

*MÁSTER PROFESIONAL EN INGENIERÍA Y GESTIÓN
MEDIOAMBIENTAL 2009-2010*

*DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DEPURADORA DE
AGUAS RESIDUALES URBANAS PARA LA REDUCCIÓN
DE NUTRIENTES EN LAS TABLAS DE DAIMIEL*

JORGE ÁLVAREZ GÓMEZ-CANO

1.	INTRODUCCIÓN.	3
2.	OBJETO.	4
3.	EMPLAZAMIENTO DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES.	5
4.	BASES DE PARTIDA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES.	6
5.	LÍNEA DE AGUA	8
5.1	PRETRATAMIENTO.	8
5.1.1	POZO DE GRUESOS	8
5.1.2	CANALES DE DESBASTE	9
5.1.3	DESARENADOR-DESENGRASADOR	11
5.2	TRATAMIENTO PRIMARIO.	13
5.2.1	DECANTACIÓN PRIMARIA.	13
5.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO	16
5.3.1	REACTOR BIOLÓGICO	16
5.3.2	DECANTACIÓN SECUNDARIA	25
6.	LÍNEA DE FANGOS.	27
6.1	ESPESADOR	28
6.2	DIGESTIÓN ANAEROBIA	29
6.3	DESHIDRATACIÓN.	29
6.4	GENERACIÓN DE GAS	30
6.5	ELIMINACIÓN FÓSFORO.	32
7.	RESÚMEN	33
8.	BIBLIOGRAFÍA.	38
9.	ANEXO I.	39

1. Introducción.

En el presente documento se recogen todos los datos correspondientes a la elaboración del diseño de una Estación Depuradora de Aguas Residuales Urbanas ubicada en Las Tablas de Daimiel, Ciudad Real. Se pretende dar una visión general de las etapas que componen una Planta Depuradora, con sus procesos implicados, diseñando tanto la línea de Agua como la línea de Fangos.

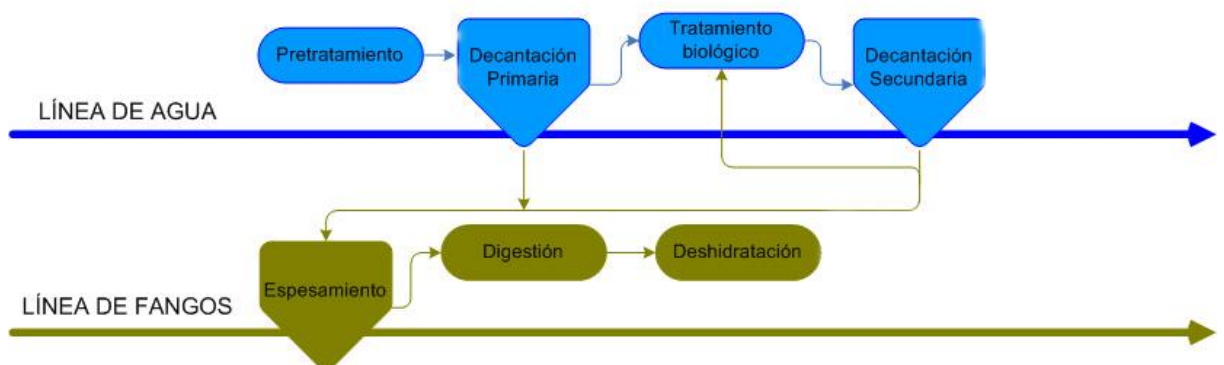
Estos datos provienen de la realización de cálculos matemáticos que se adjuntan en formato "excel".

2. Objeto

El objetivo de este documento es realizar el diseño de una Estación Depuradora de Aguas Residuales Urbanas a partir de unas bases iniciales de partida y unos niveles de vertido finales que cumplan con todos los requisitos marcados por la legislación aplicable. Además, durante el diseño, se verá cómo afecta la variación de diferentes parámetros, tales como temperatura, concentración de DBO5 etc. en el dimensionamiento de los diferentes procesos unitarios de la Planta Depuradora.

El esquema básico de la Estación Depuradora de Aguas Residuales es el siguiente:

CROQUIS E.D.A.R.

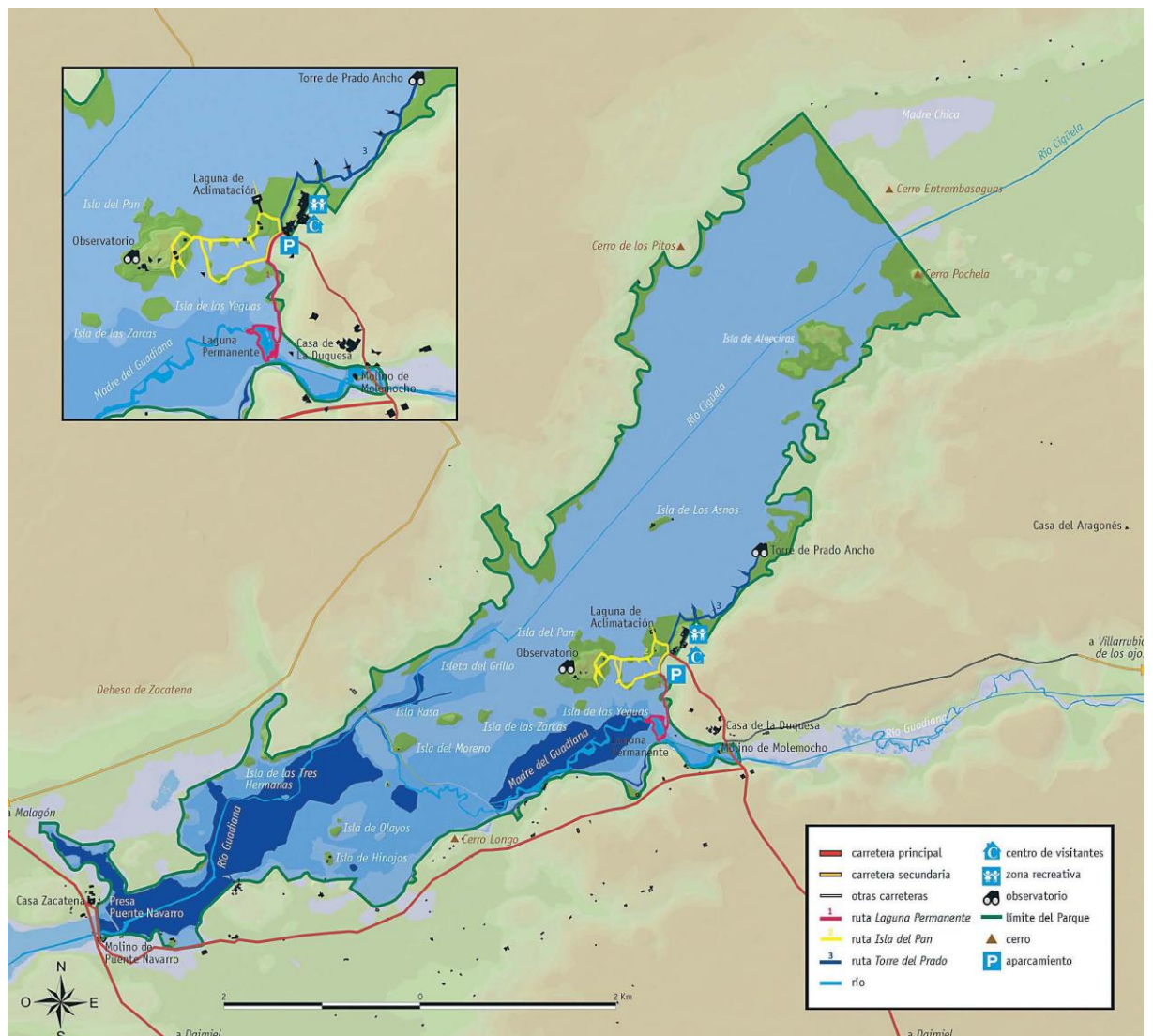


Al encontrarse la Planta Depuradora en una zona catalogada como "sensible", según RD 509/1996¹, uno de los objetivos de especial importancia de eliminación de contaminantes será la reducción de nutrientes, fósforo y nitrógeno, lo que determinará un tratamiento más riguroso que en el caso de vertido a "zona menos sensible"

