



---

## **PROYECTO FINAL DE CARRERA**

**DE INSTALACIÓN DE DEPURADORA PARA EL  
TRATAMIENTO DE 1200 M<sup>3</sup>/DÍA DE AGUAS  
RESIDUALES PROCEDENTES DE INDUSTRIA  
DE MATADERO DE AVES Y SALA DE DESPIECE  
ANEXA SITUADOS EN T.M. DE BELLVÍS (PLA  
D'URGELL)**

---

**DOCUMENTO BÁSICO 0**

**ÍNDICE GENERAL**

## DOCUMENTO BÁSICO Nº 1 : MEMORIA

<b>1. Objeto del proyecto</b> .....	1
1.1 agentes .....	1
1.2 naturaleza del proyecto .....	1
1.3 emplazamiento .....	2
<b>2. Antecedentes</b> .....	2
2.1 Bases del proyecto .....	2
2.2 Condicionantes del promotor .....	3
2.3 Condicionantes del medio .....	3
2.3.1 Condicionantes legales .....	3
2.3.2 Condicionantes físicos .....	6
2.3.3 Otros condicionantes del medio .....	6
2.4 Situación actual .....	6
2.4.1 Actividad actual .....	6
2.4.2 Construcciones existentes .....	7
<b>3. Estudio de alternativas y justificación de la solución adoptada.</b> .....	8
3.1 Características generales del agua residual y bases legales de aplicación a la edar a diseñar. ....	9
3.2 Condicionantes de caudal y parámetros contaminantes de la edar a diseñar. ....	10
3.3 Unidades funcionales disponibles .....	11
3.4 Fundamentos de los procesos biológicos aerobios .....	14
3.5 Tratamiento biológico de depuración por fangos activados de baja carga y opciones a considerar .....	16
3.6 Edad de fango necesaria para nitrificación en dicho proceso .....	18
3.7 Dimensionado del proceso de aireación prolongada con nitrificación-desnitrificación alternativa 1 .....	19
3.7.1 Línea de aguas del reactor biológico .....	19
3.7.2 Línea de fangos .....	20
3.8 Tratamiento biológico en reactor biológico secuencial (SBR), alternativa 2 .....	21
3.8.1 la elección sistema tratamiento de fangos .....	21
3.9 Justificación de la alternativa adoptada .....	22
3.9.1 Diferencial de inversiones .....	22
3.9.2 Diferencial de pagos .....	23
3.9.3 Análisis económico .....	24
<b>4. Ingeniería del proyecto</b> .....	24
4.1 Ingeniería del proceso .....	24
4.2 Ingeniería de las obras que se proyectan .....	25
4.2.1 Descripción del proyecto .....	25
4.2.1.1 Descripción general de las obras .....	25
4.2.1.2 Cumplimiento del CTE y de otras normativas específicas .....	26
4.2.1.3 Descripción de la geometría del edificio y depósitos .....	27
4.2.1.4 Descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas .....	27
4.2.2 Prestaciones del edificio .....	29
4.2.3 Memoria constructiva .....	31
4.2.3.1 Sustentación del edificio .....	31
4.2.3.2 Sistema estructural .....	31
4.2.3.3 Sistema envolvente .....	31
4.2.3.4 De compartimentación .....	32
4.2.3.5 Sistemas de acabados .....	32
4.2.3.6 Sistemas de acondicionamiento e instalaciones .....	32
4.2.3.6.1 Protección contra incendios .....	32
4.2.3.6.2 Antiintrusión .....	32
4.2.3.6.3 Pararrayos .....	32
4.2.3.6.4 Electricidad .....	33
4.2.3.6.5 Alumbrado .....	33
4.2.3.6.6 Ascensores .....	33
4.2.3.6.7 Transporte .....	33
4.2.3.6.8 Instalación de suministro de agua .....	33
4.2.3.6.9 Evacuación de residuos líquidos y sólidos .....	33
4.2.3.6.10 Ventilación .....	34
4.2.3.6.11 Telecomunicaciones .....	34
4.2.3.6.12 Instalaciones térmicas del edificio .....	34
4.2.3.6.13 Suministro de combustibles .....	34
4.2.3.6.14 Ahorro de energía .....	34
4.2.3.7 Equipamiento .....	34

