterios de actuación, cuando ello sea posible. [16]

Un Sistema de Gestión Ambiental es una herramienta de trabajo que de forma estructurada, permite integrar todos los aspectos con repercusión en el medio ambiente con la gestión global de la empresa, permite llevar a cabo la política de medio ambiente en la empresa, garantiza el compromiso y la responsabilidad en la protección al medio ambiente, establece una sistemática de trabajo dirigida a la mejora continua y facilita el cumplimiento legal ambiental.

Según la Cámara Internacional de Comercio un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es:

*“El marco o método de trabajo que sigue una organización para lograr mantener un determinado comportamiento de acuerdo con las metas que se hubiera fijado y como respuesta a unas normas, unos riesgos ambientales y unas presiones tanto sociales como financieras, económicas y competitivas en permanente cambio”*

Existen otras definiciones muy similares dadas por otros organismos como ISO o la que da el reglamento europeo EMAS. La norma ISO 14001 [17] define los SGA como:

*“La parte del sistema general de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto,*



*revisar y mantener al día la política ambiental*". La definición dada por EMAS es la misma.

Entre los principales objetivos de los sistemas de gestión ambiental destacan:

- Garantizar el cumplimiento de las leyes y reglamentos de protecciones de medio ambiente, tanto locales como regionales, nacionales e internacionales.
- Fijar y promulgar las políticas y los procedimientos internos necesarios para alcanzar los objetivos ambientales de la organización.
- Identificar y gestionar los riesgos en que incurre la empresa como consecuencia de los aspectos ambientales.
- Identificar el volumen de recursos y el personal adecuado para el nivel de riesgos y los objetivos ambientales de dicha organización asegurando al mismo tiempo su disponibilidad cuando y donde fuese necesario.

En un principio el establecimiento de SGA, dado su carácter voluntario puede ir encaminado, como se ha dicho anteriormente, a evitar situaciones de ilegalidad que pueden acarrear multas o sanciones derivadas del incumplimiento legislativo, si bien las empresas empiezan a adoptar los SGA como un factor de competitividad con otras empresas.

#### **2.4.1 Pasos para implantar un sistema de gestión ambiental**

La implantación de un SGA será distinta si se trata de una PYME o de una gran empresa, así como del tipo de actividades que desarrolle y su interacción con el medio ambiente, pero las fases pueden ser consideradas las mismas así como los objetivos y mecanismos de implantación.

A la hora de llevar a cabo la implantación de un SGA, sea cual sea la empresa, se han de considerar una serie de elementos que pueden variar ligeramente en función de la organización, pero en general todos los SGA tienen el esquema que se muestra en la **figura 6**.

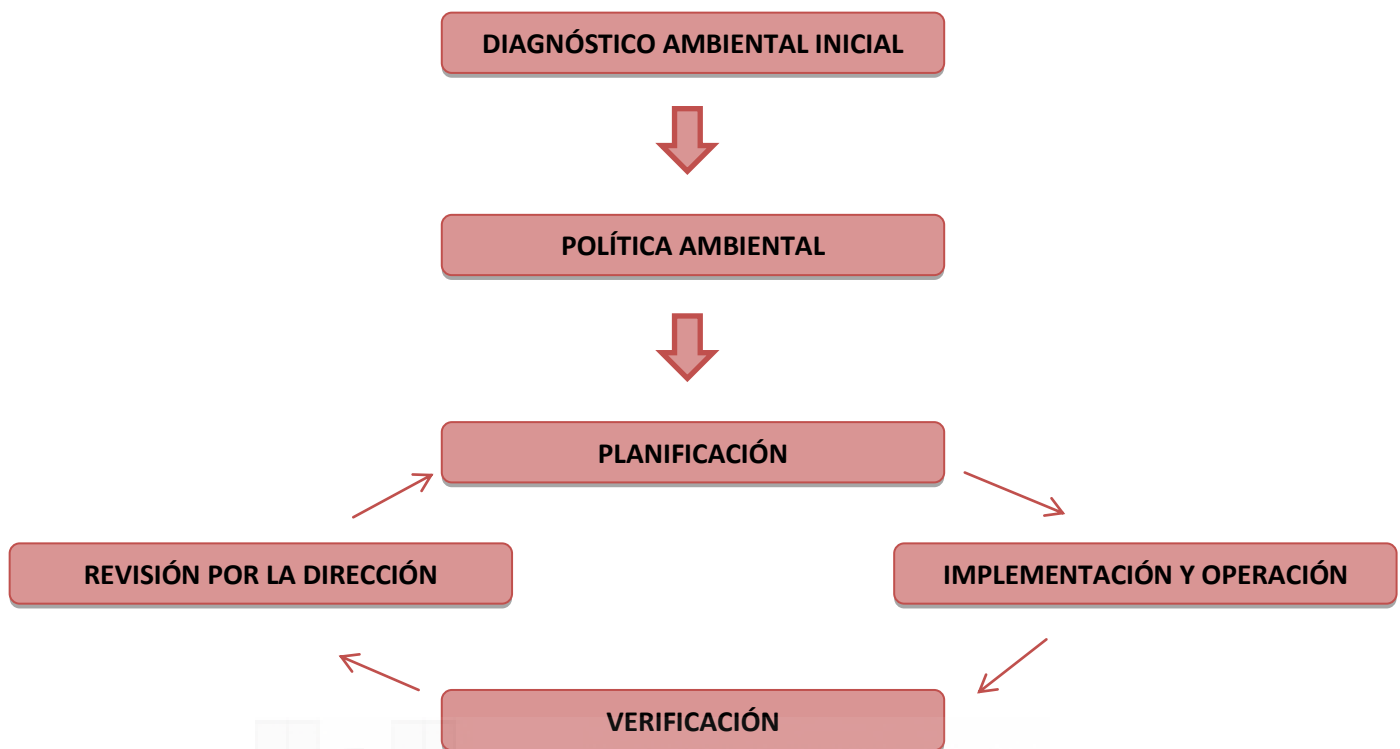


Figura 6: Implantación de un Sistema de Gestión Ambiental

- **Revisión o diagnóstico ambiental inicial:** Es un examen preliminar tanto de los efectos ambientales que genera la empresa como de sus actuaciones ambientales y constituye el punto de partida para el desarrollo del SGA. Se trata de conocer la situación de partida para planificar adecuadamente el SGA.
- **Política ambiental:** La política ambiental es el motor para la implantación y la mejora de un sistema de gestión ambiental en una organización, de tal forma que a través del compromiso que adquiere con la política se mantiene y mejora potencialmente el comportamiento ambiental de dicha organización. Por tanto la política debería reflejar el compromiso de la alta dirección en lo referente al cumplimiento de la legislación aplicable y la mejora continua. La política ambiental conforma la base a partir de la cual la organización establece sus objetivos y metas. La política ambiental debería ser lo suficientemente clara para poder ser entendida por las partes interesadas tanto internas como externas, y debería examinarse y revisarse de forma periódica, para reflejar los cambios en

las condiciones y en la información siendo su área de aplicación claramente identificable.

La política ambiental, se compromete a cumplir la legislación aplicable, prevenir la contaminación y mejorar de forma continuada.

- **Planificación:**

- **Aspectos ambientales.** La organización debe tener algún procedimiento para identificar todos los aspectos ambientales de sus actividades y dentro de estos aquellos que son significativos, que deberían considerarse como prioritarios dentro del sistema de gestión ambiental. Para la identificación de los aspectos las organizaciones deben de tener en cuenta los flujos de materiales asociados a sus actividades productos y servicios. El proceso debe considerar las condiciones de funcionamiento normales, de parada y arranque de las actividades, así como los impactos potenciales, juzgados con realismo, asociados a situaciones de emergencia razonablemente previsibles.
- **Requisitos legales y otros requisitos.** La organización debe tener en cuenta todos los requisitos legales a los que está sometida su actividad a la hora de planificar su sistema, además debe tener en cuenta también otros requisitos que la organización suscriba.
- **Objetivos y metas.** La organización debe establecer una serie de objetivos ambientales que deberían ser específicos y las metas deberían ser medibles siempre que sea posible. Cuando una organización contemple sus opciones tecnológicas, puede considerar el uso de la mejor tecnología disponible cuando sea económicamente viable, eficiente desde el punto de vista de los costes, y se juzgue apropiada.
- **Programa de Gestión ambiental.** El programa es un elemento clave para la adecuada implantación, debe describir como se conseguirán y los objetivos y las metas, incluyendo su planificación en el tiempo así como el responsable dentro del personal.

- **Implementación y control:**

- **Estructura y responsabilidades.** La implantación con éxito de un SGA demanda el compromiso de todos los empleados de la organización. Por tanto, las responsabilidades ambientales deben considerarse a todos los niveles, no solo a nivel del responsable directo de medio ambiente. El compromiso debería en los niveles más altos de la dirección.
- **Formación, sensibilización y competencia profesional.** Se deben de identificar las necesidades de formación y asumirlas de forma que la organización pueda demostrar que sus empleados tienen la formación adecuada para desempeñar la tarea que han de llevar a cabo.
- **Comunicación.** Las organizaciones deben establecer un procedimiento para la recepción, documentación y repuesta de información y de cuestiones de partes interesadas que sean relevantes. También debe de haber algún sistema de comunicación interna entre los distintos niveles de la organización.
- **Documentación.** Debe de existir en la organización la documentación necesaria para describir los elementos centrales del sistema de gestión, proporcionando las indicaciones necesarias sobre el funcionamiento de las partes específicas del sistema. Además se ha de establecer el control que sea necesario sobre la documentación del sistema.
- **Control operacional.** La organización debe identificar aquellas operaciones que tienen incidencias con el medio ambiente y establecer un control sobre las mismas.
- **Planes de emergencia.** Se deben de establecer planes de emergencia adecuados para actuar frente a situaciones de riesgo o posibles accidentes.

- **Comprobación y acción correctiva.**

La organización debe establecer en este punto los procedimientos necesarios para realizar un seguimiento adecuado de los todos elementos clave dentro del sistema, especialmente aquellas actividades que puedan tener una

incidencia importante en el medio ambiente. También se han de detectar a través del sistema las posibles no conformidades identificando las causas e implantando las acciones preventivas o correctoras necesarias para que eliminarlas. Debe de existir dentro de la organización una serie de registros que incluyan información de interés dentro del sistema como, requisitos legales, quejas, formación inspección calibración de equipos etc.

- **Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental:** Son necesarias para comprobar el funcionamiento del sistema, tanto en cuanto al cumplimiento de los objetivos y metas ambientales, como en cuanto al funcionamiento de la gestión. Las auditorías deben tener un enfoque sistemático, considerándose la frecuencia con que deben hacerse, así como la formación y experiencia que deben tener los auditores.
- **Revisión por la dirección de la gestión ambiental:** Consisten en un examen al más alto nivel de la empresa comprobando la efectividad del proceso de auditoría, así como la conveniencia de seguir con la política ambiental adoptada. Estas evaluaciones así como la revisión periódica de los objetivos contribuyen al desarrollo del concepto de mejora continua en la empresa.

#### **2.4.2 Motivaciones y ventajas de la implantación de los SGA**

El desarrollo de un SGA es de carácter voluntario por parte de la empresa, la cual se compromete a cumplir una serie de objetivos fijados por ella misma en función de sus necesidades y su actividad. A pesar de ello, comienza a considerarse necesario por muchas razones:

- Creciente rechazo hacia las empresas que degradan el medio ambiente.
- Aumento del interés de los ciudadanos por aquellas organizaciones y productos con algún tipo de distintivo ambiental.
- Gran incremento de la normativa ambiental que dificulta que se garantice su cumplimiento.

- Demanda de las empresas a sus proveedores de una garantía de un buen nivel de gestión ambiental.
- Posibilidad de aprovechar mejor los recursos y reducir el volumen de residuos y emisiones generados.

Las principales ventajas de implementar un SGA en una organización se refieren a los siguientes aspectos:

- Tiende al cumplimiento de la legislación ambiental vigente.
- Reduce los gastos innecesarios.
- Mejora la imagen corporativa.
- Aumenta la competitividad.
- Mayor motivación de los empleados

### **2.4.3 Aplicabilidad de un SGA a una EDAR**

El saneamiento, como servicio público que es, está bajo la responsabilidad de la administración competente. El hecho de que la administración sea la responsable de estas instalaciones debe incentivar la implantación de los SGA, ya que los entes públicos tienen que dar ejemplo a las organizaciones privadas, y además deben asumir un “plus” de responsabilidad respecto a los demás.

Sin duda alguna, uno de los mejores incentivos para implantar un SGA en las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas, sería el otorgar un peso importante a esta cuestión en el momento de la salida a concurso de la gestión de una depuradora. Actualmente, las nuevas instalaciones suelen adjudicarse mediante un concurso que incluye proyecto, construcción y explotación. La fase de explotación es con diferencia la más larga de las tres, ya que es habitual considerar como vida útil de una planta depuradora unos 20 años. Teniendo en cuenta esta circunstancia, queda claro que el mayor coste de la instalación es el de gestión, y es por ello que resulta importante usar aquellas herramientas de que disponemos para optimizar los costes de explotación y minimizar los impactos sobre el medio. Sin duda los SGA son una de las más potentes herramientas disponibles para conseguir estos fines. Finalmente, no se puede olvidar el

emplazamiento de las depuradoras de aguas residuales urbanas, que se ubican en las cercanías de las aglomeraciones urbanas. Debido a la inevitable presión urbanística, en el futuro, es más que probable que estas instalaciones linden totalmente o parcialmente con viviendas [18].

### 3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Cualquier organización que en un momento dado decide implantar en su seno un sistema de gestión ambiental, debe iniciar su proceso con la realización de un diagnóstico ambiental.

Un diagnóstico ambiental es un análisis preliminar global de los problemas, efectos y resultados en materia de medio ambiente de las actividades realizadas por una organización. El objetivo global de este diagnóstico es conocer la situación de la empresa desde el punto de vista ambiental y poder diseñar un sistema de gestión según sus necesidades.

En todo caso, se puede englobar dentro de todo trabajo de investigación ambiental que incluya las siguientes actuaciones básicas:

- 1.- Adquisición de datos
- 2.- Evaluación de datos
- 3.- Emisión de informe escrito

Al contrario de lo que ocurre con un sistema de gestión ambiental en el que existen dos modelos muy claros donde se establecen qué requisitos y pasos hay que seguir para llevarlo a cabo, en el desarrollo práctico de un diagnóstico ambiental, no se encuentra reglamentado en ninguna de las normas sobre sistemas de gestión ambiental.

El modelo a seguir en esta revisión ambiental se distinguen cuatro etapas o fases:

1. Planificación y organización: en esta fase se debe acometer la definición del diagnóstico, determinando su alcance, su extensión y sus objetivos concretos. En esta fase se producen las primeras tomas de contacto con la organización, con vistas a conocer sus actividades, instalaciones, sus problemas y su situación.

- Durante esta etapa se planificará un programa calendario y se definirá el equipo de trabajo, asegurándose las vías necesarias de coordinación.
2. Adquisición de datos: esta fase consiste en la búsqueda y recopilación de toda la información y pruebas adecuadas para que las conclusiones reposen sobre una base sólida. Se trata de identificar los problemas, riesgos y oportunidades que se le plantean, siempre considerando tanto la actividad que realiza como el entorno donde se ubica. Del grado de rigurosidad y profundidad que se aplique en esta fase, dependerán la calidad y fiabilidad del análisis y conclusiones subsiguientes.
  3. Evaluación de datos: aquí se lleva a cabo el análisis crítico y exhaustivo de la información recopilada. El análisis se realizará haciendo un examen comparativo entre los requisitos legislativos y reglamentarios, y el comportamiento ambiental de la organización y sus efectos ambientales. La fase se completará con la evaluación de las repercusiones que los efectos ambientales tienen sobre el entorno y los síntomas de riesgos y oportunidades.
  4. Emisión de informe: en el informe final se presentarán los resultados y las conclusiones obtenidas, junto con las recomendaciones, observaciones y medidas correctoras propuestas. Se hará especial mención de las deficiencias, infracciones y riesgos detectados insistiendo sobre la urgente necesidad de soluciones, tanto técnicas como jurídicas. El informe describirá los resultados del diagnóstico organizados por los sectores que se relacionan con los efectos ambientales (agua, aire, suelo, etc.), su impacto sobre el entorno y el comportamiento ambiental de la organización, o por departamentos, por actividades.