¹ Ver Anexo I

3. Emplazamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales.

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, el lugar donde se encontrará la Estación Depuradora de Aguas Residuales será *Las Tablas de Daimiel, Ciudad Real*. Zona catalogada como "sensible" según RD 509/1996 lo que determinará un tratamiento más riguroso, en concreto en la reducción de nutrientes.



4. Bases de Partida para el Dimensionamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales.

En las bases de partida para el dimensionamiento de la Estación Depuradora, lo primero que se tendrá en cuenta son los caudales de dimensionamiento, que dependen del volumen diario de agua residual que llega a la planta y de la población equivalente, es decir el número de habitantes equivalentes. En segundo lugar se tendrá en cuenta, la temperatura y las características de la contaminación del agua bruta, del agua de entrada a la Estación. Lo último a tener en cuenta será las características del efluente, el agua tratada, es decir, los resultados a obtener en la reducción de la contaminación. Estos resultados son los marcados en la Directiva 91/271/CEE, sobre tratamiento de Aguas Residuales Urbanas. (Ver Anexo I)

Dichos datos se muestran a continuación:

CAUDALES DE DIMENSIONAMIENTO E.D.A.R.:			
	Número de habitantes-equivalentes	100.000	Hab-Equiv.
	Volúmen diario de agua residual .	20.000	m3.
	Caudal medio horario	833	m3/h.
	Caudal punta de Trat.Biologico..	1100	m3/h.
	Caudal Máximo	1358	m3/h.
CARACTERÍSTICAS DE LA CONTAMINACION.			
	<u>DBO5 :</u>		
	Concentración media entrada	300,00	mg/l.
		60,00	gr/hab.dia
	Carga diaria	6000,00	Kg/día.
	<u>DQO:</u>		
	Concentración media entrada	600,00	mg/l.
		120,00	gr/hab.dia
	Carga diaria	12000,00	Kg/día.
	<u>Sólidos en suspensión:</u>		

	Concentración media entrada	350,00	mg/l.
		350,00	gr/hab.día
	Carga diaria	7000,00	Kg/día.
	<u>Nitrógeno</u>		
	Concentración media NTK	45,00	mg/l.
	Carga diaria NTK	900,00	Kg/día.
	<u>Fosforo</u>		
	Concentración media P	10,00	mg/l.
	Carga diaria P	200,00	Kg/día.
TEMPERATURA DE DISEÑO			
	Temperatura	16	°C
RESULTADOS A OBTENER.			
	<u>Características del agua depurada:</u>		
	DBO5	25,00	mg/l.
	DQO	125,00	mg/l.
	S.S	35,00	mg/l.
	NTK	10,00	mg/l.
	Pt	1,00	mg/l.

5. Línea de Agua

A continuación se describirá el dimensionamiento de los distintos procesos de la línea de Agua teniendo en cuenta los datos de partida del apartado anterior y parámetros de diseño específicos de cada uno de los procesos. Se mostrarán las diferentes soluciones adoptadas². De las soluciones posibles en todos los cálculos realizados, de apartados posteriores, en todos los casos, se seguirá como criterio de adopción de resultados el caso más desfavorable.

5.1 Pretratamiento

Es un conjunto de operaciones de tipo físico cuyo objetivo es eliminar sólidos de gran tamaño para la protección de equipos posteriores, evitando su deterioro y mejorando el rendimiento.

Antes de la entrada al pretratamiento se dispondrá de un canal de "by-pass" para derivar todo el agua que sobrepase el caudal máximo.

5.1.1 Pozo de Gruesos

Los parámetros de diseño para el dimensionamiento del Pozo de Gruesos son, generalmente, la carga superficial y el tiempo de retención hidráulico tanto a Caudal Medio como a Caudal Máximo:

² Las soluciones mostradas en este documento, correspondientes a los cálculos matemáticos han sido realizados en una hoja "excel" que se adjunta en el CD entregado.

Parámetros de Diseño		
Caudal Medio	833	m3/h.
Caudal Máximo	1358	m3/h.
Carga superficial		
A caudal máximo	<250,00	m3/m2/h
A caudal medio	<150,00	m3/m2/h
Tiempo de retención		
A caudal máximo	>15,00	s
A caudal medio	>60,00	s

Los resultados obtenidos de volúmen, superficie y altura del Pozo de Gruesos se muestran a continuación:

Volúmen		
A caudal máximo	5,66	m3
A caudal medio	13,89	m3
Volúmen adoptado	13,89	m3
Superficie		
A caudal máximo	5,43	m2
A caudal medio	5,56	m2
Superficie adoptada	5,56	m2
Altura	2,50	m

Como se puede observar en el caso del volúmen, es que a mayor tiempo de retención más volúmen de Pozo de Gruesos se requerirá.

5.1.2 Canales de Desbaste

5.1.2.1 . Rejas de Gruesos y Rejas de Finos

Las rejas consisten básicamente en un conjunto de barras metálicas colocadas transversalmente a la dirección del flujo. Primero se colocará una reja para la retención de gruesos y a continuación se colocará una reja para la retención de finos.

Los parámetros de diseño son los siguientes:

Parámetros de Diseño		
Caudal Medio	833	m ³ /h.
Caudal Máximo	1358	m ³ /h.
Velocidad máx. en canal	<0,70	m/s
Velocidad mín. en canal	>0,30	m/s
Velocidad máx. en rejas	<1,50	m/s
Atascamiento máximo	30	%
Ancho pletinas Gruesos	6,00	mm
Luz libre entre pletinas Gruesos	20,00	mm
Luz libre entre pletinas Finos	3,00	mm
Ancho pletinas Finos	3,00	mm

Los resultados obtenidos de los cálculos matemáticos:

Rejas Gruesos		
Superficie		
A caudal máximo	0,47	m ²
A caudal medio	0,61	m ²
Superficie adoptada Gruesos	0,61	m ²
Superficie mojada	0,64	m ²
Longitud barrotes	1,27	m
Rejas Finos		
Superficie		
A caudal máximo	0,72	m ²
A caudal medio	0,94	m ²
Superficie adoptada Finos	0,94	m ²
Superficie mojada	0,98	m ²
Longitud barrotes	1,96	m

Por motivos de operación, la superficie necesaria para cada uno de los tipos de rejas se repartirá en dos canales, para evitar decantación en aquellos momentos en que el caudal disminuya, dejando abierto, en este caso, un solo canal. Por lo tanto:

Rejas		
Número Canales	2	
Superficie Gruesos	0,30	m2
Superficie Mojada Gruesos	0,31	m2
Longitud Barrotes	0,63	m
Superficie Finos	0,47	m2
Superficie Mojada Finos	0,48	m2
Longitud Barrotes	0,97	m

5.1.3 Desarenador-Desengrasador

Este proceso es el siguiente que se instalará en la Estación Depuradora. El objetivo es eliminar aquellos sólidos en suspensión de densidad elevada, mayoritariamente de naturaleza inorgánica, por decantación selectiva. Además se produce una separación sólido-líquido a consecuencia de la menor densidad de aceites y grasas con respecto al agua.