4.2.4	Cumplimiento del código técnico de la edificación .....	41
4.2.4.1	Seguridad estructural .....	41
4.2.4.1.1	Seguridad estructural (ES).....	41
4.2.4.1.1.1	Comprobación de los estados límites últimos.....	41
4.2.4.1.1.2	Comprobación de los estados límite de servicio .....	41
4.2.4.1.2	Acciones en la edificación (ES-AE).....	41
4.2.4.1.2.1	Acciones permanentes (G).....	41
4.2.4.1.2.2	Acciones variables (Q).....	42
4.2.4.1.2.3	Acciones accidentales (A).....	42
4.2.4.1.2.4	Combinación de las acciones actuantes sobre la edificación .....	43
4.2.4.1.3	Cimentaciones (ES-C) .....	43
4.2.4.1.4	Cumplimiento de la norma de construcción sismo resistente NCSE-02.....	43
4.2.4.1.5	Cumplimiento de la instrucción de hormigón estructural EHE .....	43
4.2.4.1.6	Características de los forjados.....	44
4.2.4.1.7	Estructuras de acero (ES-A).....	44
4.2.4.1.8	Fábrica.....	44
4.2.4.2	Seguridad en caso de incendio .....	44
4.2.4.3	Seguridad de utilización.....	44
4.2.4.3.1	Seguridad frente al riesgo de caídas .....	44
4.2.4.3.1.1	Resbaladicidad de los suelos.....	45
4.2.4.3.1.2	Discontinuidades en el pavimento .....	45
4.2.4.3.1.3	Desniveles .....	45
4.2.4.3.1.4	Escaleras y rampas .....	45
4.2.4.3.1.5	Limpieza de cristales exteriores .....	45
4.2.4.3.2	Seguridad frente el riesgo de impacto o atrapamiento .....	45
4.2.4.3.2.1	Impacto .....	45
4.2.4.3.2.2	Atrapamiento.....	45
4.2.4.3.2.3	Seguridad frente el riesgo de cerramiento en recintos.....	45
4.2.4.3.3	Seguridad frente el riesgo causado por iluminación inadecuada.....	45
4.2.4.3.3.1	Alumbrado normal en zonas de circulación .....	46
4.2.4.3.3.2	Alumbrado de emergencia.....	46
4.2.4.3.4	Seguridad frente el riesgo causado por situaciones de alta ocupación .....	46
4.2.4.3.5	Seguridad frente al riesgo de ahogamiento .....	46
4.2.4.3.6	Seguridad frente el riesgo causado por vehículos en movimiento .....	46
4.2.4.3.7	Seguridad frente el riesgo causado por la acción del rayo.....	46
4.2.4.4	Salubridad .....	47
4.2.4.4.1	Protección frente a la humedad.....	47
4.2.4.4.1.1	Muros.....	47
4.2.4.4.1.2	Pavimentos .....	47
4.2.4.4.1.3	Fachadas .....	47
4.2.4.4.1.4	Cubiertas .....	47
4.2.4.4.2	Recogida y evacuación de residuos.....	47
4.2.4.4.3	Calidad del aire interior.....	48
4.2.4.4.4	Suministro de agua .....	48
4.2.4.4.5	Evacuación de aguas residuales .....	48
4.2.4.4.5.1	Red de evacuación de aguas residuales .....	48
4.2.4.4.5.2	Red de evacuación de aguas pluviales .....	48
4.2.4.5	Protección contra el ruido .....	49
4.2.4.6	Ahorro de energía.....	49
4.2.4.6.1	Limitación de demanda energética .....	49
4.2.4.6.2	Rendimiento de las instalaciones térmicas .....	49
4.2.4.6.3	Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación .....	49
4.2.4.6.4	Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria .....	49
4.2.4.6.5	Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica .....	49
4.2.5	Cumplimiento de otros reglamentos.....	49
4.2.5.1	Reglamento electrotécnico para a baja tensión .....	49
4.2.5.2	Criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios.....	50
4.2.5.3	Control de calidad de la edificación.....	50
4.2.5.4	Gestión de los derribos y otros residuos de la construcción .....	51
5.	<b>De la actividad</b> .....	52
6.	<b>Planificación y programación de las obras</b> .....	53
7.	<b>Documentos que componen el proyecto</b> .....	54
8.	<b>Presupuesto</b> .....	55

## DOCUMENTO BÁSICO Nº 2: ANEJOS

### ANEJO 01 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AGUA RESIDUAL Y BASES LEGALES. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL A TRATAR

1	Objeto .....	1
2	Caracterización típica de las aguas residuales .....	1
2.1	Constituyentes orgánicos .....	1
2.2	Constituyentes inorgánicos .....	2
2.3	Contenido sólido de las aguas residuales .....	3
2.4	Nutrientes.....	3
2.5	Microorganismos.....	4
2.5.1	Indicadores bacteriológicos.....	5
3	Efecto de los contaminantes en aguas continentales.....	5
3.1	Pérdida de la calidad de las aguas: .....	6
3.2	Materia orgánica biodegradable. Disminución del oxígeno: .....	6
3.3	Materia orgánica refractaria:.....	7
3.4	Presencia de metales. Toxicidad:.....	7
3.5	Incremento de nutrientes. Proceso de Eutrofización: .....	8
4	Legislación Vigente .....	9
4.1	Legislación en España y la Unión Europea .....	9
4.2	Legislación en Cataluña .....	11
4.3	Resumen .....	13
5	Acciones para la caracterización de del agua residual a tratar .....	15
5.1	Muestro .....	15
5.2	Acciones a realizar .....	15
5.3	Estimación del caudal de vertido .....	15
5.4	Estimación de la contaminación .....	15

### ANEJO 02 CONDICIONANTES DE CAUDAL Y PARÁMETROS CONTAMINANTES

1.	Objeto .....	1
2.	Acciones realizadas.....	1
3.	Estimación del caudal de vertido .....	3
4.	Estimación de la contaminación .....	3
5.	Conclusión .....	4
6.	Parámetros de vertido en zonas sensible .....	4

### ANEJO 03 UNIDADES FUNCIONALES DE TECNOLOGIAS DISPONIBLES

1	OBJETO.....	1
2	PROCESOS.....	1
3	PRETRATAMIENTO .....	1
3.1	Función .....	1
3.2	Componentes .....	2
3.2.1	Tamices.....	2
3.2.2	Desarenador .....	3
3.2.3	Desengrasadores .....	3
3.2.4	Depósito de homogeneización .....	4
4	TRATAMIENTO PRIMARIO O LÍNEA FÍSICO-QUÍMICA (DAF).....	4
4.1	Función .....	4
4.2	Tipos de sedimentación.....	5
4.3	Características de los decantadores .....	5
4.4	Tipos de sólidos en suspensión.....	6
4.5	Sedimentación de partículas floculadas proceso químico .....	6
4.5.1	Coagulación de una dispersión coloidal.....	6
4.6	Coagulación y floculación .....	6
4.6.1	Coagulantes .....	6
4.6.2	Coadyuvantes .....	7
4.7	Decantadores.....	7