### 3.1 PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN

La realización de este diagnóstico ha sido desarrollada en la Depuradora de Santomera (Murcia), explotada por Red Control S.L, durante los meses comprendidos entre Febrero y Junio de 2014.

El municipio de Santomera se encuentra ubicado al sudeste de la Península Ibérica (**Figura 7**), en la Región de Murcia, y junto a la provincia de Alicante, en



la Comunidad Valenciana. El término municipal ocupa una superficie de 44,2 km<sup>2</sup>, y está situado a unos 35 metros de altitud sobre el nivel del mar. Su clima es el típico del sur del mediterráneo, semiárido y con pocas precipitaciones y estas concentradas en otoño y primavera. Santomera tiene una población de 15.860 habitantes [14].



**Figura 7:** Santomera (Murcia)

La EDAR Norte de Santomera (**Figura 8**) fue construida en el año 2001 por la Dirección General del Agua de la Comunidad Autónoma, contando inicialmente con un tratamiento secundario de fangos activos en configuración y aireación Orbal de 2000 m<sup>3</sup>/día de capacidad. Esta depuradora recibe las aguas residuales del núcleo urbano, y más recientemente de la pedanía de El Siscar, a través de una estación de bombeo (EBAR Sur), ubicada en el recinto de la antigua depuradora municipal (EDAR Sur). Asimismo, recibe las aguas generadas en la pedanía de la Matanza y el polígono industrial Norte por medio de un colector de gravedad.

La elevada actividad del polígono industrial Norte de Santomera dificultaba la correcta depuración de las aguas. Por este motivo ESAMUR llevó a cabo en el año 2003, la rehabilitación y puesta en marcha de la antigua EDAR Sur de Santomera para reducir la carga recibida en la nueva instalación de depuración.

En este sentido, la Comunidad Autónoma finalizó en el año 2005, las obras de ampliación de la EDAR Norte, con la mejora del pretratamiento de la depuradora, una segunda línea de tratamiento biológico y una fase de filtración, duplicando la capacidad de depuración de la instalación.



**Figura 8:** EDAR Santomera

Con el funcionamiento en régimen de la nueva línea y la adecuación de los vertidos industriales, se dio de baja la antigua EDAR Sur, reconvirtiendo su reactor biológico en un tanque de laminación de la Estación de Bombeo Sur.

Debido al nuevo régimen jurídico para el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas, y al escaso resguardo con que contaba la depuradora, se llevaron a cabo en el año 2010 las obras de construcción de un tanque de laminación de caudales, la tercera línea de tratamiento biológico, la mejora de la fase de filtración y la incorporación de la desinfección con luz UV, confiriéndole una capacidad de regeneración de  $6000 \text{ m}^3/\text{día}$ .

Actualmente la depuradora regenera unos  $3100 \text{ m}^3/\text{día}$  cuyo destino es la recuperación ambiental del azarbe del Merancho. Conocer la instalación que se pretende evaluar y los procesos que en ella se llevan a cabo es el primer paso necesario para poder determinar los aspectos ambientales asociados a la misma, por lo que a continuación se detalla con mayor detalle la línea de agua y la línea de fangos.

### 3.1.1 Línea de agua

En la entrada de la planta se encuentra un pozo de gruesos donde se retienen los sólidos de gran tamaño que podían afectar al sistema de bombeo posterior. En este pozo se recogen igualmente una cantidad importante de arenas, utilizando como sistema de limpieza una cuchara bivalva.

La llegada de agua a la EDAR se efectúa mediante colectores que se encuentran a varios metros por debajo de la cota del terreno, siendo necesaria su elevación mediante bombas sumergibles. Para evitar bombeos intermedios, esta elevación se realiza hasta una altura suficiente para que al final de la EDAR el agua tratada pueda verterse al cauce receptor por gravedad.

Con el fin de eliminar la presencia de sólidos de tamaño elevado que no han sido retenidos previamente y que pudieran interferir con los equipos mecánicos posteriores, al agua residual se le hace pasar a través de un sistema de rejillas con un paso de sólidos de 3mm.

La última etapa del pretratamiento, consiste en un desarenado-desengrasado de tipo estático de doble canal. En esta fase de la planta se eliminan no sólo las arenas, sino todos aquellos sólidos en suspensión de tamaño superior a 0,2 mm y de densidad mayor a 2,65 g/cm<sup>3</sup>. La razón fundamental de eliminar las arenas al comienzo de la instalación, es evitar posibles abrasiones en los equipos situados aguas abajo o la deposición de las mismas en canales, decantadores...debido a su elevada densidad.

El agua residual, después del desbaste y desarenado es alimentada directamente a los reactores biológicos. El proceso biológico llevado a cabo, es una modificación del proceso de fangos activos, formado por tres canales de oxidación trabajando en la modalidad de aireación prolongada, sin necesidad de decantación primaria ni de estabilización posterior de lodos. Es un sistema multi-reactor, formado por dos o tres reactores, en forma de canal, trabajando en serie, y manteniendo en cada reactor diferentes concentraciones de oxígeno disuelto.

El trabajar con dos o tres reactores en serie en comparación con los sistemas de un solo reactor ofrece una mayor flexibilidad y una mayor eficacia. El agua residual es alimentada directamente al primer canal donde se dispersa rápidamente en el licor

mezcla. El oxígeno y la agitación son proporcionados por discos de 1,37m de diámetro que giran parcialmente sumergidos en el líquido del canal, proporcionando a este una velocidad direccional suficiente para mantener los sólidos decantables en suspensión. El aporte de oxígeno al sistema se regla mediante la variación del nivel de sumergencia de los discos, la variación de la velocidad de los discos, la variación del sentido de giro de los discos y la variación o redistribución del número de discos.

A continuación se va a explicar de manera más detallada el funcionamiento de estos canales (**Figura 9**).

- Primer canal o “Canal de trabajo”. La mayor parte de la oxidación de la DBO y el amoníaco, así como la desnitrificación tendrá lugar en el primer canal. Puesto que el mayor número de discos está instalado en el primer canal, la mayor parte del trabajo de oxidación tendrá lugar en este canal. La velocidad de consumo de oxígeno es de 3 a 4 veces más alta en el primer canal que en el segundo o el tercero. La operación normal deberá estar basada en operar el primer canal a un nivel de Oxígeno Disuelto (OD) próximo a cero. Niveles por encima de 0,5 mg/l significan normalmente que el conjunto del reactor está siendo sobreaireado. Las ventajas de mantener un nivel bajo de OD en el primer canal se traducen en un ahorro de energía y en una desnitrificación continuada.
- Segundo canal o “Canal de balance”. El nivel de OD de diseño para el segundo canal es de 1 mg/l. Sin embargo, el OD en este canal puede fluctuar considerablemente sin que esto responda a modificaciones de la cantidad de oxígeno suministrada. Estas fluctuaciones ocurren debido a la variación de las cargas que entran en la planta. Puesto que la mayor parte del oxígeno ha sido utilizada en el primer canal, las cargas en exceso influentes pasan al segundo canal.
- Tercer canal o “Canal de pulido”. El nivel de OD de diseño de este canal es de 2 mg/l. Un OD alto supone que el licor mezcla que pasa al clarificador final llevará un alto contenido de oxígeno residual. Los niveles de OD en este canal pueden estar por encima de 2 mg/l e incluso por encima de 5 mg/l durante la estación fría.

El licor mezcla da muchas vueltas en el primer canal de aireación; una parte de este licor mezcla, igual al caudal del agua influente más el caudal de fango recirculado, pasa el siguiente canal a través de unas portillas de transferencia y, finalmente pasa del tercer canal al decantador secundario. Los equipos empleados son decantadores secundarios de tipo circular.



Figura 9: Canales de Oxidación

Durante el período de estudio, sólo se encontraban en funcionamiento dos de los tres reactores, al encontrarse el tercero en procesos de mantenimiento.

Posteriormente las aguas son sometidas a un tratamiento terciario mediante un disco filtrante y una desinfección ultravioleta UV.

### 3.1.2 Línea de fangos

El fango producido en la decantación secundaria pasa a una primera etapa que consiste en un espesamiento por gravedad, con una concentración y arrastre de fangos mediante una rasqueta de fondo y un puente diametral.

El sobrenadante del espesador se envía a la cabeza de tratamiento y los fangos espesados se extraen mediante bombas de desplazamiento positivo y se envían a las

centrífugas para su deshidratación. Los fangos son deshidratados hasta una sequedad tal que permita su evacuación de la depuradora mediante camión y poder ser utilizados en la agricultura mediante compost o directamente. Para facilitar la deshidratación de fangos, se dosifica en línea polielectrolito mediante bombas dosificadoras. El líquido filtrado de la centrifuga se envía a la cabeza de tratamiento y el fango se descarga en una cinta transformadora hasta la tolva. Los fangos deshidratados son acumulados en una tolva y posteriormente evacuados de la estación depuradora mediante camión.

### 3.1.3 Identificación y evaluación de los aspectos ambientales de la EDAR

El establecimiento de un procedimiento para la identificación y evaluación de los aspectos medioambientales, para determinar aquellos que tienen o pueden tener un impacto significativo sobre el medio ambiente, es una de las tareas más trascendentes en el proceso de desarrollo e implantación del sistema de gestión medioambiental.

La identificación de los aspectos medioambientales se debe interpretar como la elaboración de un inventario de todos aquellos elementos, ya sean entradas o salidas que puedan afectar al medio ambiente. La metodología usada consiste en la definición de vectores medioambientales en los que se pueden situar los distintos impactos sobre el medio: aire, ruido y vibraciones, aguas, visual, consumos y energía, y residuos sólidos por ejemplo. Posteriormente se deben examinar los procesos que tienen lugar en la EDAR, y situar los posibles aspectos en los vectores medioambientales correspondientes e identificar los impactos asociados a cada aspecto.

A continuación se adjuntan las figuras representativas del proceso de la EDAR: **figura 10, figura 11 y figura 12.**

Una vez identificadas todas las entradas y salidas de la EDAR, a continuación se procede a identificar los diferentes aspectos ambientales.

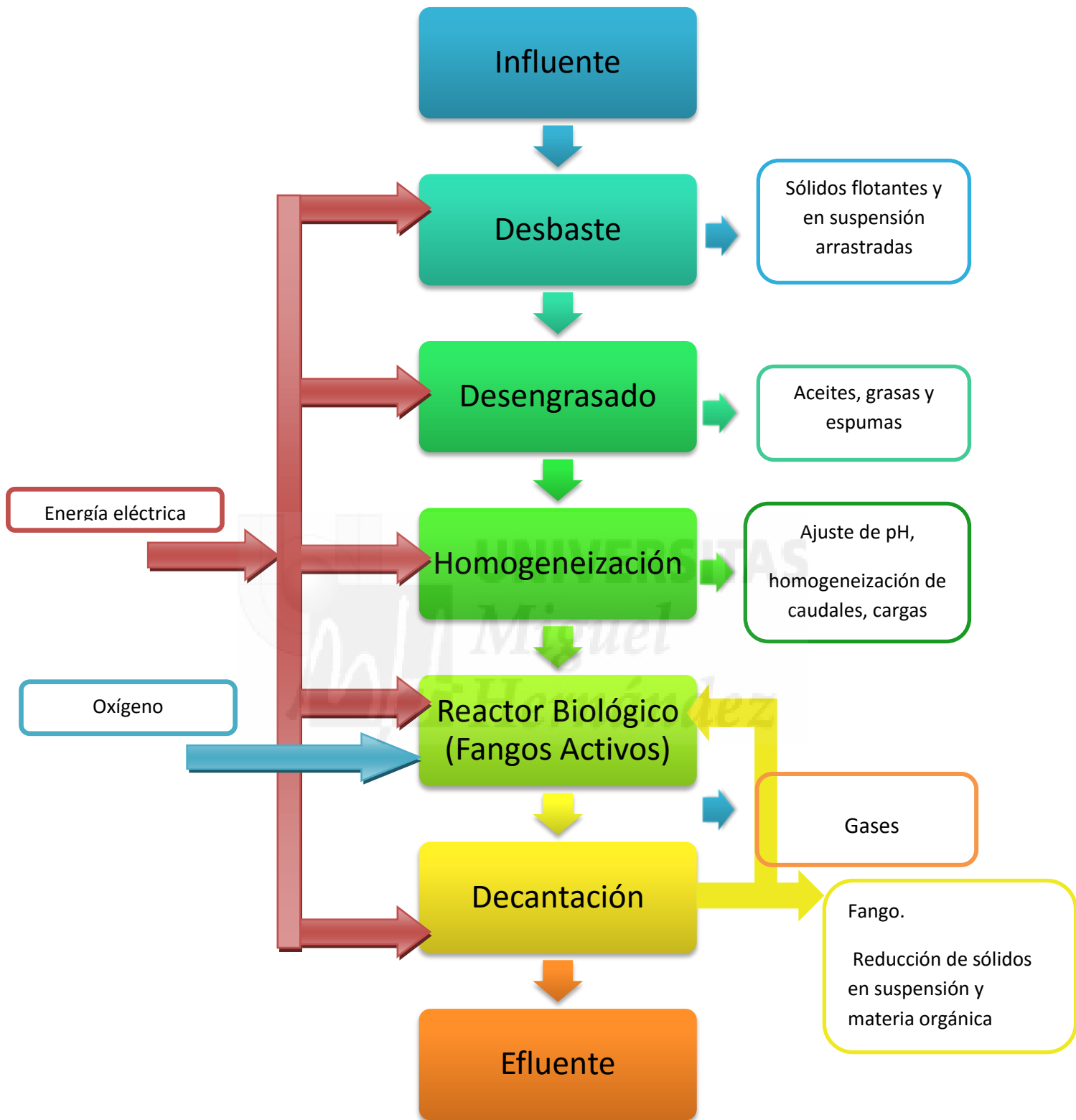


Figura 10: Diagrama general del proceso (Elaboración propia)

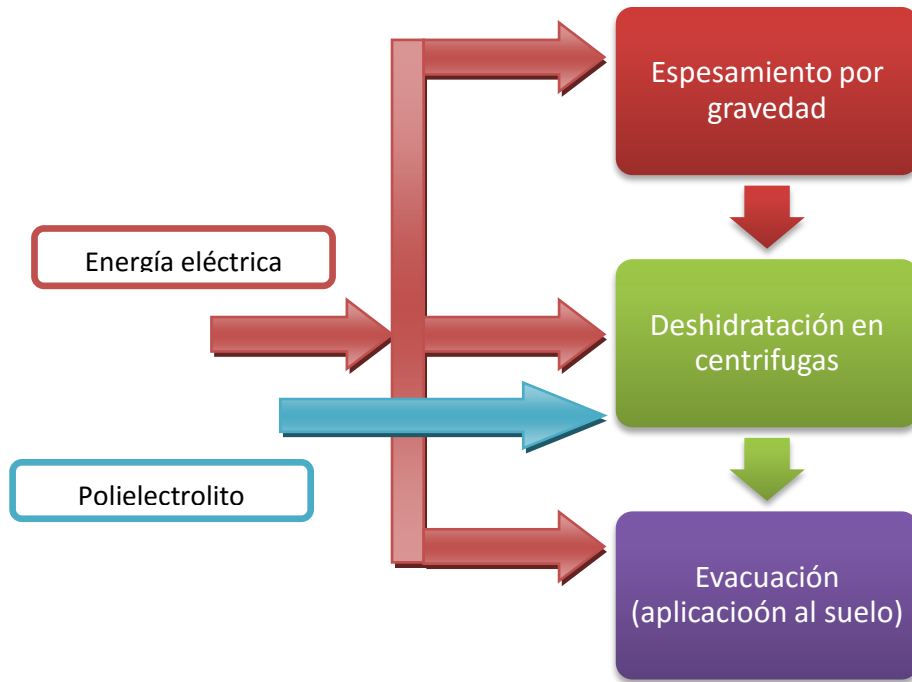


Figura 11: Diagrama general del tratamiento de fangos (Elaboración propia)