La siguiente tabla muestra los parámetros de diseño:

Parámetros de Diseño		
Caudal Medio	833	m3/h.
Caudal Máximo	1358	m3/h.
Carga Hidráulica a caudal máximo	<30,00	m ³ /m ² /h
Carga Hidráulica a caudal medio	<10,00	m ³ /m ² /h
Tiempo de retención máximo	>5,00	min
Tiempo de retención medio	>20,00	min

Obteniendo los siguientes valores de los parámetros calculados:

Superficie horizontal		
A caudal Máximo	45,26	m2
A caudal Medio	83,33	m2

Superficie horizontal adoptada	83,33	m ²
Volúmen		
A caudal Máximo	113,14	m ³
A caudal Medio	277,78	m ³
Volúmen adoptado	277,78	m ³
Altura	3,33	m

La preaireación en el desarenador-desengrasador:

Parámetros de Diseño		
Caudal Aire Medio	5	Nm ³ /h/m ²
Caudal Aire Máximo	8	Nm ³ /h/m ²

Caudal de aireación a Caudal Medio		
Caudal de aireación a Caudal Medio	416,67	Nm ³ /h
Caudal de aireación a Caudal Maximo	666,67	Nm ³ /h
Caudal adoptado	666,67	Nm ³ /h
Número de difusores		
Caudal unitario difusores	40,00	Nm ³ /h
	16,67	Nm ³ /h

5.2 Tratamiento Primario³

5.2.1 Decantación Primaria.

El objeto de la decantación es conseguir depositar las partículas que se encuentran en suspensión en el agua, extrayendo éstas en forma de fangos que pasarán a la Línea de Fangos. Se obtiene además un líquido claro sobrenadante.

Este es el primer proceso en el que se puede considerar la eliminación de agentes contaminantes del agua.

En este proceso, se eliminan principalmente sólidos de naturaleza orgánica, es decir, se elimina DBO5 asociada a sólidos. El rendimiento está en torno al 70 % de sólidos en suspensión y una tercera parte de eliminación de DBO5 del agua bruta. Los fangos obtenidos se encuentran bastante diluidos, están en torno al 1-2% de concentración.

Se escogerá un decantador circular de tracción periférica con un sistema de barrido radial.

Los cálculos del dimensionamiento comienzan con los siguientes parámetros de diseño:

Parámetros de Diseño		
Caudal Medio	833	m ³ /h.
Caudal Máximo	1358	m ³ /h.
Carga Superficial a caudal máximo	<2,50	m ³ /m ² /h
Carga Superficial a caudal medio	<1,00	m ³ /m ² /h
Tiempo de retención a caudal máximo	>1,00	h
Tiempo de retención a caudal medio	>3,00	h

Obteniendo como resultados:

Superficie horizontal		
A caudal Máximo	543,09	m2
A caudal Medio	833,33	m2
Superficie horizontal adoptada	833,33	m2
Diámetro	32,57	m
Volúmen		
A caudal Máximo	1357,72	m3
A caudal Medio	2500,00	m3
Volúmen adoptado	2500,00	m3
Altura	3,00	m

El tratamiento primario constará de dos decantadores circulares dispuestos en paralelo

Decantación Primaria		
Número Decantadores	2	
Superficie	416.66	m2
Diámetro	23.03	m
Volúmen	1250	m3
Altura	3	m

Los valores de contaminantes a la salida del tratamiento primario, (que serán los que entren al tratamiento secundario), con un rendimiento del 70 % para Sólidos en Suspensión y un 30% para DBO5, son los siguientes:

³ Las soluciones mostradas en este documento, correspondientes a los cálculos matemáticos han sido realizados en una hoja "excel" que se adjunta en el CD entregado

	Entrada Tratamiento Primario	Salida Tratamiento Primario	
DBO5 :			
Concentración media	300	210	mg/l.
Carga diaria	6000	4200	Kg/día
			.
Sólidos en suspensión:			
Concentración media	350	55	mg/l.
Carga diaria	7000	1100	Kg/día
			.

5.3 Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario para esta instalación será un proceso biológico de fangos activos con la reducción de nutrientes.

Los tratamientos biológicos se encargan de eliminar la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales a través de microorganismos, además vía procesos biológicos se pueden reducir nutrientes como compuestos de nitrógeno y fósforo. En este caso, al verter la planta depuradora a una zona catalogada "sensible" según la normativa se incluirá dicha reducción de nutrientes, con lo que la línea de proceso tendrá las siguientes zonas diferenciadas:

- **Zona Anaerobia:** Se producen reacciones bioquímicas en ausencia de oxígeno disuelto. Se producen ácidos grasos volátiles utilizados por las bacterias para transformar polifosfatos en fosfatos disueltos asimilables por las bacterias.
- **Zona Anóxica** Existe deficiencia de oxígeno, al existir fuente alternativa de oxígeno se produce la desnitrificación
- **Zona Facultativa:** Esta zona puede actuar como anóxica y óxica. En función del Nitrógeno se requerirá mayor o menor volumen de zona óxica o anóxica, esto se conseguirá regulando y controlando el oxígeno disuelto.
- **Zona Aerobia:** Es una cámara en la que se producen reacciones bioquímicas con oxígeno disuelto. Se produce también una asimilación del fósforo disuelto proveniente de la cámara anaerobia. La acumulación del fósforo se realiza en mayor medida que la liberación.

Se dispondrá de un canal "by-pass" a la entrada del tratamiento secundario que recogerá el caudal que no puede ser tratado biológicamente.

5.3.1 Reactor Biológico⁴

A continuación se muestran las características tanto del influente de entrada al reactor biológico como el efluente:

⁴ Las soluciones mostradas en este documento, correspondientes a los cálculos matemáticos han sido realizados en una hoja "excel" que se adjunta en el CD entregado

	Entrada Reactor Biológico	Salida Tratamiento Secundario	
DBO5 :			
Concentración media	210	25	mg/l.
Carga diaria	4200	500	Kg/día
Sólidos en suspensión:			
Concentración media	55	35	mg/l.
Carga diaria	1100	700	Kg/día
DQO			
Concentración media	360	125	mg/l.
Carga diaria	7200	2500	Kg/día
Nitrógeno			
Concentración media	45	10	mg/l.
Carga diaria	900	200	Kg/día
Fósforo			
Concentración media	10	1	mg/l.
Carga diaria	200	20	Kg/día
Temperatura		16	°C

Para la realización de los cálculos del reactor biológico se seguirán las siguientes pautas:

1. Edad del Fango para Nitrificar

Primero se realiza una caracterización del Nitrógeno total Kjeldahl

NTK	45,00	mg/l.	
<u>N amoniacal (65% NTK)</u>	29,25	mg/l.	
	<u>Disponible</u>	27,81	mg/l.
	<u>En fangos</u>	1,44	mg/l.
<u>N organico (35% NTK)</u>	15,75	mg/l.	
	<u>Soluble (30% N organico)</u>	4,73	mg/l.
		<u>Biodeg.</u>	3,596 mg/l.
		<u>No biodeg.</u>	1,125 mg/l.
	<u>Particulado (70% N org.)</u>	11,03	mg/l.
		<u>Biodeg.</u>	8,82 mg/l.
		<u>No biodeg.</u>	2,21 mg/l.
	N-NO3 Entrada	29.00	ppm
	N-NO3 salida	6.91	ppm

Los caudales a tener en cuenta serán los siguientes:

Caudal Medio	833	m3/h.
Caudal Máximo	1358	m3/h.