5	TRATAMIENTO SECUNDARIO O LÍNEA BIOLÓGICA .....	8
5.1	Función .....	8
5.2	Estructura del ecosistema de los fangos activos .....	9
5.3	Estructura de la microfauna .....	10
5.4	El proceso de fangos activos.....	12
5.4.1	Descripción del proceso.....	12
5.4.1.1	Eliminación de N .....	13
5.4.1.2	Eliminación de P .....	14
5.5	Diseño de la EDAR por procesos biológicos .....	16
5.6	Línea de tratamiento de aguas .....	17
5.6.1	Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo .....	17
5.6.2	Reactor biológico secuencial (SBR) .....	18
5.6.3	Funcionamiento.....	18
5.6.3.1	Oxigenación y agitación: Baterías de eyectores .....	20
5.6.3.2	La decantación: Decanter flotante .....	24
5.6.3.3	Aplicaciones del SBR .....	25
5.6.3.4	Ventajas/Limitaciones .....	25
5.7	Línea de tratamiento de fangos.....	26
5.7.1	Espesado de fangos: .....	28
5.7.2	Digestión de los fangos.....	29
5.7.2.1	Ventajas e inconvenientes de la digestión aerobia .....	29
5.7.2.2	Descripción del proceso.....	30
5.7.3	Deshidratación de fangos: .....	30
5.7.3.1	Acondicionamiento de los fangos.....	31
5.7.3.2	Centrífugas. ....	31
6	DEPÓSITOS.....	32
6.1	Depósitos de hormigón prefabricado.....	32
6.1.1	Descripción .....	32
6.1.2	Características Constructivas:.....	32
6.1.3	Construcción:.....	33
6.1.4	Aplicaciones.....	34
6.1.5	Ventajas/Limitaciones .....	34
6.1.6	Análisis de costes.....	35
6.2	Depósitos de acero inoxidable.....	35
6.2.1	Descripción .....	35
6.2.2	Materiales de formación del cuerpo del depósito.....	35
6.2.3	Construcción.....	36
6.2.4	Análisis de costes.....	36
6.3	Depósitos de PRFV.....	36
6.3.1	Descripción.....	36
6.3.2	Aplicación.....	37
6.4	Medición de caudales.....	37
7	CONCLUSIONES.....	38
7.1	Para el pretratamiento del agua bruta: .....	38
7.2	Para el tratamiento primario:.....	38
7.3	Para el tratamiento secundario (línea biológica):.....	38
7.4	Línea de tratamiento de lodos:.....	38
7.5	Construcción de depósitos: .....	38
7.6	Medición de caudales:.....	38
APENDICE 1 DEL ANEJO 3.....		39
DIFERENCIAS ENTRE FLOTACIÓN Y DECANTACIÓN .....		39
1	OBJETO.....	39
2	TRATAMIENTO PRIMARIO O FÍSICO - QUÍMICO.....	39
2.1	Decantación.....	39
2.1.1	Tipos de Decantadores.....	40
2.1.2	Parámetros de diseño.....	40
2.1.3	Fangos Producidos.....	40
2.1.4	Explotación .....	40
2.1.5	Aplicabilidad.....	40
2.2	Flotación por aire disuelto.....	40
2.2.1	Tipos de Flotadores .....	41
2.2.2	Parámetros de diseño.....	41

2.2.3	Fangos Producidos.....	41
2.2.4	Explotación .....	42
2.2.5	Aplicabilidad.....	42
3	PRODUCTOS QUÍMICOS.....	42
3.1	Coagulante.....	42
3.2	Floculante .....	43
4	TRATAMIENTO DE FANGO .....	43
4.1	Bombeo del fango en el decantador.....	44
4.2	Bombeo del fango en el Flotador.....	44
5	RESUMEN DIFERENCIAS ENTRE DECANTACIÓN Y FLOTACIÓN.....	44
6	SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO.....	45

## **ANEJO 04 FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS**

1	OBJETO.....	1
2	INTRODUCCIÓN .....	1
3	FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS.....	1
3.1	Los procesos de oxidación biológica.....	2
3.1.1	Reacciones de síntesis o asimilación .....	2
3.1.2	Reacciones de oxidación y Respiración endógena.....	3
3.1.3	Microorganismos más importantes.....	3
3.2	Factores que intervienen en la oxidación biológica.....	4
3.3	Los procesos de Nitrificación-Desnitrificación.....	5
3.3.1	El proceso de Nitrificación .....	5
3.3.2	El proceso de desnitrificación.....	5
4	EL PROCESO DE FANGOS ACTIVADOS .....	6
4.1	Principios de funcionamiento .....	6
4.2	Control de procesos en el sistema de fangos activados .....	7
4.2.1	Parámetros operacionales.....	7
4.2.2	Parámetros de control.....	8
5	ANÁLISIS Y REGISTRO DE DATOS.....	9
6	TIPOS DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS .....	10
6.1	Procesos convencionales.....	10
6.1.1	Flujo pistón .....	10
6.1.2	Mezcla completa .....	11
6.1.3	Alimentación escalonada.....	11
6.2	Aireación prolongada .....	12
6.3	Canales de oxidación .....	13
6.3.1	Carrusel.....	13
6.3.2	Proceso orbal.....	13
6.4	Procesos de bioabsorción .....	14
6.4.1	Contacto-estabilización .....	14
6.4.2	Proceso de doble etapa .....	15
6.5	Sistemas de oxígeno puro.....	16
7	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE FANGOS ACTIVOS .....	16
7.1	Cuba de aireación .....	18
7.2	Decantadores secundarios o clarificadores .....	18
7.2.1	Decantadores circulares de rasquetas.....	18
7.2.2	Decantadores rectangulares de rasquetas .....	18
7.2.3	Decantadores de succión.....	19
8	CAUSAS Y PROBLEMAS HABITUALES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DEL PROCESO .....	19
8.1	Causas de aparición de problemas .....	19
8.1.1	Variaciones en el sistema colector .....	19
8.1.2	Variaciones en el funcionamiento .....	19
8.2	Problemas habituales .....	20
8.2.1	Cambios en el caudal y características de las aguas residuales.....	20
8.2.2	Presencia en el digestor de fangos de un sobrenadante con excesiva carga de sólidos .....	20
8.2.3	Subida de fangos por gasificación.....	20
8.2.4	Esponjamiento de los fangos.....	21
9	INTRODUCCIÓN A LA BIOINDICACION COMO PARÁMETRO DE MANTENIMIENTO.....	21
10	SINTESIS Y CONCLUSIÓN .....	23