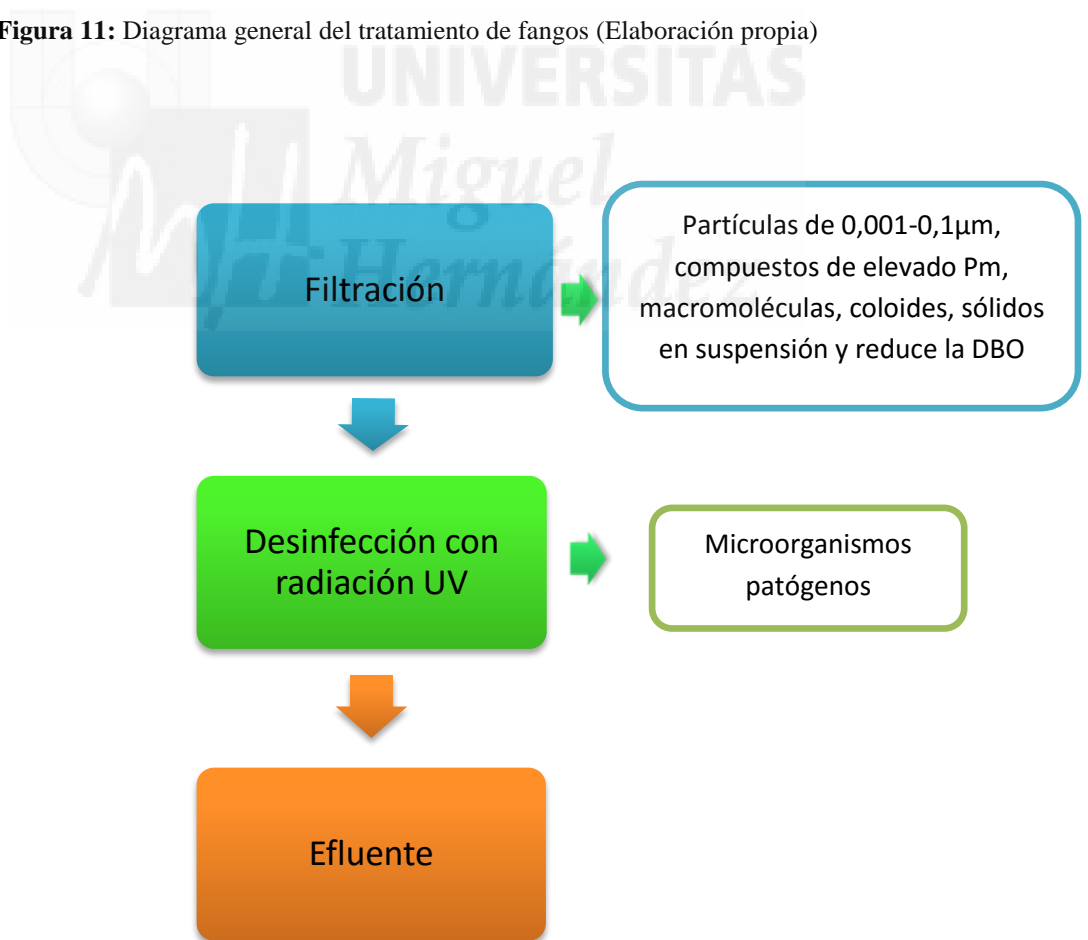


Figura 12: Diagrama general del tratamiento terciario (Elaboración propia)



### 3.1.3.1 Identificación

En la identificación de los aspectos ambientales (tanto beneficiosos o positivos, como adversos o negativos) que se generan por las actividades de la EDAR en cuestión, se consideran los siguientes vectores medioambientales:

1. Vector residuos sólidos
2. Vector atmósfera
3. Vector energía
4. Vector agua
5. Vector visual
6. Vector ruido

#### **a) Vector residuos sólidos:**

##### **a.1. Sólidos**

Son los residuos procedentes del pozo de desbaste, desarenado y/o la reja de desbaste. Los elementos recogidos son de una composición y tamaños muy heterogénea. Estos residuos se extraen periódicamente según las necesidades y se depositan en un contenedor destinado a los residuos sólidos procedentes del tamizado.

- Impacto ambiental asociado: Generación de residuos sólidos destinados a vertederos controlados, es decir, su impacto es la colmatación de vertederos. Este tipo de residuos llega de forma continua a la EDAR, aunque en cantidades irregulares. No obstante, dichas cantidades no son demasiado importantes si se tiene en cuenta la cantidad de residuos generadas por persona y día en la sociedad en general.

##### **a.2 Arenas y grasas**

Las arenas son residuos sólidos de pequeño tamaño obtenidos en los desarenadores, que son recogidos desde el fondo y bombeados a un contenedor, mientras que se denominan grasas a la película formada en la superficie de los desengrasadores del tratamiento primario. Esta película de grasas con poco contenido de materia orgánica es arrastrada por unas rasquetas y conducida al pozo de grasas para su bombeo a un contenedor.

- Impacto ambiental asociado: colmatación de vertederos. Al igual que ocurre en el caso de los sólidos, es un impacto que se produce de forma continua pero cuya intensidad no resulta muy elevada ya que las cantidades generadas son poco relevantes y la naturaleza de los materiales permite que se trate como un residuo sólido más.

### a.3 Aceites lubricantes

Son los aceites necesarios para el correcto funcionamiento y mantenimiento de la maquinaria de la EDAR. Al realizar las operaciones periódicas de mantenimiento, los aceites recogidos son depositados en un bidón destinado a este efecto para su posterior recogida y tratamiento en un centro homologado.

Impacto ambiental asociado: Generación de residuos especiales que pueden contaminar las aguas y/o el suelo. Estos aceites se producen de forma frecuente en la realización de las diferentes tareas de mantenimiento de las máquinas de la EDAR. En condiciones normales, el impacto generado es muy pequeño, ya que estos aceites lubricantes residuales son llevados a un centro de tratamiento homologado de aceites donde se consigue reciclarlos.

### a.4 Residuos del edificio de control

Son los residuos domésticos y banales procedentes de las instalaciones de control de la planta. Su composición es heterogénea: plásticos, papel, cartón, latas y restos de alimentos principalmente. Son vertidos al mismo contenedor destinado a los sólidos procedentes del desbaste de gruesos. Su destino será por lo tanto un vertedero controlado.

- Impacto ambiental asociado: colmatación de vertederos. Estos residuos son gestionados a diario por el servicio municipal de recogida de basuras por lo que no se trata de un aspecto cuya intensidad de impacto sea alta.

### a.4 Fangos

Los fangos se originan fundamentalmente en los tratamientos primarios y secundarios de la línea de agua de las EDAR. En ambos casos, son un residuo extremadamente líquido, presentando un contenido en agua superior al 95%, por lo que

ocupan volúmenes importantes, siendo además, habitualmente, de naturaleza putrescible. Todo ello hace que sea necesario someterlos a un tratamiento para modificar sus características y permitir unas condiciones tales que su evacuación y disposición final sean óptimas, tanto desde el punto de vista sanitario y medioambiental, como de su manejo.

- Impacto ambiental asociado: colmatación de suelos y vertederos. La producción de fangos es continua y su intensidad es alta. Las cantidades de fangos generadas son muy superior a las de otros residuos sólidos.

## **b) Vector atmósfera**

### **b.1 Emisiones gaseosas**

Son las emisiones de gases que tienen lugar en los distintos procesos de la depuración, sobretudo en el tanque de aireación, en los decantadores, y en el tratamiento de fangos. Fundamentalmente se trata de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) generados en el tratamiento secundario y por descomposición de la materia orgánica de los residuos sólidos (desbaste, tamizado y fangos deshidratados).

- Impacto ambiental asociado: El impacto asociado a las emisiones de dióxido de carbono y metano, es el calentamiento global de la Tierra debido a la alteración del efecto invernadero. Estas emisiones de gases se producen de forma continua, pero las cantidades generadas son poco importantes, por lo que puede ser considerado un impacto frecuente pero de baja intensidad

### **b.2 Olores**

Se trata de los olores que pueden generarse en la planta debido a las reacciones propias del proceso de depuración, y a las que se pueden generar como consecuencia de los procesos de descomposición de la materia orgánica de residuos sólidos o fangos. Los compuestos principales que provocan estos olores son los compuestos orgánicos volátiles (COV's), compuestos nitrogenados y el sulfuro de hidrógeno.

- Impacto ambiental asociado: molestias a la población que habita en los alrededores del foco emisor. Los olores ligados al propio proceso de depuración se producen de forma continuada, mientras que los producidos por la

descomposición de materia orgánica de los residuos sólidos y fangos se suele producir de forma discontinua y debido a la acumulación durante un cierto tiempo de residuos previamente a su recogida. La intensidad de este impacto estará muy ligada a dos factores: la periodicidad de recogida de residuos sólidos y fangos así como su forma de almacenaje, y en segundo lugar al régimen de vientos de la zona.

### **c) Vector energía**

#### **c.1 Consumo eléctrico**

Se refiere a todo consumo de energía eléctrica que tiene lugar en la planta depuradora destinado a la normal explotación del sistema, es decir, todo consumo necesario directa o indirectamente para llevar a cabo el proceso de depuración del agua residual.

- Impacto ambiental asociado: Agotamiento de recursos no renovables como los combustibles fósiles. Emisión de gases de efecto invernadero y otros compuestos. Este impacto también se produce de forma continua, ya que el consumo de energía es constante en la EDAR. Se trata de un impacto importante ya que los consumos energéticos de las EDAR son del orden de algunos centenares de miles de kWh/mes.

#### **c.1 Consumo combustibles fósiles**

Aquellos consumos de combustibles fósiles que se producen como resultado de la explotación normal de la planta depuradora. Puede tratarse de algún tipo de máquina que funcione a gasoil, o bien de generadores, e incluso el consumo de los vehículos de que disponga la EDAR

- Impacto ambiental asociado: Agotamiento de recursos no renovables y emisión de gases de efecto invernadero. La importancia de este aspecto dependerá en gran medida de la cantidad de máquinas y vehículos que usen este tipo de combustibles en la EDAR, aunque en la mayoría de casos suelen ser muy pocas

## **d) Vector agua**

### **d.1 Vertido agua depurada**

Este aspecto medioambiental considera el vertido del agua ya tratada al medio receptor

- Impacto ambiental asociado: Mejora de la calidad de las aguas continentales (superficiales y subterráneas)

## **e) Vector visual**

### **e.1 Paisaje**

Aspecto ambiental que hace referencia a como afecta la instalación paisajísticamente al entorno. Es decir, tiene en cuenta como se adapta la EDAR al medio desde el punto de vista visual.

- Impacto ambiental asociado: Contaminación visual producida por la obra civil en las poblaciones situadas alrededor y que tienen visual directa a la EDAR. Este es un impacto que se produce todo el tiempo y cuya intensidad es muy variable. Dependerá del estudio de impacto ambiental que se haya realizado en la fase de proyecto para decidir su ubicación más conveniente y de las medidas que se hayan adoptado para la minimización de su impacto visual.

## **f) Vector ruido**

### **f.1. Ruido de la maquinaria:**

Es el ruido producido por las distintas maquinas de la planta depuradora. Destacando como equipos más ruidosos las soplantes.

- Impacto ambiental asociado: Molestias a la población por ruido. Este impacto se produce de forma continua aunque la maquinaria susceptible de generar ruido no necesariamente funcione todo el día, ya que los periodos de parada son cortos y del orden como mucho de alguna hora. La intensidad de este impacto dependerá principalmente del nivel de decibelios emitidos y de la distancia al receptor de este ruido.

### 3.1.3.2 Evaluación

A partir de la identificación de los aspectos ambientales, se van a evaluar los mismos con la finalidad de determinar aquellos más significativos. Para ello se definen parámetros de Magnitud (M), Peligrosidad (P) y Frecuencia (F), valorándolos de menor a mayor a través de los valores de uno (1), tres (3) y cinco (5). La significancia (S) se calcula con la siguiente expresión:

$$S = M + P + F$$

Según el valor obtenido se establecen dos niveles de clasificación:

- IMPACTO AMBIENTAL NO SIGNIFICATIVO: cuando el valor de la significancia es igual o inferior a 10 puntos
- IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO: cuando el valor de la significancia es superior a 10 puntos.

Por lo tanto, en la valoración de los diferentes aspectos se tienen en cuenta los aspectos de intensidad, consumos, cantidad... anteriormente comentados.

En la **tabla 3** se recogen los resultados obtenidos tras la valoración de los impactos.

A la vista de los resultados obtenidos, se han obtenido tres impactos ambientales significativos: los fangos, el vertido de agua depurada y el consumo eléctrico. El resto de aspectos se consideran, según esta clasificación, como aspectos ambientales no significativos.

En este diagnóstico ambiental se va a evaluar el impacto ambiental del vertido de agua depurada. El influente de la EDAR al verterlo en el cauce de un río provoca una alteración en los equilibrios físicos, químicos y biológicos del agua. Ahora bien, si este agua que se vierte ha sido previamente tratada o depurada correctamente, el impacto que producirá será menor que si se vierte sin tratar, y tanto menor cuanto más completo haya sido el tratamiento.

Además, y debido a la importancia de este impacto, se van a evaluar algunas características del fango producido.

Tabla 3: Valoración de los impactos

VECTOR	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	MAGNITUD (M)	PELIGROSIDAD (P)	FRECUENCIA (F)	SIGNIFICANCIA (S)
<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>	Sólidos	3	1	3	7
	Arenas y grasas	1	1	3	5
	Aceites lubricantes	1	1	3	5
	Residuos del edificio control	1	1	3	5
	Fangos	5	5	5	<b>15</b>
<b>ATMÓSFERA</b>	Emisiones gaseosas	1	3	3	7
	Olores	1	1	3	5
<b>ENERGÍA</b>	Consumo eléctrico	5	1	5	<b>11</b>
	Consumo combustibles fósiles	1	1	1	3
<b>AGUA</b>	Vertido agua depurada	5	5	5	<b>15</b>
<b>VISUAL</b>	Paisaje	1	1	5	7
<b>RUIDO</b>	Molestias a la población	1	1	3	5

### 3.1.4 Normativa aplicable

Existe numerosa legislación tanto europea, nacional y autonómica en relación con los diferentes vectores medioambientales identificados para la EDAR. En esta memoria, se va a realizar una breve revisión de la normativa aplicable al vector medioambiental relacionado con el agua de acuerdo con el alcance de este diagnóstico.

El carácter de recurso esencial del agua y el mal estado general de las mismas en los países, en su mayoría fuertemente industrializados, que componen la Unión Europea determina la progresiva aparición de normas comunitarias que, desde diversos aspectos, abordan la protección de las aguas y la lucha contra su contaminación. Se puede afirmar, por tanto, que el marco jurídico general de las aguas es fruto de la colaboración normativa de los ordenamientos internacional, comunitario, estatal, regional y local teniendo, la legislación europea, un auténtico papel de motor respecto de todas las demás.

Las primeras directivas sobre la calidad de las aguas tenían un enfoque utilitarista, centrándose únicamente en las aguas con un aprovechamiento antrópico (producción de agua potable, vida piscícola, cría de moluscos, baño...)

En la década de los 90, se aprobaron dos directivas, aún vigentes, de control de las dos fuentes principales de contaminación o alteración de las continentales, las aguas residuales (Directiva 91/271/CEE) y los nitratos utilizados en la industria (Directiva 96/676/CE).

La aprobación de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre, otorgó un tratamiento legislativo más unitario a esta extensa y compleja legislación comunitaria sobre protección de aguas continentales mediante el establecimiento de un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de las aguas.

En materia de aguas residuales, la citada Directiva del Consejo de la UE 91/271/CEE, de 21 de Mayo, sobre el tratamiento de aguas residuales urbana se trata de la Directiva fundamental en cuanto normativa de tratamiento de aguas se refiere.

Establece las medidas necesarias que los estados miembros han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su



vertido. De forma resumida, la Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas. En primer lugar las “aglomeraciones urbanas” deben disponer, según los casos, de sistemas de colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales o marinas. . Fue modificada por la Directiva 98/15/CE en relación con determinados requisitos establecidos en su anexo I, modificando el cuadro 2 de dicho anexo por los problemas de interpretación que puede generar.

Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por el Real Decreto-Ley 11/1995, el Real Decreto 509/1996, que lo desarrolla, y el Real Decreto 2116/1998 que modifica el anterior. En dicho Real Decreto-ley:

*“Se impone a determinadas aglomeraciones urbanas la obligación de disponer de sistemas colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales, y de aplicar a éstas distintos tratamientos antes de su vertido a las aguas continentales o marítimas. En la determinación de estos tratamientos se tiene en cuenta si los vertidos se efectúan en «zonas sensibles» o en «zonas menos sensibles», lo que determinará un tratamiento más o menos riguroso”*

Esta normativa es aplicable a las consideradas aguas residuales urbanas, definidas en el artículo 2 del R.D Ley 11/1995:

*“Aguas residuales urbanas como las aguas residuales domésticas o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial”*

El término aguas residuales domésticas hace referencia a las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas, mientras que el término aguas residuales industriales engloba a todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

En el caso de la región de Murcia, este nuevo Sistema General de Gestión se plasmó en la Ley 3/2000 de 12 de Julio, de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales e Implantación del Canon de Saneamiento.