Seguidamente se calcula la Edad del Fango:

$$(1-fx) = S * \frac{(bnT + 1/E)}{unmT}$$

Teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

S Factor de Seguridad de proceso.....	1,50		
bnT Coef. de decrecimiento de bacterias Nitrif.....	0,0357		
unmT Coef. de crecimiento de bacterias Nitrif.....	0,3144	u20	0,50
fx Fracción zona anóxica.....	30%		
Fracción zona óxica.....	70%		
E, Edad del Fango	>9,01		

Para este cálculo de la Edad del Fango, se parte de una fracción de zona anóxica del 30%.

2. Concentración de Nitrógeno amoniacal que no se nitrifica, Na

$$Na = \frac{KnT * (bnT+1/E)}{unmT * (1-fx) - (bnT+1/E)}$$

Na	1,26	mg/l
KnT Coeficiente saturación nitrificación	0,63	

3. Volúmen necesario de zona anóxica.

Para el cálculo del volumen necesario de zona anóxica (fx), se despejará de la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que Dc es la máxima concentración de Nitrógeno que se desnitrifica en zona óxica.

$$Dc = Sbi * \left[\frac{fbs * (1 - P * Y)}{2,86} + \frac{Y * E * K2 * fx}{1 + bhT * E} \right]$$

Recalculada la fracción de zona anóxica se recalculará la edad del fango.

Dc	26,55	mg/l	
Sbi	315	mg/l	
fbs	0,33		
P (DQO/SSV)	1,50		
Y coef. Crecimiento bacterias heterótrofas	0,45	mgSSV/mgDQO	$0,24 * 1,029^{(T-20)}$
K2 Coef. Desnitrificación	0,074	mgN-NO3/mgSSV	$0,1 * 1,08^{(T-20)}$
bhT Coef. Decrecimiento bacterias heterótrofas	0,21		
Recalculo fx			
fx	46%		
Fracción Zona óxica	54%		
Recalculo E			
E	12,90	días	

Obtenidos estos resultados, se calculará el volumen del reactor biológico, con diferentes parámetros, para obtener el valor exacto de las diferentes fracciones de zona anaerobia, anóxica, óxica y facultativa.

$$\text{Edad del fango} = \frac{MLSS * V}{Qd * (DBO5e - DBOs) * T} > 12,90 \text{ días}$$

Volúmen mínimo 17309,16 m3.

$$\text{Carga másica} = \frac{Qd * DBO5e}{MLSS * V} < 0,2 \text{ kgDBO5/kgMLSS/d}$$

**Volúmen
mínimo** **7000** m3.

$$\text{TRH} = \frac{V}{Q_m} > 8 \text{ h}$$

**Volúmen
mínimo** **6666,67** m3.

De los resultados obtenidos:

Volúmen mínimo adoptado	17309,16	m3.
Vol. Zona Anóxica	7960	m3.
Vol. Zona Óxica	9346,95	m3.
Vol. Zona Facultativa (20% Z. Óxica)	1869,39	m3.

Además se incluirá la cámara anaerobia, mencionada al comienzo del apartado, al inicio del reactor biológico aumentando el volúmen total del reactor biológico:

Vol. Zona Anaerobia (1.5*Qm)	1250,00	m3.
-------------------------------------	---------	-----

A continuación se detallan los cálculos de Necesidades de oxígeno, aireadores y recirculaciones:

Necesidades de Oxígeno		
a, Factor de síntesis	0,62	kgO2/kgDBO5a/día
b, Factor de endogénesis	0,10	kgO2/kgMLSSV/día
c, Factor Nitrificación	4,33	kgO2/kgN-NH4a/día
d, Factor desnitrificación	2,80	kgO2/kgN-NO3a/día
e, Coeficiente punta DBO5	1,50	
e2, Coeficiente punta Caudal	1,63	
e3, Coeficiente de Simultaneidad	0,70	
Necesidades O2 Caudal medio		

Necesidad O ₂ para síntesis células	2294,00	kg O ₂ /día
Necesidad O ₂ para resp. Endógena	3583,00	kg O ₂ /día
Necesidad O ₂ para Nitrificación	2060,95	kg O ₂ /día
Necesidad O ₂ para Desnitrificación	1430,69	kg O ₂ /día
Oxígeno teórico	271,14	kg O₂/h
Necesidades O₂ Caudal punta		
Necesidad O ₂ para síntesis células	3737,53	kg O ₂ /día
Necesidad O ₂ para resp. Endógena	3583,00	kg O ₂ /día
Necesidad O ₂ para Nitrificación	3357,83	kg O ₂ /día
Necesidad O ₂ para Desnitrificación	2015,46	kg O ₂ /día
Oxígeno teórico	360,95	kg O₂/h
Oxígeno en Condiciones Reales		
Coefficiente alfa	0,65	
Coefficiente beta	0,90	
Coefficiente sat. L. Mezcla, C _s	10,37	
Corrección altura balsas, C _h	1,25	
Conc. Oxígeno, C _o	2,00	ppm
Coef. Sat. 15°C, C _{s15}	10,15	
Coef. Sat. 25°C, C _{s25}	8,38	
Altitud	606	m
Coefficiente Altitud, C _a	0,20	
Factor de corrección (25°C)	0,175	
Oxígeno Real		
Oxígeno Medio	1552,652	kg O₂/h
Oxígeno Punta	2066,991	kg O₂/h
Coef. Med. O ₂ sobre DBO elimin.	10,07	KgO ₂ /kgDBO _{5a}
Coef. Max. O ₂ sobre DBO elimin.	8,23	KgO ₂ /kgDBO _{5a}

Aireadores superficiales Turbinas		
Coefficiente Alfa	0,95	
Potencia Especifica	1,75	kgO2/kw
Número Equipos	15,00	
Potencia Unitaria	30,00	Kw
Potencia Necesaria	1181,138	Kw
Burbuja Fina		
Peso Sm3 de aire, P	1,25	kg/Sm3
Conc. O2 en el aire, Po	24%	
Rend. Trans. Por m Prof, Re	0,05	
Transferencia de Oxígeno, To	0,01	kgO2/Sm3
Potencia Especifica	2,50	kgO2/kw
Caudal aire necesario	153997,45	Sm3/h
Potencia Total	366,00	Kw
Recirculaciones		
Recirculación Externa $Q_h * SS + r * Q_h * C_p = Q_h * (1+r) * MLSS$		
Concentración Purga, Cp	7000,00	ppm
Recirculación Externa, r	74%	100%
Recirculación interna $Q_h * N - NO3e = Q_h * (1+r+r') * N - NO3s$		
Recirculación Externa, r	100%	
Recirculación Interna	211%	

La recirculación externa de los fangos biológicos es la que se realiza del decantador secundario al reactor biológico. Es necesaria ya que el agua que está constantemente llegando al reactor biológico desplaza los fangos al decantador secundario. Esta recirculación permite mantener una concentración adecuada de biomasa en la balsa biológica. Se realiza tanto a zona anaerobia como a zona anóxica. Los fangos en exceso generados, debido al crecimiento de nuevos microorganismos, se purgan e inmediatamente llevados a la línea de fangos.