## **ANEJO 05      CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DEPURACIÓN POR FANGOS ACTIVADOS DE BAJA CARGA**

1	OBJETO.....	1
2	PRETRATAMIENTO .....	2
2.1	Tamizado y bombeo .....	2
2.2	Desengrase (CAF).....	3
2.2.1	Bases de partida .....	3
2.2.2	Flotador sistema CAF .....	4
3	HOMOGENEIZACIÓN DE CARGA Y CAUDAL .....	6
3.1	Depósito de homogenización: relación caudales-niveles .....	6
4	TRATAMIENTO PRIMARIO: BIOADSORCION CON FLOTACION TIPO FAD .....	10
4.1	Bases de partida .....	10
4.2	Flotador sistema FAD.....	10
4.2.1	Dimensiones .....	10
4.2.2	Circuito de presurización .....	11
4.3	Producción de Lodos .....	11
5	TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON NITRIFICACION DESNITRIFICACION.....	13
5.1	Bases de partida .....	13
5.1.1	Caudales y parámetros unitarios .....	13
5.1.2	Caudales de dimensionamiento .....	13
5.1.3	Característica de la contaminación.....	13
5.2	Dimensionamiento tratamiento biológico.....	14
5.2.1	Cálculo volumen reactor.....	14
5.2.2	Nitrificación .....	14
5.2.3	Desnitrificación.....	14
5.2.4	Solución adoptada.....	15
5.3	Dimensionamiento: oxigenación .....	16
6	TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....	17
6.1	Selección.....	17
6.2	Características generales y funcionamiento .....	17

## **ANEJO 06      CALCULO DE LA EDAD DE FANGO NECESARIA PARA NITRIFICACIÓN**

1	OBJETO.....	1
2	EDAD DEL FANGO NECESARIA PARA NITRIFICAR .....	1
3	CAPACIDAD DE DESNITRIFICACION.....	2
4	BALANCE DE NITROGENO .....	2
4.1	Nitrógeno afluente .....	2
4.2	Nitrógeno amoniacal en el efluente .....	2
4.3	Nitrógeno orgánico en el efluente.....	3
4.4	Cantidad de nitrógeno que se elimina formando parte de los fangos en exceso .....	3
4.5	Balance de nitrógeno.....	4
4.6	Nitrógeno oxidado por nitrificación.....	4
5	CALCULO DE LA RECIRCULACION INTERNA NECESARIA.....	4

## **ANEJO 07      COMPROBACIÓN DIMENSIONADO DEL PROCESO BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA CON NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN**

1	OBJETO.....	1
2	CARACTERÍSTICAS DEL INFLUENTE .....	1
3	CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE .....	2
4	RENDIMIENTO MÍNIMO NECESARIO.....	2
5	PARÁMETROS DE DISEÑO DEL REACTOR BIOLÓGICO .....	3
6	CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE OXIGENO.....	4

7	ELIMINACIÓN DE FOSFORO .....	12
8	DECANTACIÓN SECUNDARIA .....	12
8.1	Caudales medio y punta .....	13
8.2	Carga hidráulica o velocidad ascensional .....	13
8.3	Carga de sólidos.....	13
8.4	Tiempo de retención hidráulica.....	13
8.5	Recirculación de fangos.....	13
8.6	Carga sobre vertedero.....	14
8.7	Calado del decantador.....	14
9	CÁLCULO DE LA RECIRCULACIÓN DE FANGOS .....	17
10	CÁLCULO DE LA PURGA DE FANGOS (FANGOS BIOLÓGICOS EN EXCESO) .....	18
11	HOMOGENIZACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE FANGOS .....	18
12	DESHIDRATACIÓN DE LODOS.....	20
13	RESUMEN DEL DISEÑO ADOPTADO EN LA AIREACIÓN PROLONGADA .....	22
13.1	Línea de aguas del reactor biológico .....	22
13.2	Línea de fangos.....	24

## **ANEJO 08      CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO EN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR)**

1	OBJETO.....	1
2	ELIMINACIÓN DE CARBONO .....	1
2.1	Datos de partida .....	1
2.2	Coefficientes cinéticos .....	1
2.3	Fraccionamiento de la DQO.....	1
2.4	Datos influente / efluente .....	2
2.5	Estimación de la edad de fangos .....	2
2.6	Fraccionamiento de la DQO a la salida .....	3
2.7	Producción de fangos .....	4
2.8	Estrategia de tiempos.....	5
2.9	Volumen del reactor.....	6
2.10	Concentración de microorganismos.....	7
2.11	Ciclo óptimo.....	7
2.12	Dimensiones teóricas del reactor .....	8
2.13	Dimensiones reales del reactor .....	11
2.14	Necesidades de aireación .....	11
3	ELIMINACIÓN DE NITROGENO .....	14
3.1	Datos de partida adoptados en la eliminación de C .....	14
3.2	Estimación de la edad de fangos .....	15
3.3	Estimación de la nitrificación.....	15
3.4	Estimación de la edad de desnitrificación pre-anóxica.....	15
3.5	Estimación de la Desnitrificación post-anóxica.....	16
3.6	Estimación de la producción de fangos .....	16
3.7	Estimación del requerimiento de oxígeno .....	16
3.8	Elección del soplante.....	17
3.9	Bomba de llenado.....	17
3.10	Bomba extracción fangos .....	17
4	DEPOSITO REGULADOR DE SALIDA.....	17
5	ESQUEMA DEL TRATAMIENTO CON SBR.....	17

## **ANEJO 09      CALCULO ELECCIÓN SISTEMA TRATAMIENTO DE FANGOS**

1	OBJETO.....	1
2	OPCIONES DE TRATAMIENTO DE LOS FANGOS.....	1
2.1	Lodos mixtos sin digestión.....	1
2.1.1	Inversión requerida. ....	1
2.1.2	Fangos Producidos.....	2
2.1.3	Explotación .....	2
2.1.4	Aplicabilidad .....	2
2.2	Con digestión de lodos. ....	2
2.2.1	Inversión requerida. ....	2
2.2.2	Fangos Producidos.....	3