En cuanto a la reutilización de aguas, la promulgación del Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización supone un avance importante en la regulación de la reutilización al clarificar tanto las responsabilidades de las Administraciones Públicas, como las correspondientes a los concesionarios y usuarios finales y establecer los criterios de calidad para cada uno de los posibles usos, así como la frecuencia mínima de muestreos, los métodos analíticos de referencia y los criterios de conformidad [19] [20] [21] [22] [23] [24].

### 3.2 ADQUISICIÓN DE DATOS

El aspecto ambiental que se va a evaluar en este diagnóstico es el vertido de agua depurada. Como ya se ha comentado anteriormente, la composición de un agua residual viene definida por el contenido de sólidos, DQO, DBO<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NT, PT así como el pH y la conductividad. Por lo tanto estos serán los parámetros utilizados para medir este aspecto.

Además, también se va a evaluar diferentes parámetros del fango producido como la sequedad y el contenido de sólidos.

La metodología de evaluación diseñada para evaluar estos aspectos de la EDAR, se recogen en las **tablas 4 y 5**.

En la **figura 13** se muestra el sinóptico de la EDAR de Santomera señalando la localización de los puntos de toma de muestras.

**Tabla 4:** Puntos de muestreo y determinaciones analíticas en la línea de aguas

MUESTRA	LOCALIZACIÓN	DETERMINACIONES ANALITICAS	FRECUENCIA
<b>A</b>	Salida Pretratamiento	SST, DQO, DBO <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NT, PT	3 veces por semana
		pH, Conductividad	2 veces por semana
<b>B</b>	Efluente	SST, DQO, DBO <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NT, PT	3 veces por semana
		pH, Conductividad	2 veces por semana
<b>C</b>	Reactor biológico 1	SSLM	5 veces por semana
		SSVLM	3 veces por semana
<b>D</b>	Reactor biológico 3	SSLM	5 veces por semana
		SSVLM	3 veces por semana

**Tabla 5:** Puntos de muestreo y determinaciones analíticas en la línea de fangos.

MUESTRA	LOCALIZACIÓN	DETERMINACIONES ANALITICAS	FRECUENCIA
<b>E</b>	Recirculación del Reactor Biológico 1	SSLM, SSVLM	3 veces por semana
<b>F</b>	Recirculación del Reactor Biológico 3	SSLM, SSVLM	3 veces por semana
<b>G</b>	Fango deshidratado	Sequedad	2 veces por semana
<b>H</b>	Fango espesado	Sequedad	2 veces por semana
<b>I</b>	Sobrenadante Espesador	SST	2 veces por semana
<b>J</b>	Escurrido centrífuga	SST	2 veces por semana

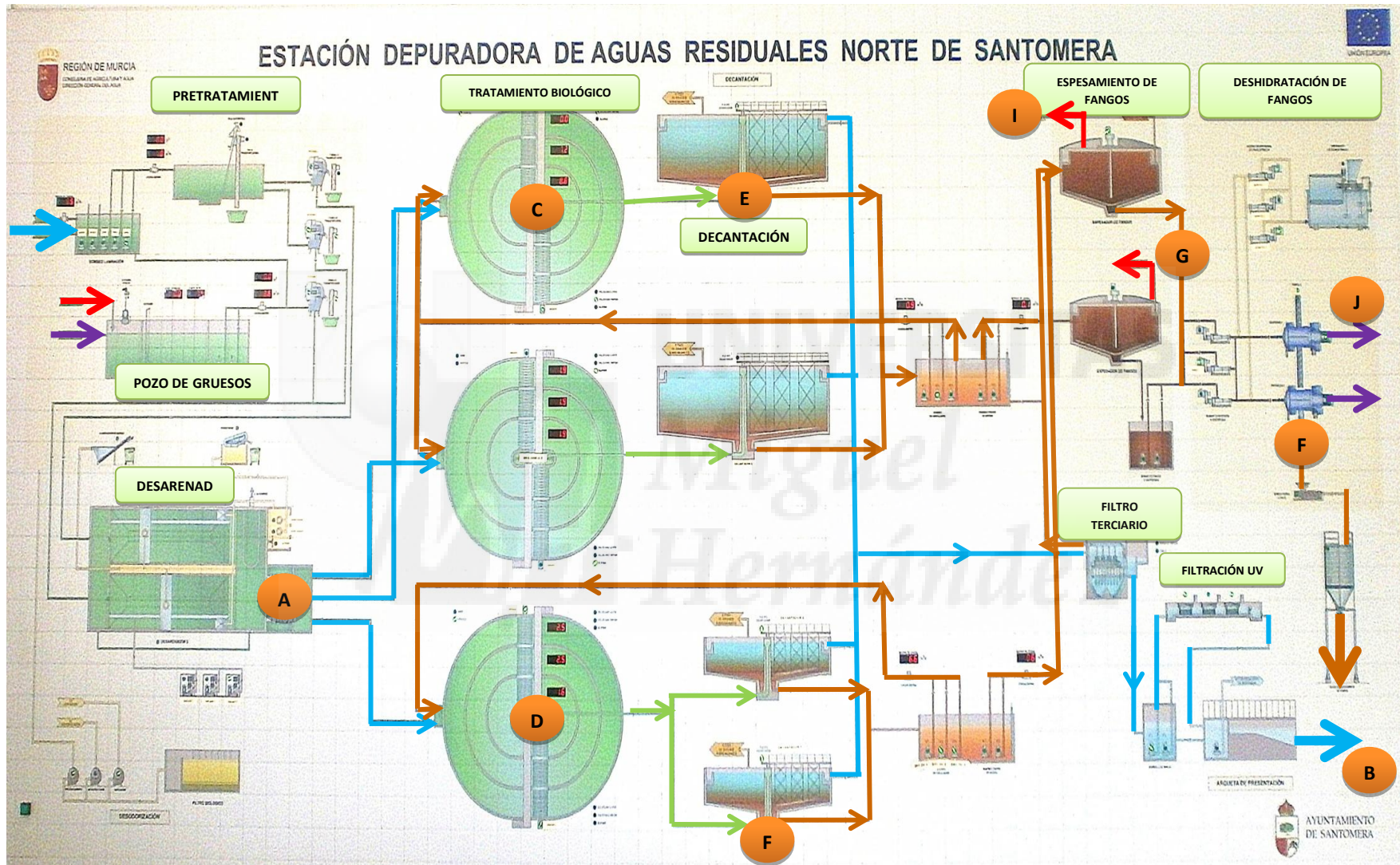


Figura 13: Sinóptico de la EDAR de Santomera

### 3.3. MÉTODOS ANÁLITICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES

A continuación, se describen los métodos analíticos empleados en el análisis realizado al agua y fangos de la EDAR de Santomera. Todos estos métodos utilizan como referencia los Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales [25].

#### 3.3.1 Procedimiento para la evaluación de los contaminantes físicos

##### Sólidos en suspensión y sólidos volátiles

La metodología empleada para el análisis de los sólidos en suspensión es la siguiente: se filtra un determinado volumen de la muestra sobre un filtro de fibra, previamente pesado, en un equipo de filtración al vacío. Una vez filtrada la muestra se introduce en la estufa de desecación, precalentada a 105°C, durante una hora, tiempo que se considera suficiente para la evaporación del agua y la obtención de un peso constante. Posteriormente se deja enfriar en el desecador y se pesa. La concentración de sólidos en suspensión se calcula por diferencia de pesadas mediante la siguiente ecuación:

$$SS = \frac{\text{Peso filtro después de evaporación de agua (mg)} - \text{Peso filtro antes de añadir muestra (mg)}}{\text{Volumen de muestra (l)}}$$

Los sólidos fijos son el residuo de los sólidos totales, disueltos o suspendidos, después de llevar una muestra a sequedad durante un tiempo determinado a 550°C. La pérdida de peso por ignición son los sólidos volátiles.

El procedimiento experimental llevado a cabo para el cálculo de la concentración de sólidos volátiles es similar al procedimiento utilizado en la determinación de sólidos en suspensión, añadiendo una etapa posterior de calcinación. Las muestras, una vez secadas en el desecador, se introducen en la mufla a 550°C hasta peso constante. Las muestras se dejan secar en el desecador y se pesa.

El porcentaje de sólidos volátiles se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\%SSV = \frac{\text{Peso filtro tras evaporación de agua (mg)} - \text{Peso filtro después de la calcinación (mg)}}{\text{Peso filtro tras evaporación de agua (mg)} - \text{Peso filtro antes de añadir muestra (mg)}}$$

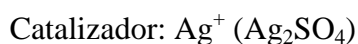
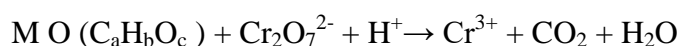
## Conductividad y pH

Se han medido la conductividad y el pH con el equipo multiparamétrico. Las muestras se encuentran correctamente agitadas durante la introducción de la sonda de medida.

### 3.3.2 Procedimiento para la evaluación de los contaminantes químicos

#### Demanda Química de Oxígeno

El método utilizado ha sido el método con dicromato potásico (ISO 15705) donde las sustancias oxidables reaccionan con solución de ácido sulfúrico y dicromato de potasio en presencia de sulfato de plata como catalizador. El cloruro se enmascara con sulfato de mercurio. Se evalúa la coloración verde del  $\text{Cr}^{3+}$ . Esta reacción se lleva a cabo en el digestor a altas temperaturas.



#### Demanda Bioquímica de Oxígeno:

Para su determinación se ha empleado el método manométrico empleando botellas de incubación. En dichas botellas se introduce el volumen de muestra adecuado según el fabricante, se añade el inhibidor de la nitrificación (2 gotas de inhibidor por cada 100 ml de muestra) y se introduce el núcleo de agitación magnética. Se coloca la cestilla de goma en la botella y en ella se introducen lentejas de NaOH para retener el dióxido de carbono generado. Se cierran las botellas con los Oxitops IS y se coloca el

sistema inductivo de agitación en la incubadora a 20°C. Trascorridos cinco días, se realiza la lectura de cada muestra de DBO<sub>5</sub>

El consumo de oxígeno se relaciona con la presión parcial del O<sub>2</sub> contenido en dicha botella antes y después del ensayo. Se relaciona la depresión producida con el volumen de muestra y se obtiene directamente la DBO<sub>5</sub> en mgO<sub>2</sub>/l.

### Compuestos de Nitrógeno

El método empleado para la determinación del nitrógeno total es el método de Digestión Koroleff y su posterior detección fotométrica con 2,6-dimetilfenol (ISO 11905-1). El nitrógeno ligado inorgánica y orgánicamente se oxida a nitrato mediante digestión con peroxidisulfato potásico. Una vez realizada esta digestión, se cuantifica la concentración de nitratos en la mezcla, mediante la reacción de estos en una solución de ácido sulfúrico y fosfórico con 2,6-dimetilfenol, formando un nitrofenol.

El método empleado para la determinación del nitrógeno amoniacal es el método de azul de indofenol (ISO 7150-1), donde los iones amonio reaccionan, a un pH de 12,6, con iones hipoclorito e iones salicilato, en presencia de nitroprusiato sódico como catalizador, formando azul de indofenol susceptible a una determinación colorimétrica.

La concentración de nitratos se ha realizado mediante el método 2,6-dimetilfenol (ISO 7890-1), donde los iones nitrato, en soluciones que contienen ácidos sulfúrico y fosfórico, reaccionan con 2,6-dimetilfenol formando 4-nitro-2,6-dimetilfenol.

La concentración de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> se determina por el método colorimétrico de diazotización (ISO 26777). La cubeta contiene diclorhidrato de naftiléndiamina, y de sulfanilamida en ácido fosfórico. En estas condiciones ácidas los nitritos forman una sal de diazonio y se desarrolla un color rosado.

### Fósforo

El método empleado para su determinación es el método Azul de fosfomolibdeno (ISO 6878). Los iones fosfato reaccionan en solución ácida con iones molibdato y antimonio formando un complejo antimonilfosfomolibdato que, mediante ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno.

El material empleado para las determinaciones de la DQO, compuestos de nitrógeno y fósforo han sido diversos test comerciales de diferentes concentraciones, según la muestra a analizar. Estos test ya llevan la concentración necesaria de los reactivos y sólo es necesario introducir la cantidad necesaria con micropipetas de la muestra a analizar y realizar unos pasos indicados por el fabricante.

En algunos de los métodos expuestos anteriormente, es necesario llevar a cabo una digestión, por lo que también se ha empleado un digestor. La determinación colorimétrica se ha realizado con un espectrofotómetro.

### 3.3.3 Análisis del fango

Se han determinado los porcentajes de materia seca y los sólidos volátiles del fango espesado y del fango deshidratado.

Para el cálculo de la materia seca, se han introducido las muestras en crisoles, previamente pesados, durante 24 horas en el horno a 105°. Posteriormente, se deja secar en el desecador y se pesa. Por diferencia de pesada, se obtiene el porcentaje de materia seca, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\%MS = \frac{\text{Peso crisol tras evaporación agua (mg)} - \text{Peso crisol vacío (mg)}}{\text{Peso crisol con la muestra (mg)} - \text{Peso crisol vacía (mg)}}$$

Para el cálculo de los sólidos volátiles, es necesario introducir posteriormente las muestras en la mufla hasta peso constante. Los sólidos volátiles se calculan según la siguiente expresión:

$$\%SSV = \frac{\text{Peso crisol tras evaporación agua(mg)} - \text{Peso crisol tras calcinación (mg)}}{\text{Peso crisol tras evaporación agua (mg)} - \text{Peso crisol vacía (mg)}}$$

Además, se han analizado los sólidos presentes en el rebose del espesador y el escurrido de la centrífuga de manera similar a la descrita anteriormente para las muestras del influente y efluente.



### 3.4 EVALUACIÓN DE DATOS

Los resultados obtenidos se van a clasificar atendiendo a su relación con la línea de agua o la línea de fangos.

#### A) LÍNEA DE AGUA

##### 4.1 EVOLUCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA Y SST

Aproximadamente, cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica.

Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro.

Para poder evaluar el daño que estos compuestos pueden llegar a producir, se ha determinado la cantidad de materia orgánica existente en las aguas mediante la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno.

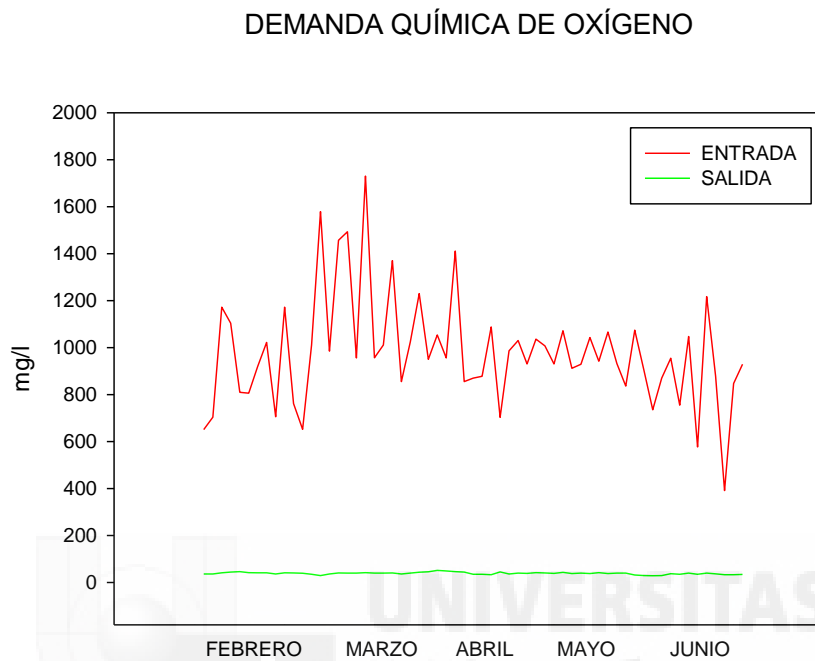
La demanda química de oxígeno de un agua residual se puede definir como la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medio de reactivos químicos. En la **figura 14** se muestra la evolución de este parámetro a la entrada y a la salida de la planta.