Por otro lado, la recirculación interna se realiza en el propio reactor biológico, de zona óxica a zona anóxica para la nitrificación-desnitrificación.

Los resultados mostrados en tabla anterior se han realizado con las bases de partida y los datos de salida del tratamiento primario. Lo siguiente será comprobar el efecto de diferentes parámetros en las dimensiones del reactor para ver las opciones a tener en cuenta.

Los parámetros a variar son los siguientes:

-DBO5: Al aumentar la concentración de DBO5 que entra en el reactor biológico (numerador de la ecuación) se puede observar cómo aumenta el volumen mínimo necesario:

$$V = \frac{Qd * (DBO5e - DBOs) * T * \text{Edad Fango}}{MLSS}$$

y la cantidad de oxígeno requerida por la biomasa para la oxidación de la materia orgánica:

$$(DBO5e - DBO5s) * Q * 24 / 1000 * 0,62$$

Este resultado ha de tenerse en cuenta para trabajar con margen de seguridad por posibles aumentos de concentración de DBO5 a la entrada de la Depuradora

-Temperatura: La temperatura inicial de diseño es de 16°C. Se observa que con el aumento de sólo 4°C con respecto a la temperatura inicial tanto la Edad del Fango como el Volumen del reactor disminuyen casi a la mitad

$$V = \frac{Qd * (DBO5e - DBOs) * T * \text{Edad Fango}}{MLSS}$$

. Por ello la temperatura es un factor clave e influyente, por lo que a la hora del diseño de la Depuradora conviene realizarlo en el caso más desfavorable a temperaturas bajas, es decir en épocas frías.

-MLSS: Si se disminuye la concentración de MLSS el valor del Volumen del reactor aumenta,

$$Qd * DBO5e$$

$$V = \frac{\text{-----}}{\text{MLSS} * V * \text{Carga másica}}$$

ya que se necesitará más tiempo para oxidar la misma cantidad de materia orgánica. De ahí que se requiera más volumen, lo que implica más tiempo de retención.

-Sólidos en Suspensión: Al disminuir la concentración de Sólidos en Suspensión aumenta el Volumen del reactor al disminuir con los sólidos la cantidad de bacterias por lo que se necesitará más volumen:

$$V = \frac{Qd * (DBO5e - DBOs) * T * \text{Edad Fango}}{\text{MLSS}}$$

$$\text{Tasa de conversión Huisken} = 1,2 * C_m^{0,23+0,5 * (r-0,6)}$$

$$r = \frac{SS}{DBO5} =$$

Se puede observar que el Volumen depende de la Tasa de conversión de Huisken (T) y ésta a su vez depende de la relación SS/DBO5.

-NTK: Con la disminución de este parámetro sólo se observa una disminución en las necesidades de oxígeno. Ya que a la necesidad de oxígeno hay que restar la desnitrificación:

$$\text{Síntesis} * \text{Coef.} + \text{Endogénesis} + \text{Nitrificación} * \text{Coef.} - \text{Desnitrificación}$$

Siendo la Desnitrificación:

$$(\text{N-NO}_3\text{e} - \text{N-NO}_3\text{s}) * Q * 24 / 1000 * 2,8$$

-Carga Másica: El aumento de este parámetro conlleva una disminución en el Volumen del reactor biológico al entrarle más cantidad de DBO5 ya que la carga másica es la relación entre la materia orgánica que entra por unidad de tiempo y la cantidad de microorganismos presentes:

$$V = \frac{Qd * DBO5e}{\text{MLSS} * \text{Carga másica}}$$

-DBO5 y Temperatura: Al aumentar estos dos parámetros contrarios en igual proporción, 25% por ejemplo, se observa que la temperatura es un factor de peso ya que con el aumento de la concentración de DBO5 (aumentando sólo este parámetro aumenta el volumen) disminuye el Volumen del reactor.

5.3.2 Decantación Secundaria.

Para dimensionar el decantador secundario se parte de los siguientes parámetros de diseño:

Parametros de diseño		
Caudal Medio	833	m3/h.
Caudal Máximo	1358	m3/h.
Carga superficial a caudal punta	<1	m3/m2/h
Carga superficial a caudal medio	<0,65	m3/m2/h
TRH mínimo	>2	h
TRH medio	>4	h
Carga sólidos punta	<5	Kg/m2/h
Carga sólidos media	<2,5	Kg/m2/h
Carga sobre vertedero punta	<8	m3/h/ml
Carga sobre vertedero media	<5	m3/h/ml

Los cálculos del dimensionamiento:

Superficie necesaria en f. carga superficial		
a caudal medio	1.282,1	m2
a caudal punta	1.357,7	m2
Superficie necesaria en f. carga solidos		
a caudal medio	1.166,7	m2
a caudal punta	950,4	m2
Superficie adoptada	1.357,7	m2
Diámetro necesario	20,8	m
Volúmen necesario		
a caudal medio	3333,3	

a caudal punta	2.715,4	
Volúmen adoptado	3333,3	m ³
Altura adoptada	3	m
Diámetro campana central	3,1	m
Altura campana central	1,2	m

Para ver el efecto de la concentración de MLSS en el cálculo de la superficie necesaria del decantador secundario, se varía este parámetro observando que, con el aumento de éste, aumenta dicha superficie, al haber más sólidos que decantar, y en consecuencia el diámetro y la altura. En este caso, al adoptar la superficie mayor, calculada en función de la carga superficial, no afecta al resultado final. Sí habría que tenerlo en cuenta a partir de una concentración de MLSS de 4500 ppm ya que la superficie sería mayor.

6. Línea de Fangos⁵.

El principal objetivo del proceso de tratamiento de fangos es conseguir un sólido final estable, con un grado de deshidratación adecuado para su evacuación de la Planta Depuradora.

Antes del dimensionamiento de los diferentes procesos se calculará tanto el volúmen de fangos en exceso del tratamiento secundario como el volúmen de fangos del tratamiento primario.

VOLÚMEN FANGOS EN EXCESO BIOLÓGICO:

$$p_x = P_x / V_{\text{Reactor Biológico}} = [[(0,75 \cdot \text{Carga diaria DBO}_5) + (0,60 \cdot \text{Carga diaria de SS})] / V_{\text{Reactor Biológico}}] - (0,04 \cdot 1,072^{(T-15)} \cdot X)$$

Carga Diaria DBO5 biológico	4200,00	Kg/día
Carga Diaria SS biológico	1100,00	Kg/día
Temperatura	16,00	°C
Volúmen Biológico	9977,02	m3
MLSS	3,00	Kg/m3
Concentración Purga Fangos	4%	
px	0,25	Kg/m3día
Px	2526,56	Kg/día
Q fangos exceso	63,16	m3/día
	2,63	m3/h

Se puede observar que el caudal aumenta al aumentar tanto la carga de DBO5 como la de Sólidos en Suspensión. Al haber más sólidos o más materia orgánica que oxidar más fangos se generarán. En cambio este caudal disminuye con la temperatura y con la concentración de MLSS. Esto nos dice que en épocas estivales la generación de fangos en exceso será menor.