2.2.3	Explotación .....	3
2.2.4	Aplicabilidad. ....	3
3	ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	4
3.1	Diferencia de inversión .....	4
3.2	Diferencia de flujos .....	4
3.2.1	Costes a considerar.....	4
3.2.2	Incremento de pagos.....	4
3.2.3	Decremento de pagos (ahorro) .....	5
3.2.4	Evaluación económica .....	6

**ANEJO 10 JUSTIFICACIÓN ALTERNATIVA ADOPTADA**

1	OBJETO.....	1
2	OPCIONES DE REACTOR BIOLÓGICO .....	1
2.1	Alternativa 1: Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo sin reactivos .....	3
2.1.1	Inversión requerida en equipos electromecánicos.....	4
2.1.2	Inversión requerida en depósitos de proceso. ....	5
2.1.3	Inversión requerida en Obra Civil complementaria .....	5
2.1.4	Inversión requerida en instalación eléctrica.....	5
2.1.5	Inversión requerida en ingeniería de detalle .....	5
2.1.6	Inversión total requerida .....	6
2.2	Alternativa 2: Tratamiento químico (DAF) con reactivos y reactor biológico secuencial (SBR) .....	6
2.2.1	Inversión requerida en equipos electromecánicos.....	7
2.2.1	Inversión requerida en depósitos de proceso. ....	7
2.2.2	Inversión requerida en Obra Civil complementaria .....	7
2.2.3	Inversión requerida en instalación eléctrica.....	8
2.2.4	Inversión requerida en ingeniería de detalle.....	8
2.2.5	Inversión total requerida .....	8
3	ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	8
3.1	Diferencia de inversión .....	8
3.2	Cuentas de explotación previsible .....	8
3.2.1	Datos de partida .....	9
3.2.2	Costes fijos.....	10
3.2.3	Costes variables .....	13
3.2.4	Resumen costes explotación .....	15
3.2.5	Influencia de los costes sobre el total.....	16
3.3	Diferencia de inversión y flujos de caja. Análisis económico. ....	16
3.3.1	Inversiones consideradas.....	16
3.3.2	Diferencia de pagos .....	17
3.3.3	Evaluación económica .....	17
	Apéndice 1 Justificación potencia eléctrica instalada. ....	18
	Apéndice 2 Obra civil complementaria de las alternativas estudiadas. ....	22

**ANEJO 11 ELECCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS DEPÓSITOS DE LA EDAR**

1	OBJETO.....	1
2	ALTERNATIVAS A CONSIDERAR .....	1
2.1	Depósitos de hormigón ejecutados "in situ" .....	2
2.2	Depósitos de hormigón prefabricados .....	4
2.3	Depósitos de acero inoxidable AISI 304.....	5
3	COMPARACIÓN DE COSTES.....	7
4	PRECIOS DE UNIDADES DE OBRA CONSIDERADOS PARA COMPARACIÓN.....	7

**ANEJO 12 CALCULOS CONSTRUCTIVOS.- DEPÓSITOS**

1	OBJETO.....	1
2	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS.....	1
3	CONDICIONES DEL DISEÑO .....	1
4	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	2
5	CAMPOS DE DESPLAZAMIENTO Y ESFUERZOS EN PARED .....	2
6	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS .....	3
7	ACCIONES A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO DE LA PARED .....	3

8	ARMADURAS MÍNIMAS EN LAS PAREDES .....	3
9	CÁLCULO DE LA PARED DEL DEPÓSITO EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE FLEXIÓN .....	3
9.1	Acción debida al empuje hidrostático (hipótesis1) $\gamma_f = 1,5$ .....	3
9.2	Acción debida al empuje de tierras (Hipótesis 2) con $\gamma_f = 1,6$ .....	3
10	CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ESFUERZO CORTANTE .....	4
10.1	Acción debida al empuje hidrostático (Hip. 1) con $\gamma_f = 1,5$ .....	4
10.2	Acción debida al empuje de tierras (Hip. 2) con $\gamma_f = 1,6$ .....	4
10.3	Envolvente de esfuerzos cortantes.....	4
11	CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO TRACCIÓN SIMPLE .....	4
12	COMPROBACIÓN DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN .....	4
13	CÁLCULO DEL DEPÓSITO DE HOMOGENIZACIÓN .....	7
13.1	Materiales.....	7
13.2	Parámetros del depósito .....	7
13.3	Parámetros del terreno .....	7
13.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	8
13.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	11
14	CÁLCULO DEL DEPÓSITO REACTOR ANÓXICO .....	14
14.1	Materiales.....	14
14.2	Parámetros del depósito .....	14
14.3	Parámetros del terreno .....	14
14.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	15
14.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	17
15	CÁLCULO DEL DEPÓSITO REACTOR ÓXICO.....	18
15.1	Materiales.....	18
15.2	Parámetros del depósito .....	18
15.3	Parámetros del terreno .....	19
15.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	19
15.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	21
16	CÁLCULO DEL DECANTADOR SECUNDARIO .....	22
16.1	Materiales.....	22
16.2	Parámetros del depósito .....	22
16.3	Parámetros del terreno .....	23
16.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	23
16.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	25
17	CÁLCULO DEL ESPESADOR DE FANGOS.....	26
17.1	Materiales.....	26
17.2	Parámetros del depósito .....	26
17.3	Parámetros del terreno .....	27
17.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	27
17.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	29

## **ANEJO 13 CÁLCULO CIMENTACIÓN PAREDES DEPÓSITOS**

1	OBJETO.....	1
2	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS.....	1
3	CONDICIONES DEL DISEÑO .....	1
4	CONDICIONES DEL TERRENO .....	2
5	ZAPATA DEPÓSITO HOMOGENIZACIÓN.....	2
5.1	Datos del depósito.....	2
5.2	Dimensiones zapata.....	2
5.3	Resultados del cálculo de solicitaciones .....	2
5.4	Estado límite de equilibrio .....	2
5.4.1	La zapata no vuelca .....	2
5.4.2	La zapata no desliza .....	3
5.4.3	La zapata transmite presiones adecuadas al terreno .....	3
5.5	Calculo de la armadura necesaria en el talón .....	3
5.5.1	Datos dimensionales y solicitaciones del talón.....	4
5.5.2	Cálculo, dimensionado y comprobación.....	4
5.6	Calculo de la armadura necesaria en la puntera .....	6
5.6.1	Datos dimensionales y solicitaciones de la puntera .....	6
5.6.2	Cálculo, dimensionado y comprobación .....	6
6	CÁLCULO DE LAS ZAPATAS DEL RESTO DE DEPÓSITOS .....	9