A la entrada de la planta se observa una alta variabilidad, con un aumento de las cargas orgánicas a partir del mes de Marzo, coincidiendo con el inicio de la campaña de las industrias de la zona. Por el contrario, se observan valores menores al final de la campaña, en el mes de Junio. El valor medio de la demanda química de oxígeno a la entrada a la planta se sitúa en torno a 920 mg/l .

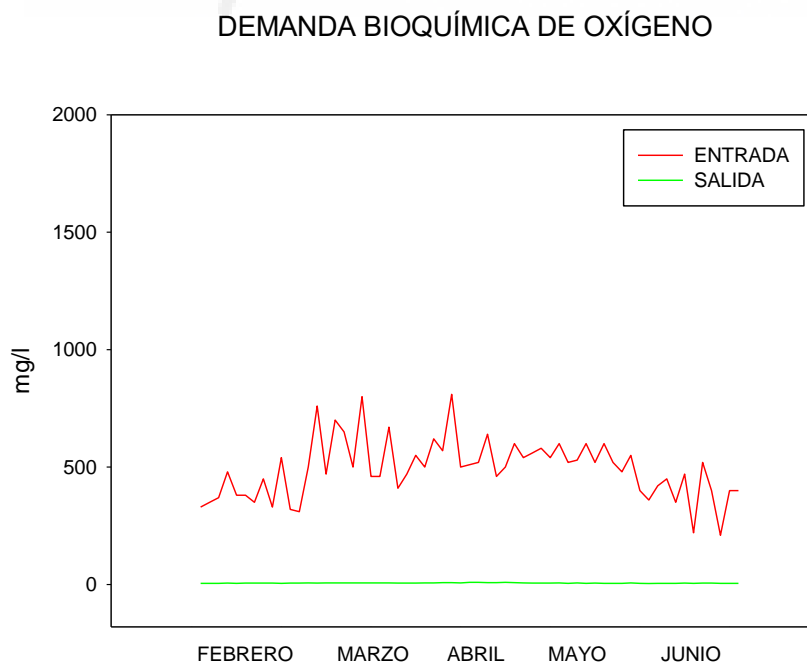
Sin embargo, estas grandes oscilaciones a la entrada de la planta no se ven reflejadas de manera significativa en el valor obtenido a la salida, manteniéndose una DQO próxima a 40 mg/l.

Por otro lado, se puede definir la demanda bioquímica de oxígeno como la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos para la biodegradación de la

materia orgánica biodegradable existente en el agua residual, a través de procesos bioquímicos. Los datos obtenidos durante el periodo de estudio, se muestran en la **figura 15**.



**Figura 14:** Evolución de la Demanda Química de Oxígeno

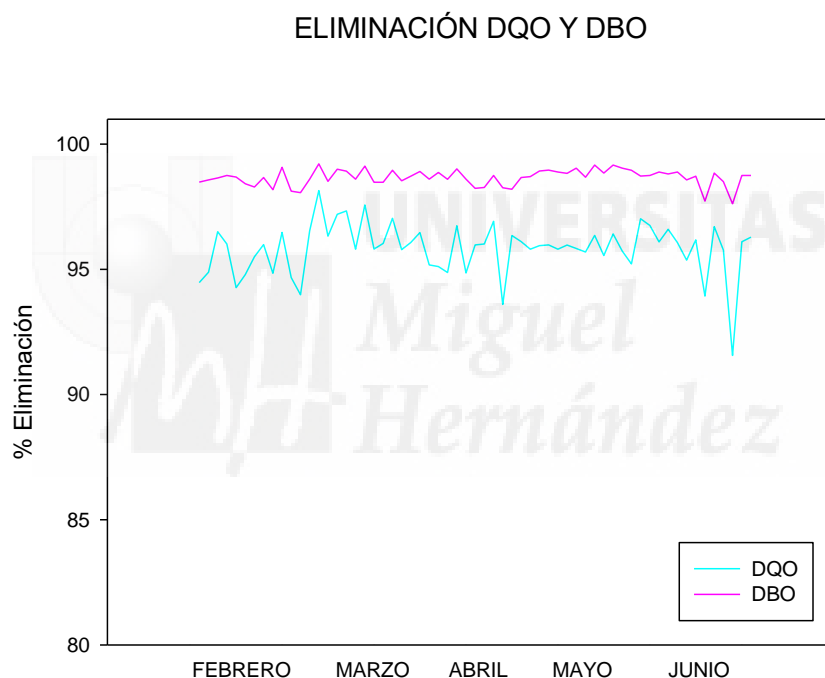


**Figura 15:** Evolución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Como era de esperar, y dado que la DQO oxida toda la materia orgánica, mientras que la DBO<sub>5</sub> solo la biodegradable, los valores obtenidos para la DBO<sub>5</sub> son inferiores a los obtenidos para la DQO.

La demanda bioquímica de oxígeno media a la entrada es de 490 mg/l. En este caso también se observan valores más altos en los meses de Marzo a Mayo, consecuencia de la citada campaña. Los valores a la salida de la planta permanecen prácticamente constantes en torno a 6 mg/l.

Atendiendo a estos valores, se han calculado los correspondientes porcentajes de reducción para estos dos parámetros, cuyos valores se muestran en la **figura 16**



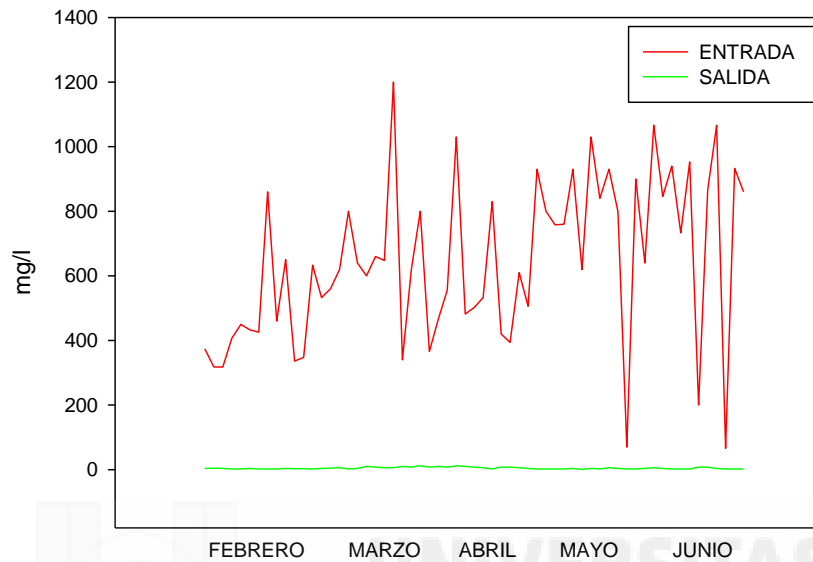
**Figura 16:** Evolución rendimientos de eliminación de DQO y DBO<sub>5</sub>

Los altos rendimientos obtenidos para la DBO<sub>5</sub>, y por tanto en la DQO, se deben principalmente a la eficacia del tratamiento biológico, donde la materia orgánica biodegradable es asimilada por los microorganismos utilizándola como sustrato o fuente de alimentación.

Otro parámetro importante en la calidad de las aguas, es la cantidad total de sólidos en suspensión.

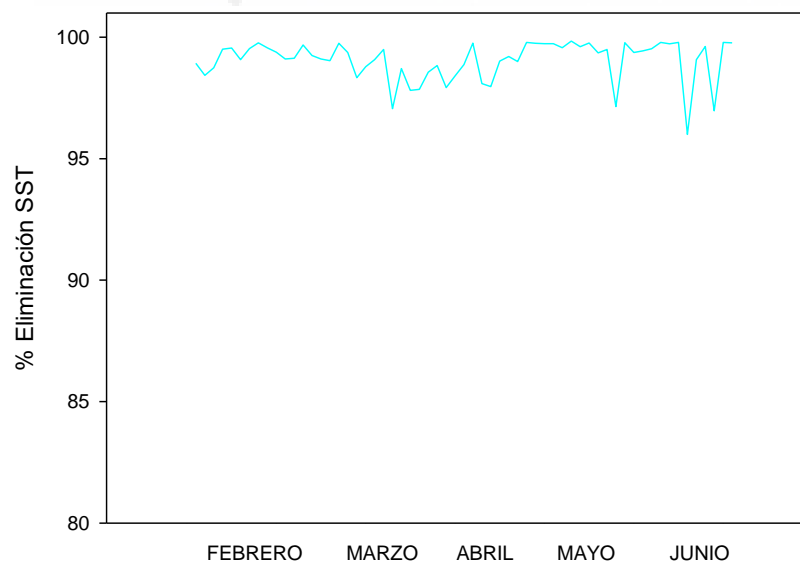
La **figura 17** muestra la evolución de estos a lo largo del tiempo a la entrada y a la salida de la EDAR y la **figura 18** recoge el rendimiento de eliminación calculado.

### SÓLIDOS SUSPENSIÓN



**Figura 17:** Evolución de los sólidos en suspensión totales

### ELIMINACIÓN SST



**Figura 18:** Evolución rendimientos de eliminación de sólidos en suspensión totales

Se observa una alta variabilidad en los sólidos a la entrada, obteniéndose concentraciones máximas de 1200 mg/l, y un aumento progresivo de los sólidos en suspensión a la entrada, fruto de unos mayores aportes externos. Se han obtenido concentraciones mínimas en torno a 70 mg/l, coincidiendo con días de fuertes lluvias en la Región.

Los sólidos en suspensión a la salida permanecen prácticamente constantes en torno a 3 mg/l, lo que supone altos rendimientos de depuración. La eliminación de los sólidos en suspensión se produce principalmente en el decantador secundario.

Una vez expuesto todos los datos obtenidos en relación con la materia orgánica y los sólidos en suspensión, es interesante comparar estos valores con los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas que establece el R.D 509/1996 [20] y que se recogen en la **tabla 6**

**Tabla 6:** Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas (R.D 509/1996)

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN	PORCENTAJE MÍNIMO DE REDUCCIÓN	MÉTODO DE MEDIDA DE REFERENCIA
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	125 mg/l	75%	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub> a 20°C) sin nitrificación</b>	25 mg/l	70-90%	Muestra homegenizada sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de cinco días de incubación a 20°C ± 1°C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación
<b>Total de sólidos en suspensión</b>	35 mg/l	90%	Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje

Los límites establecidos tanto para la Demanda Química de Oxígeno como para la Demanda Bioquímica de Oxígeno, son muy superiores a los valores obtenidos en este periodo, y por lo tanto, se obtienen unos porcentajes de reducción superiores a los mínimos exigidos. Estos datos indican una baja necesidad de oxígeno en la degradación de la materia orgánica presente en el agua a la salida de la planta, disminuyendo la posibilidad de que se alcancen las condiciones anaerobias en el medio receptor.

En cuanto a los sólidos en suspensión, la concentración a la salida (3 mg/l) es muy inferior también al límite establecido. Esta baja concentración evita problemas sobre el medio receptor tales como el color aparente de las aguas, la disminución del paso de la radiación solar... dificultando, entre otros, la fotosíntesis.

#### **4.1.1 Calculo de la relación de materia orgánica biodegradable y no biodegradable**

La relación  $DBO_5/DQO$  es un buen indicador de la biodegradabilidad de un agua residual, de tal forma que valores inferiores a 0,2 se consideran que no se pueden utilizar procesos de tratamiento por vía biológica [9].

La demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno mantienen su relación para cada tipo de agua. La  $DBO_5$  sería parecida a la  $DQO$  si toda la materia orgánica presente en el agua fuera biodegradable. De forma general, las aguas residuales urbanas contienen un 70% de la  $DQO$  en forma de  $DBO_5$ . Por el contrario, en las aguas industriales se encuentran diferentes porcentajes que varían desde el 90% hasta el 30%.

Se ha calculado la relación  $DBO_5/DQO$  para el agua de entrada y de salida de la EDAR de Santomera, cuyos datos se exponen en la **figura 19**. Como se observa en dicha figura, existe variabilidad en la relación  $DBO_5/DQO$  a la entrada de la planta. Esta variabilidad es debida a los diferentes vertidos de aguas residuales industriales que recibe la depuradora que, como ya se ha comentado, tienen una materia orgánica biodegradable muy variable. El valor promedio de esta relación para este periodo es de 0,5. Este valor nos indica que de toda la materia orgánica que entra en la planta, solo la mitad es biodegradable. Casi todas las aguas residuales con una relación de  $DBO_5/DQO$  igual o superior a 0,5 pueden ser tratadas fácilmente por medio de tratamientos

biológicos [5]. Según la bibliografía, una relación mayor a 0,4, como es el caso del agua a tratar, el sistema óptimo de funcionamiento es el de fangos activos [4].

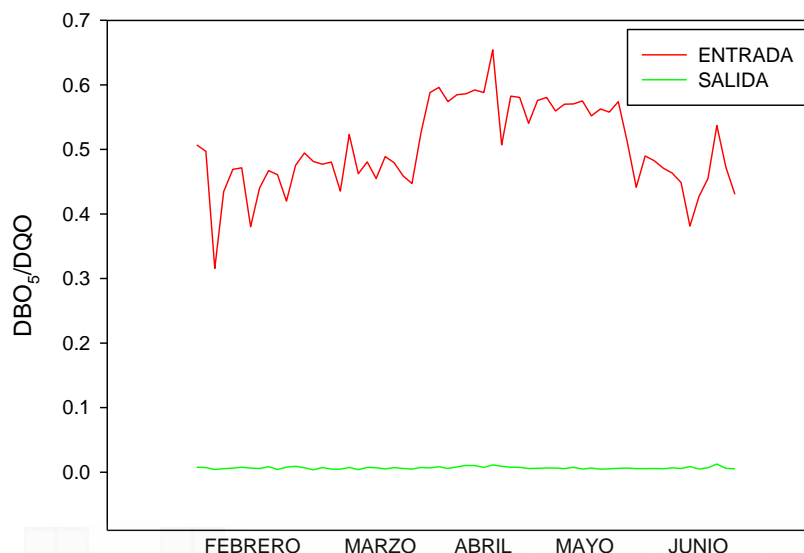


Figura 19: Evolución de la relación DBO<sub>5</sub> y DQO

Por otro lado, atendiendo a los resultados obtenidos a la salida de la planta se puede afirmar que la materia orgánica que presente a la salida de la planta es prácticamente no biodegradable, ya que el agua ya ha sufrido la degradación por parte de los microorganismos.

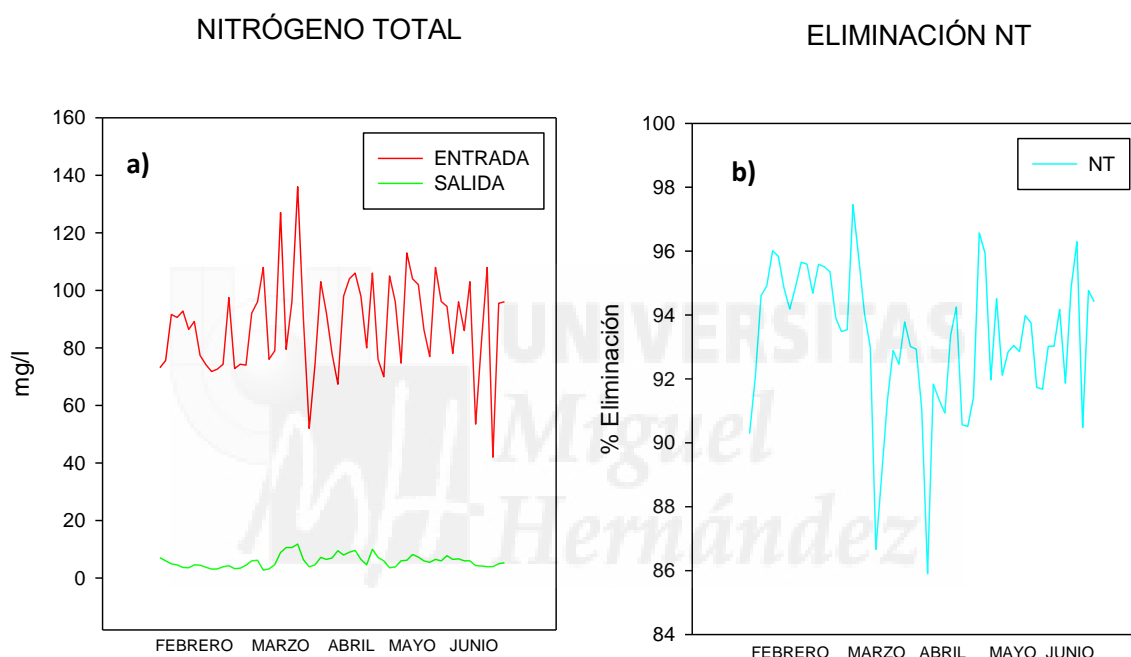
## 4.2 EVOLUCIÓN DE LOS COMPUESTOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

El Nitrógeno y el Fósforo son elementos que, en forma de diferentes sales, son esenciales para la vida, debido a que forman parte de estructura química de las proteínas, siendo necesaria su presencia en los procesos biológicos.