CAUDAL DE FANGOS DEL PRIMARIO

Concentración purga Fangos	6%	
Carga Fangos primarios	4900,00	Kg/día
Q fangos primarios	81,67	m3/día
	3,40	m3/h

Una vez calculados los caudales tanto de fangos primarios como de fangos secundarios, se verán los diferentes procesos:

6.1 Espesador

Se utilizará un espesador por gravedad. Éste es similar a los decantadores pero variando los parámetros de diseño:

Parámetros de Diseño		
Carga sólidos	50,00	Kg/m2día
Carga Hidráulica	<0,70	m3/m2h
t retención	>24,00	h

Los cálculos:

Superficie	8,62	m2
Superficie para Carga Sólidos	120,00	m2
Superficie Adoptada	120,00	m2
Volúmen	217,25	m3
H, altura	1,81	m

El volúmen necesario del espesador aumenta tanto con el aumento de caudales de fangos primarios y secundarios como con el aumento del tiempo de retención.

⁵ Las soluciones mostradas en este documento, correspondientes a los cálculos matemáticos han sido realizados en una hoja "excel" que se adjunta en el CD entregado

6.2 Digestión Anaerobia

La digestión es una estabilización del fango, por estabilización se entiende la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en el fango. En este caso se recurrirá a una digestión por vía anaerobia, cuyos parámetros de diseño del digestor son los siguientes:

Parámetros de diseño		
Temperatura de digestión	35,00	°C.
Nº de etapas de digestión	2,00	
Tiempo retención hidráulica 1ª etapa	>16,00	días
Tiempo retención hidráulica 2ª etapa	>5,00	días
Tiempo retención mínimo total	>21,00	días.
Carga de sólidos volátiles máxima	2,50	Kg SSV/m3/día.
Reducción prevista de sólidos volátiles	50,0%	%

Los cálculos realizados dan los siguientes valores de diseño:

Volúmen necesario en función del tiempo de retención hidráulico 1ª etapa	2317,29	m3
Volúmen necesario en función de la carga de sólidos volátiles	34,76	m3
Volúmen de digestión 1ª etapa adoptado	2317,29	m3
Volúmen necesario en función del tiempo de retención hidráulico 2ª etapa	724,15	m3
Volúmen necesario en función de la carga de sólidos volátiles 2ª etapa	34,76	m3
Volúmen de digestión 2ª etapa adoptado	724,15	m3

En este caso, el volúmen necesario también aumenta tanto con el volúmen de fangos generados como con el tiempo de retención.

6.3 Deshidratación.

Una vez espesados y estabilizados, los fangos deben ser deshidratados hasta la concentración que permita su evacuación en fase sólida de la planta. Ésta concentración será como mínimo del 20%.

Volúmen diario de fangos (Qprim + Qsec)	144,83	m3/día.
Carga de SST diarios en el fango	144,83	Kg SST/día.
Tiempo de deshidratación diario	>8,00	h/día.
Caudal horario de deshidratación	18,10	m3/h
Carga de SST por hora en el fango	18,10	Kg SST/h
Sequedad mínima prevista	20,0%	%
Sequedad de la torta	20,0%	%.
M.S. a deshidratar día útil	144,83	Kg M.S./día.
Peso de fango deshidratado	0,03	Tm. M.S./día.
Peso específico del fango deshidratado	1,10	Tm/m3.
Volúmen de fango deshidratado	0,03	m3/día.
Volúmen de escurridos	144,80	m3/día
Destino de los escurridos	A cabecera	

6.4 Generación de Gas

Durante el proceso de digestión de fangos se produce un gas biológico rico en metano que se utilizará para alimentar a motogeneradores y producir energía eléctrica que se aprovechará en la propia Estación Depuradora.

Para los cálculos se ha tenido en cuenta la producción de fangos primarios y secundarios, fangos mixtos. De estos fangos mixtos, un 74% es fracción volátil. De esta fracción volátil, se reduce un 45% que es gas biológico. Del 55% que no se reduce a gas más el 26% de los fangos mixtos (fracción no volátil) es lo que se lleva a secado.

BASES DE PARTIDA:				
a).- DATOS DE PARTIDA FANGOS				
	Primarios	Secundarios	Totales	
Fangos	4.900	2526,56	7426,56	kg/día
Tasa de producción de fangos		0,80		
Concentración	6	4,00	5,05	%
Materia Volátil	70	80,00	74,00	%
Caudales	82	63	144,83	m3/día
Materia Volátil Abatida		45	45,00	%
Materia Mineral	26			%
Materia Volátil No Abatida	55			%
<u>Gas Producido</u>	<u>2473,04</u>			Kg/día

b).- PRODUCCIÓN FANGOS

	Entrada	Salida	
Materia Volátil	5495,65	3022,61	kg/día
Materia Mineral	1930,90	1930,90	kg/día
Kg de fangos a secado		4953,51	kg/día
Caudal	144,83	156,00	m3/día
Concentración	5	3,37	%
Materia Seca	21 toneladas al 25%		
Caudal	21		m3/día
Gas Producido		2473,04	

c).- PRODUCCIÓN DE GAS

Producción Teórica de Gas	0,9	m3/kg SV
Caudal de gas producido	2225,73	m3/día
Presión	200	mm.c.a.
Poder calorífico del gas	5.000	kcal/m3
Calorías disponibles	11128694	kcal/día
1KW/860calorías	12940	kw/día
KW reales disponibles	5823,15	kw/día

Los KW reales son un 50% de los KW calculados debido a la eficiencia de los motores.

6.5 Eliminación Fósforo.

Para la eliminación de Fósforo se han realizado los siguientes cálculos, teniendo en cuenta el fósforo en el influente y el necesario en el efluente por límites estipulados en la normativa:

Carga Fósforo Influyente	200,00	Kg/día.
Carga Fósforo Efluente	20,00	Kg/día.
Fósforo a eliminar	180,00	Kg/día.

ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO			
	Producción de fangos biológicos en exceso	280,73	m3/día
	Contenido adoptado de P en fangos biológicos	2,5%	
	Carga diaria de P elim. en fangos biológicos	7,02	Kg/día
	Porcentaje de fósforo eliminado del total	3,5%	

7. Resumen

A continuación se expondrá, en tabla-resumen, los datos de diseño calculados de los diferentes procesos que conforman la Estación Depuradora de Aguas Residuales.

Para mayor funcionalidad, en algunos procesos, se recoge el agua en una única arqueta y se repartirá en dos unidades funcionales. Dicha arqueta servirá para dejar sin servicio cualquier unidad si fuera necesario.

Línea de Agua

1. Pretratamiento: El pretratamiento consta de un Pozo de Gruesos común, dos canales de desbaste con rejas de Finos y Gruesos con su correspondiente "by-pass" y un desarenador-desengrasador.