## **ANEJO 14 MANTENIMIENTO PRECEPTIVO Y PREVENTIVO DE LA EDAR**

1	OBJETO.....	1
2	MANTENIMIENTO PRECEPTIVO .....	1
2.1	Instalaciones eléctricas de Baja Tensión.....	1
2.2	Almacenamiento de productos químicos .....	1
2.3	Aparatos a presión: Aparatos o instalaciones no sometidas a ninguna I.T.C.....	2
2.4	Aparatos a presión: Extintores de incendios. ....	2
2.5	Aparatos a presión: botellas de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.....	3
2.6	Aparatos a presión: instalaciones de tratamiento y Almacenamiento de aire comprimido.....	3
2.7	Instalaciones de protección contra incendios .....	3
2.8	Seguridad en máquinas .....	4
3	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	4

## **ANEJO 15 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

A.	CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS.....	2
1.	Control de la documentación de los suministros.....	2
2.	Control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.....	2
3.	Control mediante ensayos .....	2
3.1	Hormigones estructurales .....	2
3.2	Control de la resistencia del hormigón.....	2
3.3	Control de los componentes del hormigón .....	4
3.4	Control del acero .....	4
3.5	Forjados unidireccionales de hormigón estructural .....	6
3.6	Estructuras de acero.....	6
3.7	Estructuras de fábrica:.....	6
3.8	Criterio general de no-aceptación del producto:.....	6
B.	CONTROL DE EJECUCIÓN .....	11
C.	CONTROL DE LA OBRA TERMINADA .....	13
APENDICE I.	Control de los componentes del hormigón.....	14

## **ANEJO 16 ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

1	OBJETO DEL ESTUDIO .....	1
1.1	Normativa Residuos.....	1
2	PLAN DE GESTIÓN .....	1
2.1	Identificación de los residuos a generar. ....	1
2.2	Estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra, en t y m <sup>3</sup> .....	4
2.2.1	Unidades constructivas.....	4
2.2.2	Unidades de residuos producidos. ....	4
2.2.3	Cantidad de residuos generados. ....	4
2.3	Medidas de segregación "in situ" previstas (clasificación/selección). ....	5
2.4	Previsión de operaciones de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos (en este caso se identificará el destino previsto).....	6
2.5	Previsión de operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados. ....	7
2.6	Destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorizables "in situ" (indicando características y cantidad de cada tipo de residuos).....	7
2.7	Planos de las instalaciones previstas .....	10
2.8	Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs .....	11
2.9	Costes de reutilización, valorización y eliminación de residuos producidos. ....	13
3	CONCLUSIÓN .....	13

## **DOCUMENTO BÁSICO Nº 3 : PLANOS**

Hoja de Planos 1:	Situación y emplazamiento
Hoja de Planos 2:	Planta disposición general y urbanización
Hoja de Planos 3:	Planta disposición EDAR y Replanteo
Hoja de Planos 4:	Canal tamizado y Pozo bombeo general
Hoja de Planos 5.1:	Planta, Alzado y esquema instalación de Desengrase CAF
Hoja de Planos 5.2:	Planta, Alzado y esquema instalación de Flotación DAF
Hoja de Planos 6:	Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito homogeneización
Hoja de Planos 7:	Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito cámara anóxica
Hoja de Planos 8:	Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito Reactor biológico (depósito óxico)
Hoja de Planos 9:	Planta, Alzado y esquema instalación de Decantador secundario
Hoja de Planos 10:	Planta, Alzado y esquema instalación de Pozo bombeo recirculación externa y extracción
Hoja de Planos 11:	Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito homogeneización, espesado y digestión fangos.
Hoja de Planos 12:	Red drenajes, sobrenadantes y canalizaciones
Hoja de Planos 13:	Edificio control
Hoja de Planos 14:	Cubeto seguridad
Hoja de Planos 15:	Esquema general EDAR

## DOCUMENTO BÁSICO Nº 4 : PLIEGO DE CONDICIONES

### PLIEGO DE CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

1.1. Disposiciones generales .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 1. Objeto del Pliego de Condiciones .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 2. Documentos que definen las obras .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 3. Compatibilidades y relación entre los diversos documentos.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 4. Documentación complementaria .....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Disposiciones facultativas .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe I. Delimitación general de funciones técnicas.....</i>	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 5. Delimitación de funciones de los agentes que intervienen .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe II. Derechos y deberes del Contratista .....</i>	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 6. Inscripción en el Registro de Empresas Acreditadas.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 7. Verificación de los documentos del Proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 8. Plan de Seguridad y Salud .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 9. Proyecto de control de calidad .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 10. Oficina en la obra.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 11. Representación del Contratista. Jefe de Obra .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 12. Presencia del Contratista en la obra .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 13. Trabajos no estipulados expresamente .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 14. Obras accesorios .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 15. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto¡Error! Marcador no definido.	
Artículo 16. Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa del proyecto¡Error! Marcador no definido.	
Artículo 17. Recusación por el Contratista del personal nombrado por el Director de Obra¡Error! Marcador no definido.	
Artículo 18. Personal de la obra .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 19. Faltas del personal de la obra .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 20. Subcontratas .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 21. Suministro de los materiales.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 22. Responsabilidades del Contratista .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 23. Desperfectos en las propiedades vecinas .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe III. Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de la edificación¡Error! Marcador no definido.</i>	
Artículo 24. Daños materiales .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 25. Responsabilidad civil.....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe IV. Régimen y organización de las obras .....</i>	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 26. Dirección .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 27. Modificaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 28. Libro de Órdenes y Asistencias .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 29. Libro de Incidencias .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 30. Libro de Subcontratación .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 31. Accesos y entorno de la obra.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 32. Replanteo.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 33. Inicio y ritmo de ejecución de los trabajos .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 34. Orden de ejecución de los trabajos .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 35. Facilidades para otros contratistas .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 36. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 37. Prorroga por causa de fuerza mayor. ....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 38. Responsabilidad de la Dirección de Obra en el retraso de la ejecución de la obra¡Error! Marcador no definido.	
Artículo 39. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 40. Profundidad de las cimentaciones .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 41. Medios auxiliares .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 42. Conservación de las obras .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 43. Documentación de obras ocultas .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 44. Obras defectuosas .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 45. Obras y vicios ocultos.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 46. Materiales no utilizables o defectuosos .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 47. Gastos ocasionados por análisis, pruebas y ensayos .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 48. Limpieza de las obras .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 49. Obras sin prescripciones .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe V. Recepciones y liquidaciones .....</i>	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 50. Pruebas antes de la recepción .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 51. Recepción de las obras .....	¡Error! Marcador no definido.