En aguas urbanas proceden normalmente de las heces humanas, de restos de alimentos y en el caso del fósforo de la gran utilización de detergentes. Son muy abundantes en forma de fosfatos, nitratos, amonio y formando parte de compuestos orgánicos más complejos.

## Nitrógeno

La **figura 20a** muestra la evolución del nitrógeno total durante el periodo en estudio. Se observan unas altas concentraciones en el influente con una concentración media de  $88 \pm 17$  mg/l. Esta alta desviación, indica una alta variabilidad en las muestras. Sin embargo, la concentración a la salida es más constante, situándose en torno a 5 mg/l. Por todo ello, los rendimientos de eliminación obtenidos para el nitrógeno total son superiores al 93% como se recoge en la **figura 20b**.



**Figura 20:** Evolución del Nitrógeno Total y Rendimiento de eliminación.

Esta baja concentración a la salida es la idónea, ya que, aunque el nitrógeno es un nutriente esencial para un elevado número de organismos, el exceso en su concentración genera importantes problemas en los ecosistemas acuáticos afectando a la calidad del agua (eutrofización) y a la diversidad de organismos.

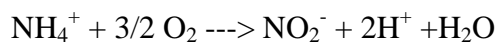
Una parte del contenido de nitrógeno se elimina mediante la decantación primaria como sólidos en suspensión, y otra parte en el sistema biológico al ser incorporado en la biomasa formada y purgada posteriormente en forma de lodos. En la depuradora de Santomera no hay decantación primaria, por lo que prácticamente toda la



eliminación ocurre en el tratamiento biológico, eliminando los compuestos de nitrógeno mediante un proceso biológico de nitrificación - desnitrificación.

La nitrificación es el proceso por el cual las bacterias convierten el nitrógeno amoniacal en nitratos. En el reactor biológico, si se dan las condiciones adecuadas, tiene lugar la oxidación del nitrógeno amoniacal y orgánico a nitratos a través de dos etapas.

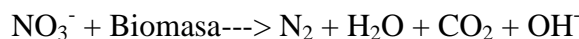
- 1ª ETAPA: Tiene lugar la oxidación del nitrógeno orgánico y amoniacal a nitrito. Esta reacción es llevada a cabo por bacterias autótrofas del género nitrosomas.



- 2ª ETAPA: En una segunda fase y mediante bacterias del género nitrobacter, tiene lugar la oxidación del nitrito a nitrato.

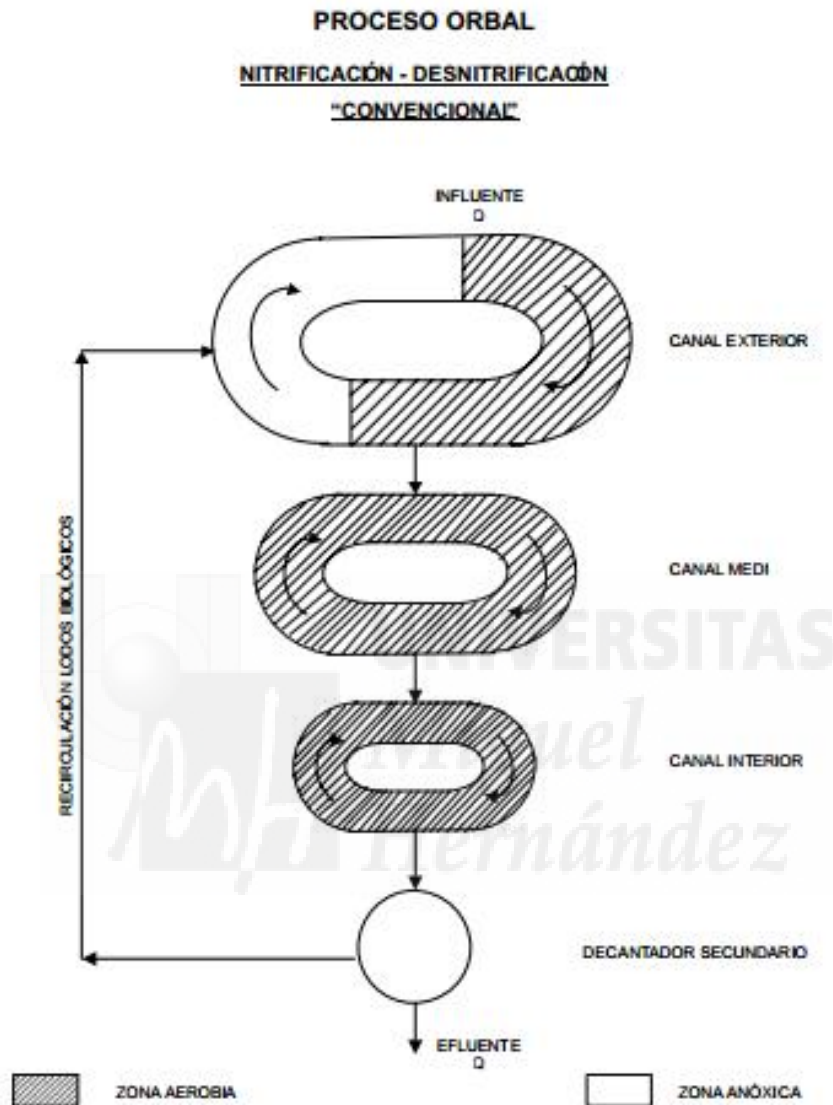


Se conoce como desnitrificación el proceso por el cual las bacterias convierten los nitratos en nitrógeno molecular. Diversos grupos de bacterias heterótrofas facultativas pueden realizar este proceso, no requiriéndose como en el caso de la nitrificación bacterias específicas. El proceso de desnitrificación ocurre cuando la cantidad de oxígeno en el medio es mínima, y por tanto las necesidades de este elemento por la biomasa son solventadas por el oxígeno disponible en la molécula de nitrato, de forma que:



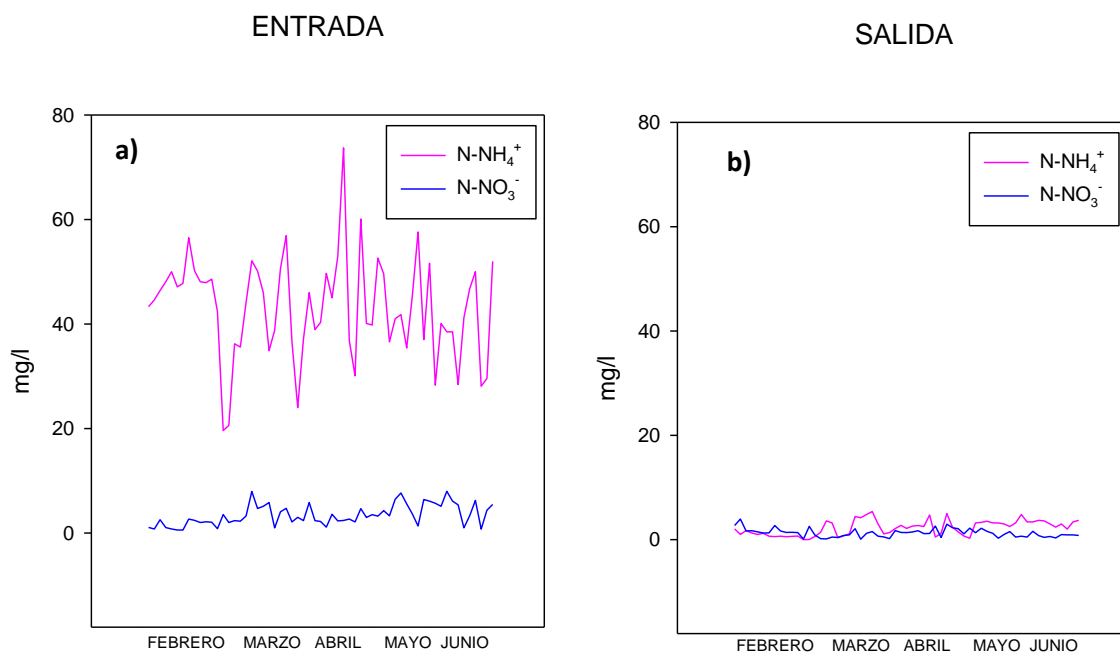
En el sistema ORBAL, la nitrificación y la desnitrificación ocurren simultáneamente en el canal externo, en el cual la biomasa se pone en circulación mediante el mismo equipo que realiza el aporte de oxígeno. La correcta situación de los equipos de aporte de oxígeno logra en el canal una zona anóxica y una zona aeróbica en

las cuales se producen los procesos de nitrificación y desnitrificación, según el esquema representado en la **figura 21**.



**Figura 21:** Nitrificación-Desnitrificación en reactor ORBAL [26]

Por tanto, otros compuestos de nitrógeno de interés para el control de las plantas de tratamiento son el nitrógeno amoniacal y los nitratos, cuyos valores se exponen en la **figura 22**.



**Figura 22:** Evolución de la concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{N-NO}_3^-$ .

La concentración de nitratos y nitrógeno amoniacal a la salida está relacionada con la aireación recibida, como se ha comentado anteriormente. La presencia de nitrógeno en forma de nitratos en un agua residual es un indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno.

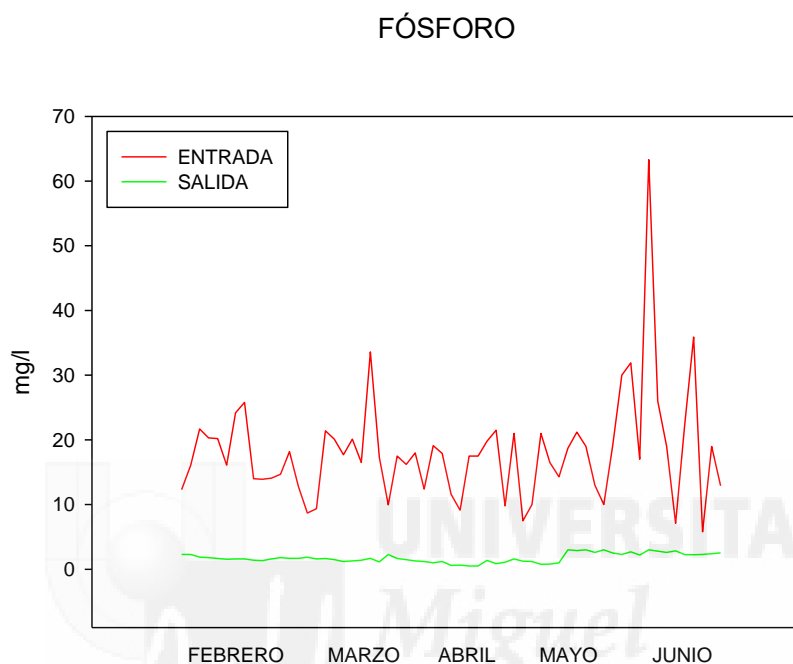
Se han obtenido altas concentraciones de nitrógeno amoniacal a la entrada, observándose una alta variabilidad entre días. No obstante se observa un buen rendimiento de la nitrificación, la cual tiene lugar en las partes aerobias del reactor, obteniéndose una concentración de nitrógeno amoniacal media de  $2,3 \pm 1,4$  mg/l en el efluente. Las concentraciones de nitratos varían entre  $3,4 \pm 2,0$  en el influente hasta una concentración en el efluente de  $1,3 \pm 0,8$  mg/l.

### Fósforo

El fósforo está presente en el agua residual en forma de ortofosfato, polifosfato y formas orgánicas del fósforo. Los dos últimos engloban hasta el 70% del fósforo contenido en el agua residual. Los microorganismos utilizan el fósforo para la síntesis celular y en el transporte de energía. Como consecuencia de ello, parte del fósforo presente se elimina durante el tratamiento biológico secundario. Para conseguir niveles

de fosforo bajos en el efluente, es necesario eliminar más cantidad de la estrictamente necesaria para el mantenimiento y síntesis celular.

La **figura 23** recoge los valores de concentración de fósforo obtenidos en el influente y en el efluente.



**Figura 23:** Evolución del Fósforo

Se ha obtenido una concentración media de  $18,17 \pm 8,52$  mg/l a la entrada y una baja concentración a la salida, obteniéndose un porcentaje de eliminación superior al 90%.

En un reactor de tipo ORBAL, los compuestos de fósforo solubles se eliminan a través de procesos biológicos. Bajo ciertas condiciones, los microorganismos son capaces de absorber una cantidad de fósforo superior a la precisa para su crecimiento. Este fenómeno se denomina “Luxury Uptake” [27]. La concentración normal del fósforo en el fango activo es del 1 al 1,5 %, pudiéndose incrementar en el sistema ORBAL a niveles del 4-6%.

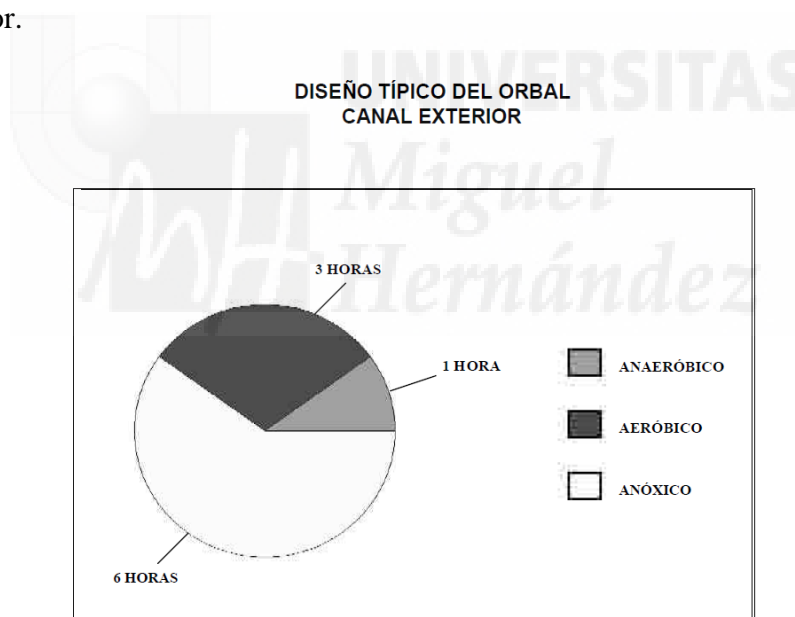
El proceso básico para lograr este elevado valor de absorción puede expresarse de forma simple: el aumento del nivel de fósforo en los microorganismos se obtiene cuando la biomasa se expone a zonas alternativas anaeróbicas/aeróbicas; el fósforo se

desprende en la zona anaeróbica, y luego es almacenado a niveles elevados en la zona aeróbica.

La base del proceso es que en la zona anaerobia se generan por medio de bacterias facultativas una producción de ácidos grasos, acetatos y otra serie de compuestos intermedios, así como una hidrólisis de los polifosfatos presentes en la estructura de la biomasa, que es liberada al medio.

En la zona aerobia hay una reabsorción de los compuestos de fósforo para llevar a cabo los procesos de síntesis de la nueva biomasa, pero en unas cantidades superiores a las de un proceso convencional. Este fósforo acumulado en los microorganismos es eliminado del sistema en la purga de fangos.

En la **figura 24** se representa de manera esquemática las distintas zonas del canal exterior.



**Figura 24:** Diseño típico del canal exterior del ORBAL (Fuente: [26])

El *R.D 509/1996* sólo hace referencia a los valores de Nitrógeno y Fósforo para las zonas sensibles, entre las que no se encuentra la EDAR de Santomera. No obstante se exponen a continuación (**tabla 7**), con el fin de contextualizar los buenos rendimientos obtenidos.

**Tabla 7:** Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, zonas sensibles (R.D 509/1996)

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN	%MÍNIMO DE REDUCCIÓN	MÉTODO DE MEDIDA DE REFERENCIA
Fósforo total	1 mg/l	80	Espectrofotometría de absorción molecular
Nitrógeno total	10 mg/l	70-80	Espectrofotometría de absorción molecular

#### 4.2.1 Cálculo de la capacidad nitrificante

La capacidad nitrificante de los procesos de fangos activados está relacionada con la  $DBO_5$  y el nitrógeno total Kjeldahl (NTK).