Pozo de Gruesos		
Volúmen	13,89	m3
Superficie	5,56	m2
Altura	2,50	m
Canales de Desbaste		
Número Canales	2	
Superficie Gruesos	0,30	m2
Superficie Mojada Gruesos	0,31	m2
Longitud Barrotes	0,63	m
Superficie Finos	0,47	m2
Superficie Mojada Finos	0,48	m2
Longitud Barrotes	0,97	m
Desarenador-Desengrasador		
Superficie	83,33	m2
Volúmen	277,78	m3
Altura	3,33	m
<u>Aireación:</u>		
Caudal adoptado	666,67	Nm ³ /h
Número de difusores	40,00	
Caudal unitario difusores	16,67	Nm ³ /h

2. Tratamiento primario: Se escogerá como decantador el circular de tracción periférica con un sistema de barrido radial. Para una mayor funcionalidad, el tratamiento primario consta de dos decantadores dispuestos en paralelo.

Decantación Primaria		
Número Decantadores	2	
Superficie	416.66	m2
Diámetro	23.03	m
Volúmen	1250	m3
Altura	3	m

En este tratamiento ya existe una reducción de contaminantes tanto físicos como químicos. Dicha reducción se puede observar en la siguiente tabla:

Decantación Primaria			
	Entrada	Salida	
DBO5 :	300	210	mg/l
	6000	4200	Kg/día
Sólidos en suspensión:	350	55	mg/l
	7000	1100	Kg/día

3. Tratamiento secundario: El tratamiento biológico se realiza mediante un proceso de fangos activos seguido de una decantación secundaria.

Reactor Biológico		
Volúmen mínimo Reactor	17309,16	m3.
Vol. Zona Anaerobia	1250,00	m3.
Vol. Zona Anóxica	7960,86	m3.
Vol. Zona Óxica	9346,95	m3.
Vol. Zona Facultativa (20% Z. Óxica)	1869,39	m3.

Decantador Secundario		
Volúmen	3333,3	m3
Superficie	1.357,7	m2
Diámetro	20,8	m

Altura	2,5	m
Diámetro Campana Central	3,1	m
Altura Campana Central	1,2	m

El balance de la reducción de contaminantes en este tratamiento secundario es el siguiente:

Tratamiento Secundario			
	<u>Entrada</u>	<u>Salida</u>	
DBO5 :	210	25	mg/l
	4200	500	Kg/día
Sólidos en suspensión:	55	35	mg/l
	1100	700	Kg/día
Nitrógeno	45	10	mg/l
	900	200	Kg/día
Fósforo	10	1	mg/l
	200	20	Kg/día

Línea de Fangos

1. Espesador: Se utilizará un espesador por gravedad. Estos equipos son similares a los decantadores.

Espesador		
Superficie	26,43	m ²
Volúmen	120	m ³
H, altura	5,55	m

2. Disgestor Anaerobio: Se realizará una estabilización biológica por vía anaerobia

Espesador		
Volúmen 1 ^a etapa	7104,99	m ³
Volúmen 2 ^a etapa	2220,31	m ³

3. Deshidratación: Se utilizará un proceso de deshidratación por centrifugación

Volúmen diario de fangos (Q_{prim} + Q_{sec})	144,83	m ³ /día.
--	--------	----------------------

Carga de SST diarios en el fango	144,83	Kg SST/día.
Tiempo de deshidratación diario	>8,00	h/día.
Caudal horario de deshidratación	18,10	m3/h
Carga de SST por hora en el fango	18,10	Kg SST/h
Sequedad mínima prevista	20,0%	%
Sequedad de la torta	20,0%	%.
M.S. a deshidratar día útil	144,83	Kg M.S./día.
Peso de fango deshidratado	0,03	Tm. M.S./día.
Peso específico del fango deshidratado	1,10	Tm/m3.
Volúmen de fango deshidratado	0,03	m3/día.
Volúmen de escurridos	144,80	m3/día
Destino de los escurridos	A cabecera	

4. Generación de Gas:

PRODUCCIÓN FANGOS			
	Entrada	Salida	
Materia Volátil	5495,65	3022,61	kg/día
Materia Mineral	1930,90	1930,90	kg/día
Kg de fangos a secado		4953,51	kg/día
Caudal	144,83	156,00	m3/día
Concentración	5	3,37	%
Materia Seca	21 toneladas al 25%		
Caudal	21		m3/día
Gas Producido		2473,04	Kg/día

PRODUCCIÓN DE GAS		
Producción Teórica de Gas	0,9	m3/kg SV
Caudal de gas producido	2225,73	m3/día
Presión	200	mm.c.a.
Poder calorífico del gas	5.000	kcal/m3
Calorías disponibles	1112869	kcal/día
4		
1KW/860calorías	12940	kw/día
KW reales disponibles	5823,15	kw/día

Eliminación Biológica de Fósforo

ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO		
Producción de fangos biológicos en exceso	473,27	m3/día
Contenido adoptado de P en fangos biológicos	2,5%	
Carga diaria de P elim. en fangos biológicos	11,83	Kg/día

Porcentaje de fósforo eliminado del total	5,9%
--	-------------

8. Bibliografía.

"Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales". Juan Antonio Sainz Sastre. Colección EOI Medioambiente

Documentación módulo de contaminación del agua del Máster Profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental. Jaime La Iglesia Gandarillas.

"Manual técnico del Agua". Degrémont

http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Versi%C3%B3n_para_imprimir

http://www.apdr.info/documentos/rd_509_1996_aru.pdf

9. Anexo I.

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

Sumario:

Artículo 1. Objeto.

Artículo 2. Condiciones técnicas de los sistemas colectores.

Artículo 3. Condiciones técnicas de las instalaciones de tratamiento.

Artículo 4. Determinación de los habitantes-equivalentes.

Artículo 5. Requisitos de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento secundario.

Artículo 6. Requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento realizados en zonas sensibles.

Artículo 7. Declaración de zona sensible y zona menos sensible.

Artículo 8. Necesidad de tratamiento previo del vertido de las aguas residuales industriales.

Artículo 9. Seguimiento del cumplimiento de los requisitos.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA ÚNICA. Adaptación de las instalaciones de tratamiento.

DISPOSICIÓN FINAL PRIMERA. Normativa básica.

DISPOSICIÓN FINAL SEGUNDA. Entrada en vigor.

El Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establece las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, ha incorporado al ordenamiento jurídico interno de los preceptos de la Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, cuyo contenido no estaba ya incluido en el Título V de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, o en el Título III de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

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.

Este Real Decreto completa la incorporación de la citada Directiva, desarrollando lo dispuesto en el Real Decreto-ley, para lo cual fija los requisitos técnicos que deberán cumplir los sistemas colectores y las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales, los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones secundarias o de aquellos que vayan a realizarse en zonas sensibles y regula el tratamiento previo de los vertidos de las aguas residuales industriales cuando éstos se realicen a sistemas colectores o a instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas.

Asimismo, se determinan los criterios que deberán tomarse en consideración para la declaración de las zonas sensibles y zonas menos sensibles, que corresponderá efectuar bien a la Administración General del Estado o a las Comunidades Autónomas.

Por último, se establece que las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán efectuar el seguimiento y los controles precisos para garantizar el cumplimiento de las obligaciones contempladas tanto en el Real Decreto-ley como en este Real Decreto y se fijan los métodos de referencia para el seguimiento y evaluación de los resultados de dichos controles.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 15 de marzo de 1996, dispongo:

Artículo 1. Objeto. Este Real Decreto tiene por objeto desarrollar lo dispuesto en el Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establece las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, complementando las normas sobre recogida, depuración y vertido de dichas aguas.