Artículo 52. Documentación final.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 53. Plazo de garantía.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 54. Conservación de los trabajos durante el plazo de garantía .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 55. Conservación de los trabajos con contrata rescindida .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 56. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 57. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra ..	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 58. Liquidación final.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 59. Liquidación en caso de rescisión.....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe VI. Facultades de la dirección de obra .....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Artículo 60. Facultades de la Dirección de Obra.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Disposiciones económicas .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe I. Base fundamental .....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Artículo 61. Base fundamental .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe II. Garantías de cumplimiento y fianza .....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Artículo 62. Garantías.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 63. Fianza.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 64. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 65. Devolución de la fianza .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 66. Devolución de la fianza en el caso de que se efectúen recepciones parciales	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe III. Precios y revisiones.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Artículo 67. Gastos .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 68. Obras de mejora o ampliación .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 69. Precios unitarios .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 70. Precios contradictorios .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 71. Revisión de precios .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 72. Reclamaciones de aumento de precios .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 73. Recogida de materiales.....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe IV. Mediciones y valoraciones de los trabajos .....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Artículo 74. Mediciones de la obra.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 75. Mediciones parciales y totales.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 76. Elementos comprendidos en el presupuesto .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 77. Valoración de las obras.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 78. Valoración de obras incompletas.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 79. Otras obras .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 80. Valoración de unidades no contempladas en este Pliego.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 81. Errores en el presupuesto.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 82. Resolución respecto a las reclamaciones del Contratista .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 83. Pago de las obras .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 84. Suspensión de los trabajos.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 85. Mejoras de obras entregadas ejecutadas .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe V. Indemnizaciones.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Artículo 86. Indemnizaciones por retraso en el plazo de finalización de las obras .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 87. Indemnizaciones por retraso en los pagos.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 88. Indemnización por daños de causa mayor.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 89. Renuncia .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Epígrafe VI. Varios .....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
Artículo 90. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra .....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 91. Unidades de obra defectuosas pero aceptables.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 92. Seguro de las obras.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 93. Conservación de la obra.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 95. Uso del Contratista del edificio o de bienes de la Propiedad.....	¡Error! Marcador no definido.
Artículo 95. Pago de arbitrios.....	¡Error! Marcador no definido.

## **PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS PARTICULARES**

---

### **CAPITULO I: PRESCRIPCIONES SOBRE MATERIALES**

#### **EPÍGRAFE 1.º: CONDICIONES GENERALES**

##### **Calidad de los materiales**

- Pruebas y ensayos de los materiales
- Materiales no consignados en proyecto
- Condiciones generales de ejecución

**EPÍGRAFE 2.º: CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES**

Materiales para hormigones y morteros  
Acero  
Materiales auxiliares de hormigones  
Encofrados y cimbras  
Aglomerantes excluido cemento  
Materiales de cubierta  
Materiales para fábrica y forjados  
Materiales para solados y alicatados  
Carpintería metálica  
Pintura  
Fontanería  
Instalaciones eléctricas

**CAPÍTULO II. PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA**

**CAPÍTULO III. PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO. MANTENIMIENTO**

Movimiento de tierras  
Hormigones  
Morteros  
Encofrados  
Armaduras  
Albañilería  
Solados y alicatados  
Carpintería metálica  
Fontanería  
Instalación eléctrica  
Precauciones a adoptar  
Controles de obra

**EPÍGRAFE 1.º OTRAS CONDICIONES**

**CAPITULO IV: ANEXOS - CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

EPÍGRAFE 1.º: ANEXO 1. INSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EHE

EPÍGRAFE 2.º: ANEXO 2. CONDICIONES DE AHORRO DE ENERGÍA. DB HE

EPÍGRAFE 3.º: ANEXO 3. CONDICIONES ACÚSTICAS EN LOS EDIFICIOS

EPÍGRAFE 4.º: ANEXO 4. CONDICIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS EDIFICIOS DB SI

**DOCUMENTO BÁSICO Nº 5 : ESTADO DE MEDICIONES**

**DOCUMENTO BÁSICO Nº 6 : PRESUPUESTO**

**Presupuesto parcial de la obra civil**

**Cuadro de precios**

**Justificación de precios**

**Resumen de presupuestos de la obra civil**

**Presupuesto de maquinaria instalaciones y equipos**

**Resumen General Total de Presupuestos**

**DOCUMENTO BÁSICO Nº7 : ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA**

**PROYECTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN**

**ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LAS OBRAS**

## **MEMORIA**

**Proyecto de instalación de depuradora para el tratamiento de 1200 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales procedentes de industria de matadero de aves y sala de despiece anexa situados en el T.M. de Bellvís (Pla d'Urgell)**