El NTK es la suma del nitrógeno amoniacal y del nitrógeno orgánico, no incluyendo al nitrógeno de nitritos y nitratos, por tanto, mide el nitrógeno total capaz de ser nitrificado a nitritos y nitratos y, posteriormente, desnitrificado a nitrógeno gaseoso.

A partir de los datos obtenidos de nitrógeno total, nitratos y nitritos, se han determinado las concentraciones de NTK, las cuales se muestran en la **figura 25**.

Comparando los valores obtenidos previamente para el Nitrógeno Total (**Figura 20a**), se observa, que ambas concentraciones siguen una evolución similar, encontrándose bajas concentraciones de NTK a la salida de la planta, lo que indica una baja disponibilidad de nitrógeno capaz de ser nitrificado.

La relación entre la fracción de microorganismos nitrificantes se puede conocer a partir de la relación  $DBO_5/NTK$  como se recoge en la **tabla 8**.

Los valores obtenidos de esta relación para la entrada y la salida se muestran en la **tabla 9**.

NTK

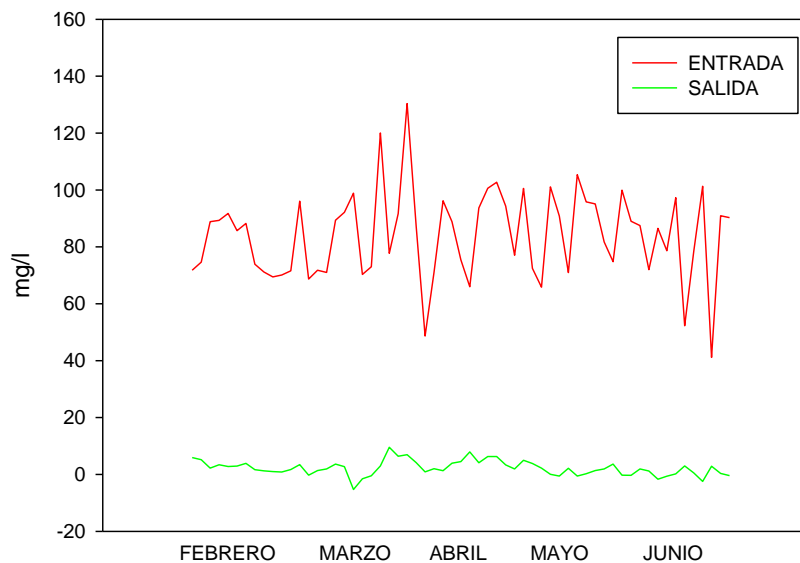


Figura 25: Evolución del Nitrógeno Total Kjeldahl.

Tabla 8: Relación entre la fracción de microorganismos nitrificantes y la relación  $DBO_5/NTK$

Relación $DBO_5/NTK$	Fracción de nitrificantes	Relación $DBO_5/NTK$	Fracción de nitrificantes
0,5	0,35	5	0,054
1	0,21	6	0,043
2	0,12	7	0,037
3	0,083	8	0,033
4	0,064	9	0,029

Fuente: [28]

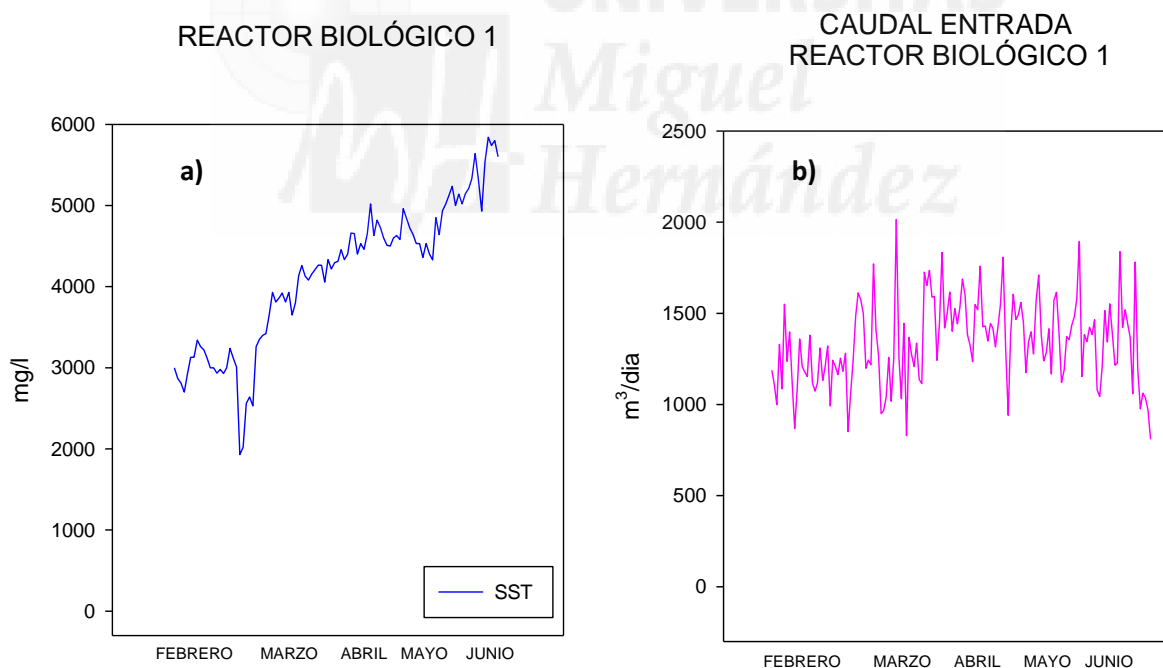
Tabla 9: Relación  $DBO_5/NTK$

	ENTRADA	SALIDA
$DBO_5/NTK$	$5,97 \pm 1,73$	$2,26 \pm 6,87$

Se han obtenido valores de la relación  $DBO_5/NTK$  mayores de 5 para la entrada, lo que indica que existe un proceso combinado de oxidación de la materia orgánica y nitrificación, pero con escasa influencia de la nitrificación. Por el contrario a la salida, se observan valores inferiores a 3, lo que indica un proceso de nitrificación.

## EVOLUCIÓN DE LOS REACTORES BIOLÓGICOS

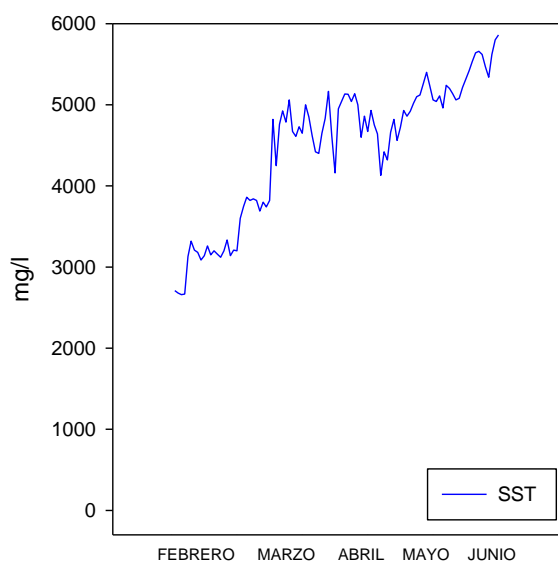
Para el correcto funcionamiento de los reactores, es necesario mantener una concentración de sólidos en suspensión en el Licor Mezcla (SSLM). La concentración de SSLM debe establecerse dentro de un rango comprendido entre 3000 y 6000 mg/l [29]. Las **figuras 26a** y **27a**, muestran la evolución de los sólidos en suspensión en los reactores y las **figuras 26b** y **27b** el caudal de entrada de agua a los reactores.



**Figura 26:** Evolución de los sólidos y caudal de entrada en el reactor biológico 1



REACTOR BIOLÓGICO 3



CAUDAL ENTRADA REACTOR BIOLÓGICO 3

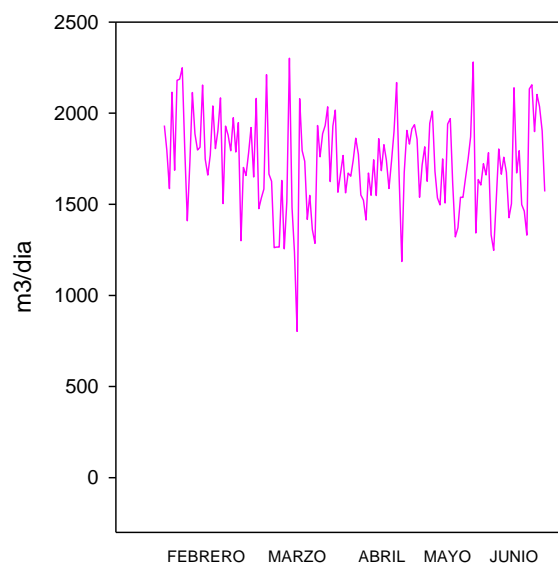


Figura 27: Evolución de los sólidos y caudal de entrada en el reactor biológico 2

Como se observa en las figuras 26 y 27, existe un claro aumento de la cantidad de sólidos en suspensión en ambos reactores. No obstante, la concentración se sitúa dentro del rango deseable anteriormente comentado. Dicha concentración depende de varios factores, entre los que se encuentran la relación de recirculación y la concentración del fango recirculado cuyos valores se recogen en la **tabla 10**.

Tabla 10: Caudal y concentración medias de las corrientes de recirculación

	RECIRCULACIÓN 1		RECIRCULACIÓN 3	
	Concentración	Caudal mensual	Concentración	Caudal mensual
Febrero	3519 mg/l	80226 m <sup>3</sup> /mes	3551 mg/l	105057 m <sup>3</sup> /mes
Marzo	4677 mg/l	87995 m <sup>3</sup> /mes	5260 mg/l	116811 m <sup>3</sup> /mes
Abril	5866 mg/l	83792 m <sup>3</sup> /mes	6263 mg/l	114547 m <sup>3</sup> /mes
Mayo	5569 mg/l	85810 m <sup>3</sup> /mes	5945 mg/l	120878 m <sup>3</sup> /mes
Junio	6992 mg/l	83319 m <sup>3</sup> /mes	7380 mg/l	116714 m <sup>3</sup> /mes

Los resultados obtenidos concuerdan con los anteriormente expuestos, obteniéndose un aumento en la concentración de sólidos en la recirculación y un aumento en el caudal recirculado.

Para evitar una concentración de SSLM mayor de la concentración de diseño, es necesaria la realización de purgas. El fango es extraído directamente de la línea de fango recirculado y la cantidad a purgar depende de la carga de la planta. Es preferible realizar pequeñas purgas diarias que una gran purga mensual.

Es importante también conocer los sólidos en suspensión volátiles presentes en el licor mezcla (SSLMV) al ser un sinónimo de sólidos de naturaleza orgánica. En ambos reactores los SSLMV presentan un 70% de los sólidos, lo que indica que el 70% de sólidos son biomasa activa, necesaria en los procesos biológicos.

#### 4.3.1 Cálculo de la carga másica y la carga volumétrica de los reactores biológicos

La carga másica (CM) se define como la relación entre la materia orgánica biodegradable que entra en el reactor por día y la biomasa que se tiene en el sistema.

La CM viene representada por tanto, por el cociente entre la cantidad de DBO que se introduce en el sistema por día y la masa de microorganismos existentes en el reactor. En la mayoría de las ocasiones se encuentra en la bibliografía datos de carga másica en función de los SSVLM o bien de los SSLM del sistema, en lugar de frente a la biomasa, debido a la mayor facilidad de determinación de estos últimos parámetros y en consecuencia una mayor facilidad de control de la instalación, viniendo en este caso expresada por:

$$CM = \frac{kg\ DBO/d}{kg\ SSLM}$$

Siendo:

- CM: carga másica (kg/kg\*día)
- Kg DBO/d: cantidad de DBO que se introduce al reactor por día
- Kg SSLM: cantidad de sólidos en suspensión en licor mezcla

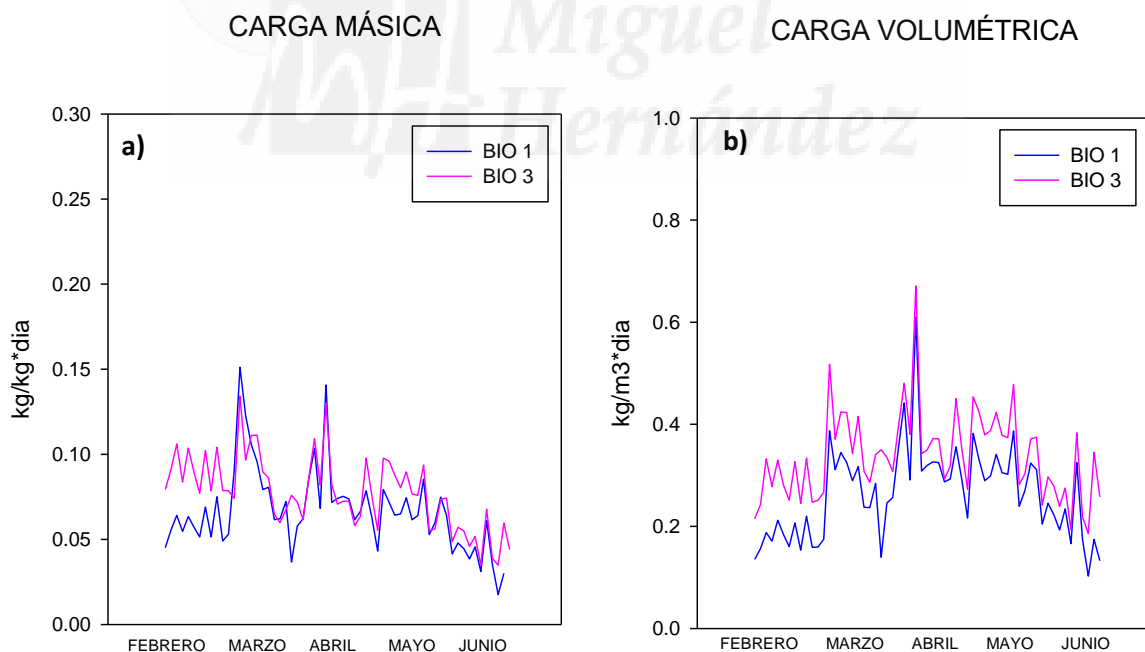
La carga volumétrica (CV) viene indicada por la relación existente entre los Kg de DBO que se introducen en el tanque de aireación por día y el volumen del tanque de aeración:

$$CV = \frac{kg\ DBO/d}{V(m^3)}$$

Siendo:

- CV: carga volumétrica (kg/m<sup>3</sup>\*día)
- Kg DBO/d: cantidad de DBO que se introduce al reactor por día
- V: volumen del reactor en m<sup>3</sup>

Debido a la importancia de la carga másica y la carga volumétrica de los reactores en el control de la EDAR, se han calculado dichas cargas para los dos reactores en funcionamiento cuyos resultados se muestran en las **figuras 28a y 28b**, respectivamente.



**Figura 28:** Carga másica y carga volumétrica

Se han obtenido mayores cargas másicas y volumétricas en el reactor biológico 3. Se observa una alta variabilidad entre los meses, pero un comportamiento similar para ambos reactores. Los valores medios obtenidos para las cargas se recogen en la **tabla 11**.

**Tabla 11:** Cargas másicas y volumétricas

Carga másica BIO 1 (kg/kg*día)	Carga másica BIO 3 (kg/kg*día)	Carga volumétrica BIO 1 (kg/m <sup>3</sup> *día)	Carga Volumétrica BIO 3 (kg/m <sup>3</sup> *día)
0,07 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,26 ± 0,09	0,34 ± 0,09

Atendiendo a los valores de carga másica y carga volumétrica, los procesos biológicos se pueden clasificar como se muestra en la **tabla 12**.

Los valores obtenidos permiten clasificar el proceso biológico llevado a cabo en ambos reactores como procesos de baja y muy baja carga. Estos valores son similares a los obtenidos en otros estudios mediante el mismo proceso biológico y a través de simuladores [30], [31].