Artículo 2. Condiciones técnicas de los sistemas colectores.

El proyecto, construcción y mantenimiento de los sistemas colectores a que hace referencia el artículo 4 del Real Decreto-ley, deberá realizarse teniendo presente el volumen y características de las aguas residuales urbanas y utilizando técnicas adecuadas que garanticen la estanqueidad de los sistemas e impidan la contaminación de las aguas receptoras por el desbordamiento de las aguas procedentes de la lluvia.

Artículo 3. Condiciones técnicas de las instalaciones de tratamiento.

El proyecto, construcción, utilización y mantenimiento de las instalaciones para los tratamientos de aguas residuales urbanas, contemplados en los artículos 5, 6 y 7 del Real Decreto-ley, deberá realizarse teniendo presente todas las condiciones climáticas normales de la zona, así como las variaciones estacionales de carga.

Asimismo, dichas instalaciones deberán estar proyectadas y construidas de manera que permitan la obtención de muestras representativas de las aguas residuales de entrada y del efluente tratado antes de efectuar el vertido.

Artículo 4. Determinación de los habitantes-equivalentes.

A efectos de lo establecido en el citado Real Decreto-ley, los habitantes-equivalentes se calcularán a partir del valor medio diario de carga orgánica biodegradable, correspondiente a la semana de máxima carga del año, sin tener en consideración situaciones producidas por lluvias intensas u otras circunstancias excepcionales.

Artículo 5. Requisitos de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento secundario.

Los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento secundario o de un proceso equivalente, a las que hace referencia el artículo 5 del Real Decreto-ley, deberán cumplir los requisitos que figuran en el cuadro 1 del anexo I de este Real Decreto.

No obstante, las autorizaciones de vertidos podrán imponer requisitos más rigurosos cuando ello sea necesario para garantizar que las aguas receptoras cumplan con los objetivos de calidad fijados en la normativa vigente.

Artículo 6. Requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento realizados en zonas sensibles.

1. Los vertidos de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles, deberán cumplir los requisitos que figuran en los cuadros 1 y 2 del anexo I de este Real Decreto.

No obstante, las autorizaciones de vertidos podrán imponer requisitos más rigurosos cuando ello sea necesario para garantizar que las aguas receptoras cumplan con los objetivos de calidad fijados en la normativa vigente. Asimismo, se podrá eximir en dichas autorizaciones a las instalaciones individuales de tratamiento del cumplimiento de los requisitos del cuadro 2 del anexo I, siempre que se demuestre que el porcentaje mínimo global de reducción de la carga referido a todas las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas de dicha zona sensible, alcanza al menos el 75 % del total del fósforo y del total del nitrógeno.

2. Los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas que, sin realizarse directamente en zonas sensibles, contribuyan a la contaminación de dichas zonas, quedarán asimismo sujetos a lo dispuesto en el apartado anterior de este artículo.

Artículo 7. Declaración de zona sensible y zona menos sensible.

1. Serán declaradas zonas sensibles y zonas menos sensibles, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 7.3 del Real Decreto-ley, las masas de agua incluidas en alguno de los supuestos establecidos en los apartados I y II, respectivamente, del anexo II de este Real Decreto.

2. La declaración de dichas zonas se revisará al menos cada cuatro años.

3. En las zonas sensibles que pudieran declararse como consecuencia de la revisión prevista en el apartado anterior, se deberán cumplir las especificaciones del artículo 7.1 del Real Decreto-ley y las del artículo 6 de este Real Decreto, en el plazo máximo de siete años contados a partir de la citada revisión.

4. Asimismo, en las zonas que hayan dejado de ser consideradas menos sensibles y que no sean declaradas zonas sensibles como consecuencia de la antedicha revisión, se deberán cumplir las especificaciones contenidas en el artículo 5 del Real Decreto-ley y en el artículo 5 de este Real Decreto, en el plazo máximo de siete años contados a partir de la citada revisión.

Artículo 8. Necesidad de tratamiento previo del vertido de las aguas residuales industriales.

Los vertidos de las aguas residuales industriales en los sistemas de alcantarillado, sistemas colectores o en las instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas serán objeto del tratamiento previo que sea necesario para:

Proteger la salud del personal que trabaje en los sistemas colectores y en las instalaciones de tratamiento.

Garantizar que los sistemas colectores, las instalaciones de tratamiento y los equipos correspondientes no se deterioren.

Garantizar que no se obstaculice el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Garantizar que los vertidos de las instalaciones de tratamiento no tengan efectos nocivos sobre el medio ambiente y no impidan que las aguas receptoras cumplan los objetivos de calidad de la normativa vigente.

Garantizar que los fangos puedan evacuarse con completa seguridad de forma aceptable desde la perspectiva medioambiental. En ningún caso se autorizará su evacuación al alcantarillado o al sistema colector.

Artículo 9. Seguimiento del cumplimiento de los requisitos.

1. Las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, efectuarán el seguimiento correspondiente y los controles periódicos precisos para garantizar el cumplimiento adecuado de las obligaciones establecidas en el Real Decreto-ley y en este Real Decreto.
2. El control del cumplimiento de los requisitos establecidos respecto de los vertidos de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, se efectuará con arreglo a los métodos de referencia establecidos en el anexo III de este Real Decreto.
3. Las Administraciones públicas competentes deberán elaborar y publicar cada dos años un informe de situación sobre el vertido de aguas residuales urbanas y de fangos en sus respectivos ámbitos.
4. Se notificará a la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda el resultado de la realización de los controles señalados en el apartado 1, el método de referencia previsto en el apartado 2 y el informe de situación del apartado 3, a efectos de su comunicación a la Comisión Europea.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA ÚNICA. Adaptación de las instalaciones de tratamiento.

Las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, a que hacen referencia los artículos 5, 6 y 7 del Real Decreto-ley, existentes en el momento de la entrada en vigor de este Real Decreto, deberán ser modificadas de modo que permitan obtener muestras representativas de las aguas residuales de entrada y del efluente tratado antes de efectuar el vertido.

DISPOSICIÓN FINAL PRIMERA. Normativa básica.

Los preceptos de este Real Decreto tienen naturaleza de legislación básica en aplicación de lo dispuesto en el artículo 149.1.23 de la Constitución.

DISPOSICIÓN FINAL SEGUNDA. Entrada en vigor.

Este Real Decreto entrará en vigor el mismo día de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Dado en Madrid a 15 de marzo de 1996.

- Juan Carlos R. -

El Ministro de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, José Borrell Fontelles.

Anexo I. Requisitos de los vertidos de aguas residuales

Cuadro 1

Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción (1)	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 ° C) sin nitrificación (2)	25 mg/l O ₂	70-90. 40 de conformidad con el apartado 3 del artículo 5 R.D-ley (3)	Muestra homogeneizada, 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.
Demanda química de oxígeno (DQO)	125 mg/l O ₂	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l (4). 35 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D-1 (más de 10.000 h-e) (3). 60 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.1 (de 2.000 a 10.000 h-e) (3)	90 (4). 90 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D-1 (más de 10.000 h-e) (3). 70 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D-1 (de 2.000 a 10.000 h-e) (3)	Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 ° C y pesaje. Centrifugación de una muestra representativa (durante cinco minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g), secado a 105 ° C y pesaje.