**Tabla 12:** Clasificación de los procesos biológicos

Carga másica (kg/kg*día)	Proceso	Carga volumétrica (kg/m <sup>3</sup> *día)	Proceso
CM > 0,5	Alta carga	CV > 1,5	Alta carga
0,5 < CM < 0,2	Media carga	1,5 < CV < 0,6	Carga Media
CM < 0,2	Baja carga	0,6 < CV < 0,35	Baja Carga
		CV < 0,35	Muy baja carga

Fuente: [9]

### 4.3.2 Cálculo del tiempo de retención hidráulico y edad del fango

Los reactores de la EDAR de Santomera son de tipo flujo pistón, y como ya se ha comentado, trabajan con cargas másicas bajas. Este tipo de operación supone unos tiempos de retención elevados. A partir del volumen del reactor, el tiempo de residencia se define como.

$$T_r = \frac{V(m^3)}{Q \left(\frac{m^3}{h}\right)}$$

Siendo:

- $T_r$ : tiempo de retención hidráulico en horas
- $V$ : volumen del reactor ( $m^3$ )
- $Q$ : Caudal de entrada al reactor ( $m^3/h$ )

Los tiempos de retención hidráulica calculados se recogen en la **tabla 13**.

**Tabla 13:** Tiempos de retención hidráulica

Tiempo de retención hidráulico (horas)	
<b>Reactor Biológico 1</b>	45,06 ± 8,20
<b>Reactor Biológico 3</b>	34,79 ± 6,07

Se han obtenido altos valores de retención hidráulica de 45 y 34 horas para el reactor biológico 1 y 3, respectivamente. Los tiempos más altos se han obtenido en el reactor biológico 1, que, como ya se ha comentado anteriormente, trabaja con una carga másica inferior.

Es importante tener en cuenta que en los procesos de fangos activados, el tiempo de retención hidráulico es diferente al tiempo de residencia celular, debido a la recirculación de biomasa al reactor, lo que conlleva que los microorganismos estén mayor tiempo en el sistema.

El tiempo de residencia celular o edad de fango (EF) se calcula mediante la siguiente relación:

$$EF = \frac{(kg/m^3)SSLM * V (m^3)}{SS_f (\frac{kg}{m^3}) * Q_f (m^3/d)}$$

Siendo:

- EF: edad del fango (días)
- SSLM: cantidad de sólidos en suspensión en licor mezcla ( $kg/m^3$ )
- V: volumen del reactor ( $m^3$ )
- $SS_f$ : sólidos en suspensión en el licor mezcla ( $kg/m^3$ )
- $Q_f$ : caudal de purga ( $m^3/día$ )

Se han calculado las edades de fango en ambos reactores, cuyos resultados se recogen en la **tabla 14**.

**Tabla 14:** Edad del fango

	Edad fango (días)
<b>Reactor Biológico 1</b>	10,88 ± 2,10
<b>Reactor Biológico 3</b>	10,84 ± 2,67

Se ha obtenido una edad de fango de 10 días para ambos reactores de 10. Por tanto, se han obtenido edades de fango mucho mayores del tiempo de retención hidráulico. De esta forma, el fango llega a estabilizarse aeróbicamente debido a los prolongados periodos de aireación y al desequilibrio entre la cantidad de fango presente en el tanque y la cantidad de materia orgánica que llega. Por tanto, en la aireación prolongada el lodo que se produce es muy estable y no es necesario someter a los fangos a un tratamiento de estabilización de lodos.

#### 4.4) PH Y CONDUCTIVIDAD

Se han tomado medidas de pH tanto en el agua residual bruta como en el efluente. Los datos medios mensuales obtenidos se recogen en la **tabla 15**.

**Tabla 15:** Valores medios mensuales de pH

	pH Influyente	pH Efluente
<b>Febrero</b>	7,69	7,74
<b>Marzo</b>	7,68	7,65
<b>Abril</b>	7,61	7,76
<b>Mayo</b>	7,49	7,50
<b>Junio</b>	7,44	7,50

El pH del influente a la planta se encuentra próximo a 7,0 debido al gran aporte de agua residual de origen doméstico. Los valores obtenidos son los idóneos para el correcto funcionamiento ya que la mayor parte de los microorganismos que existen en los reactores biológicos no pueden tolerar niveles de pH por encima de 9,5 o por debajo de 4,5. Unos niveles de pH fuera de este rango pueden causar un deterioro del rendimiento de la depuración, dando lugar frecuentemente a un efluente turbio o un fango esponjado (“bulking”)

La conductividad eléctrica, como indicador de la salinidad de las aguas, es otro parámetro a controlar, debido a su incidencia en la reutilización para riego del agua depurada. Como se observa en la **tabla 16**, los valores obtenidos en el efluente se sitúan en torno a 2,5 mS/cm.

**Tabla 16:** Valores medios mensuales de Conductividad (mS/cm)

	Conductividad Influyente mS/cm	Conductividad Efluente mS/cm
<b>Febrero</b>	2.55	2.52
<b>Marzo</b>	2.62	2.64
<b>Abril</b>	2.84	2.51
<b>Mayo</b>	2.49	2.48
<b>Junio</b>	2.36	2.34

## B) LÍNEA DE FANGO

Las características de los sólidos del fango que se va a procesar, varían en función del origen de los sólidos y del fango, edad del fango, y tipo de procesos al que se ha sometido.

De acuerdo con su origen, en las plantas depuradoras urbanas, los fangos tienen la siguiente concentración (**tabla 17**)

**Tabla 17:** Composición del fango según su origen

Origen del Fango	% SSVLM
Primario	60-70
Secundario	70-85
Mixtos	65-75

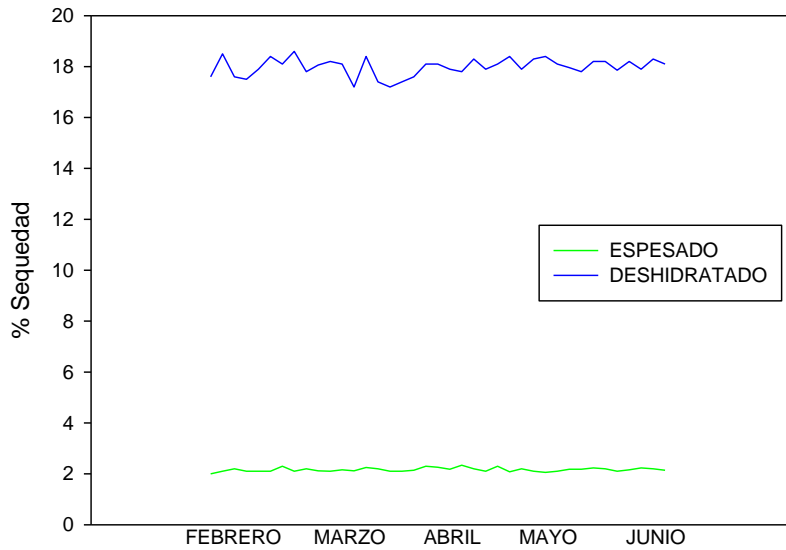
(Fuente: [9])

Se ha calculado el porcentaje de sólidos volátiles presentes en el fango procedente de los decantadores secundarios obteniéndose valores ligeramente superiores al 70%, un valor dentro del rango para los fangos secundarios según la bibliografía. Los valores de SSV para los fangos espesados y deshidratados, se sitúan también entorno al 71%.

Un parámetro muy importante a la hora de controlar el fango, es conocer su porcentaje de materia seca. Se ha calculado dicho porcentaje en el fango espesado y deshidratado según la metodología explicada en el apartado 3.3 y los resultados se muestran en la **figura 29**.

Se observa en el fango espesado de un porcentaje de sequedad del 2,2% muy constante durante los meses analizados. El alto valor obtenido de materia seca en el deshidratado (18%), confirma el buen funcionamiento de la etapa de deshidratación. Este contenido presenta una mayor variabilidad debida, entre otros factores, a su dependencia de la cantidad de polielectrolito empleado. Este grado de sequedad hace que sean fácilmente evacuables de la planta depuradora a destino final, puesto que se trata de un producto en estado sólido.



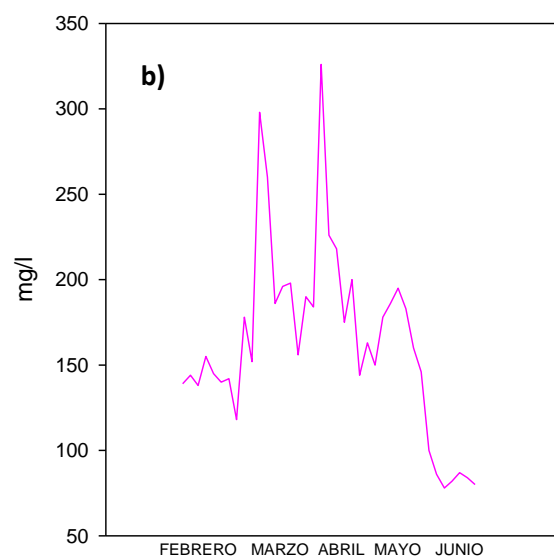
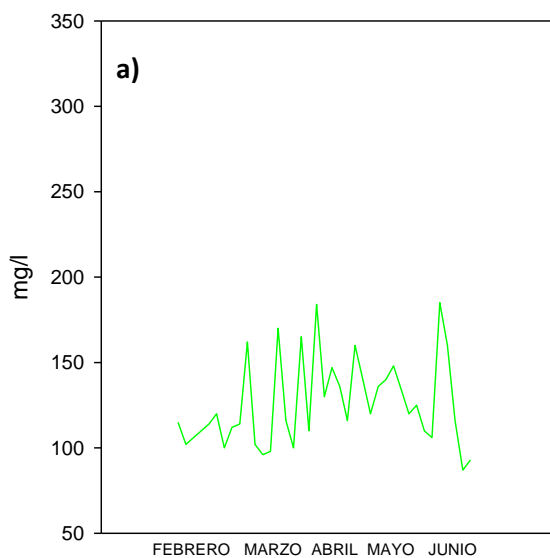


**Figura 29:** Evolución de la sequedad en fango espesado y deshidratado

Otro parámetro a controlar, es el contenido de sólidos en suspensión presentes en el sobrenadante que se origina en el espesador y el escurrido de la centrífuga ya que ambos retornan a la cabeza de tratamiento. Los datos de los sólidos en suspensión del sobrenadante y del escurrido se muestran en las **figuras 30a** y **30b**, respectivamente.

SOBRENADANTE ESPESADOR

ESCURRIDO CENTRÍFUGA



**Figura 30:** Sólidos en suspensión en el sobrenadante del espesador y en el escurrido de la centrífuga

Se observa una alta variabilidad en estos parámetros encontrándose mayores concentraciones de sólidos en suspensión en el escurrido de la centrífuga, con una concentración media de  $163,3 \pm 55,6$  mg/l. La concentración media de sólidos en suspensión en el sobrenadante del espesador es de  $125,7 \pm 25,9$  mg/l. Estas bajas concentraciones son las deseables, ya que mayores concentraciones supondrían un mayor grado de contaminación a la entrada.



## 5. CONCLUSIONES

Se ha realizado un diagnóstico ambiental de la Estación depuradora de Santomera (Murcia)

A partir del estudio de las entradas y salidas que tienen lugar en los distintos procesos de la EDAR, se han identificado y valorado los diferentes aspectos ambientales e impactos potenciales de la EDAR. Se han obtenido tres impactos ambientales significativos: los fangos producidos, el vertido de agua depurada y el consumo eléctrico.

El alcance de este diagnóstico ha sido la valoración del aspecto ambiental relacionado con el vertido de agua depurada, estableciendo una metodología para la evaluación de dicho aspecto.

Las bajas concentraciones obtenidas en el efluente de la demanda bioquímica de oxígeno (6 mg/l), la demanda química de oxígeno (40 mg/l), el nitrógeno total (5 mg/l), el fósforo (1,6 mg/l) y los sólidos en suspensión (3 mg/l) cumplen con la normativa descrita en el Real Decreto 509/1996, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

El funcionamiento de la etapa de deshidratación es bastante bueno, obteniéndose un fango deshidratado con una sequedad próxima al 18%.

Estas bajas concentraciones indican un funcionamiento óptimo de las instalaciones, así como un adecuado proceso de depuración según las características del efluente, siendo esto un punto de partida idóneo para el establecimiento de un sistema de gestión ambiental.

Tras el análisis realizado en esta memoria, queda reflejado que es preciso no sólo la construcción de plantas depuradoras de aguas residuales, sino un perfecto mantenimiento y explotación de las mismas, de manera que sea posible conseguir la disminución de los impactos ambientales asociados.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Meybeck, M., 1998. Man and river interface: Multiple impacts on water and particulates chemistry illustrated in the Seine River basin. *Hydrobiologia*, 373/374, 1-20.
- [2] Melgarejo, J., 2009. Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España. *Cim Economía* 15, 245-270.
- [3] Iglesias, R., Ortega, E., 2008. Present and future of wastewater reuse in Spain. *Desalination* 218, 105-119.
- [4] Hernández-Muñoz, A., 1994. *Depuración de Aguas Residuales* (3ª edición). Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos. Colección Señor nº9, Madrid.
- [5] Metcalf, Eddy, 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, fourth ed., McGraw Hill.
- [6] Petrovic, M., Gonzalez, S., Barcelo, D., 2003. Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. *TRAC-Trends Anal. Chem.* 22 (10), 685-696.
- [7] Barceló, D., López de Alda, M.J., 2008. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC (Barcelona). <http://www.unizar.es/fnca/variados/panel/15.pdf> (Último acceso el 27 de Agosto de 2015).
- [8] Molinos, M., Hernández, F., Sala, R., 2012. Estado actual y evolución del saneamiento y la depuración de aguas residuales en el contexto nacional e internacional. *Anales de Geografía* , 32 (1), 69-89.
- [9] Sainz-Sastre, J.A., 2005. *Tecnologías para la Sostenibilidad. Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de Aguas Residuales*. Edita Fundación EOI. Madrid.
- [10] Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., 2010. *Análisis del agua*. Barcelona: Ed. Omega.

- [11] Ardern, E., Lockett, W.T., 1914. Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters. J. Soc. Chem. Ind. 33 (10), 523–539.
- [12] Trapote, A., 2011. Depuración de aguas residuales urbanas. Publicaciones de la Universidad de Alicante. Alicante
- [13] SIA (Sistema Integrado de Información del Agua), 2015. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/sia/> (Último acceso el 27 de Agosto de 2015).
- [14] INE (Instituto Nacional de Estadística), 2015. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft26%2Fp067%2Fp01&file=inebase&L=> (Último acceso el 9 Febrero de 2015).
- [15] ESAMUR (Entidad de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia) <http://www.esamur.com/>
- [16] NTP 576: Integración de sistemas de gestión: prevención de riesgos laborales, calidad y medio ambiente
- [17] ISO 14001:2004 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso
- [18] Taure-López E. 2002. Implantación de un sistema de gestión ambiental certificable según la norma ISO 14001 en una depuradora de aguas residuales urbanas. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins de Barcelona. Barcelona.
- [19] Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- [20] Real Decreto 509/1996, de 15 de Marzo, de desarrollo del Real Decreto Ley 11/1995, de 28 de Diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas
- [21] Real Decreto Ley 11/1995, de 28 de Diciembre, sobre normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- [22] Ley 3/2000, de 12 de julio, de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia e Implantación del Canon de Saneamiento.
- [23] 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.

- [24] Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- [25] APHA, AWWA, APLF, 1992. Métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales. American Public Health Association Enc. New York.
- [26] Canals, J., 2004. Descripción del Proceso Orbal. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Disponible en <http://www.conama.org/documentos/2062.pdf> (Último acceso el 9 Febrero de 2015).
- [27] Carberry J., Tenney M., 1973. Luxury Uptake of Phosphate by Activated Sludge. Water Pollution Control Federation, 45 (12), 2444-2462.
- [28] Ekama, G.A., Siebritz, P., Marais, V.R., 1983. Considerations in the process desing of nutrient removal activated sludge processes. Water Sci Technol 15, 283-318.
- [29] *Manual de operación ORBAL*, CIDA HIDROQUÍMICA SA.
- [30] Mantziaras, I.D., Katsiri, A., 2011. Reaction rate costants and mean population percentage for nitrifiers in a alternating oxidation ditch system. Biosyst Eng 34, 57-65.
- [31] Liu, Y., Shi, H, Xia, L., Shi, H., Shen, T., Wang, Z., Wang, G., Wang, Y., 2010. Study of operational conditions of simultaneous nitrification and denitrification in a Carrousel oxidation ditch for domestic wastewater treatment. Bioresource Technology 101, 901-906.