---





# ÍNDICE

<b>1. OBJETO DEL PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
1.1 AGENTES.....	1
1.2 NATURALEZA DEL PROYECTO .....	1
1.3 EMPLAZAMIENTO .....	2
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
2.1 BASES DEL PROYECTO .....	2
2.2 CONDICIONANTES DEL PROMOTOR .....	3
2.3 CONDICIONANTES DEL MEDIO.....	3
2.3.1 CONDICIONANTES LEGALES .....	3
2.3.2 CONDICIONANTES FÍSICOS.....	6
2.3.3 OTROS CONDICIONANTES DEL MEDIO .....	6
2.4 SITUACIÓN ACTUAL .....	6
2.4.1 ACTIVIDAD ACTUAL .....	6
2.4.2 CONSTRUCCIONES EXISTENTES .....	7
<b>3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA</b> .....	<b>8</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AGUA RESIDUAL Y BASES LEGALES DE APLICACIÓN A LA EDAR A DISEÑAR. ....	9
3.2 CONDICIONANTES DE CAUDAL Y PARÁMETROS CONTAMINANTES DE LA EDAR A DISEÑAR. ....	10
3.3 UNIDADES FUNCIONALES DISPONIBLES.....	11
3.4 FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS .....	14
3.5 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DEPURACIÓN POR FANGOS ACTIVADOS DE BAJA CARGA Y OPCIONES A CONSIDERAR.....	16
3.6 LA EDAD DE FANGO NECESARIA PARA NITRIFICACIÓN EN DICHO PROCESO.....	18
3.7 EL DIMENSIONADO DEL PROCESO BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA CON NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN COMO ALTERNATIVA 1.....	19
3.7.1 LÍNEA DE AGUAS DEL REACTOR BIOLÓGICO .....	19
3.7.2 LÍNEA DE FANGOS.....	20
3.8 EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO EN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR), ALTERNATIVA 2 .....	21
3.8.1 LA ELECCIÓN SISTEMA TRATAMIENTO DE FANGOS .....	21
3.9 LA JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA ADOPTADA .....	22
3.9.1 DIFERENCIAL DE INVERSIONES .....	22
3.9.2 DIFERENCIAL DE PAGOS .....	23
3.9.3 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	24
<b>4. INGENIERIA DEL PROYECTO</b> .....	<b>24</b>
4.1 INGENIERÍA DEL PROCESO .....	24
4.2 INGENIERÍA DE LAS OBRAS QUE SE PROYECTAN.....	25
4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	25
4.2.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS .....	25
4.2.1.2 CUMPLIMIENTO DEL CTE Y DE OTRAS NORMATIVAS ESPECÍFICAS .....	26
4.2.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL EDIFICIO Y DEPÓSITOS .....	27
4.2.1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PARÁMETROS QUE DETERMINAN LAS PREVISIONES TÉCNICAS.....	27
4.2.2 PRESTACIONES DEL EDIFICIO .....	29
4.2.3 MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	31
4.2.3.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO.....	31
4.2.3.2 SISTEMA ESTRUCTURAL .....	31
4.2.3.3 SISTEMA ENVOLVENTE .....	31
4.2.3.4 DE COMPARTIMENTACIÓN .....	32

4.2.3.5 SISTEMAS DE ACABADOS .....	32
4.2.3.6 SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES.....	32
4.2.3.6.1 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	32
4.2.3.6.2 ANTIINTRUSIÓN.....	32
4.2.3.6.3 PARARRAYOS.....	32
4.2.3.6.4 ELECTRICIDAD.....	33
4.2.3.6.5 ALUMBRADO.....	33
4.2.3.6.6 ASCENSORES.....	33
4.2.3.6.7 TRANSPORTE .....	33
4.2.3.6.8 INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA .....	33
4.2.3.6.9 EVACUACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS .....	33
4.2.3.6.10 VENTILACIÓN.....	34
4.2.3.6.11 TELECOMUNICACIONES.....	34
4.2.3.6.12 INSTALACIONES TÉRMICAS DEL EDIFICIO .....	34
4.2.3.6.13 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES.....	34
4.2.3.6.14 AHORRO DE ENERGÍA .....	34
4.2.3.7 EQUIPAMIENTO.....	34
4.2.4 CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN .....	41
4.2.4.1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL .....	41
4.2.4.1.1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL (ES).....	41
4.2.4.1.1.1 COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS.....	41
4.2.4.1.1.2 COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO.....	41
4.2.4.1.2 ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN (ES-AE).....	41
4.2.4.1.2.1 ACCIONES PERMANENTES (G) .....	41
4.2.4.1.2.2 ACCIONES VARIABLES (Q).....	42
4.2.4.1.2.3 ACCIONES ACCIDENTALES (A) .....	42
4.2.4.1.2.4 COMBINACIÓN DE LAS ACCIONES ACTUANTES SOBRE LA EDIFICACIÓN.....	43
4.2.4.1.3 CIMENTACIONES (ES-C) .....	43
4.2.4.1.4 CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NCSE-02 .....	43
4.2.4.1.5 CUMPLIMIENTO DE LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE .....	43
4.2.4.1.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS FORJADOS .....	44
4.2.4.1.7 ESTRUCTURAS DE ACERO (ES-A).....	44
4.2.4.1.8 FÁBRICA .....	44
4.2.4.2 SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.....	44
4.2.4.3 SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN .....	44
4.2.4.3.1 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAÍDAS.....	44
4.2.4.3.1.1 RESBALADICIDAD DE LOS SUELOS .....	45
4.2.4.3.1.2 DISCONTINUIDADES EN EL PAVIMENTO.....	45
4.2.4.3.1.3 DESNIVELES .....	45
4.2.4.3.1.4 ESCALERAS Y RAMPAS.....	45
4.2.4.3.1.5 LIMPIEZA DE CRISTALES EXTERIORES .....	45
4.2.4.3.2 SEGURIDAD FRENTE EL RIESGO DE IMPACTO O ATRAPAMIENTO.....	45
4.2.4.3.2.1 IMPACTO .....	45
4.2.4.3.2.2 ATRAPAMIENTO.....	45
4.2.4.3.2.3 SEGURIDAD FRENTE EL RIESGO DE CERRAMIENTO EN RECINTOS.....	45
4.2.4.3.3 SEGURIDAD FRENTE EL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA .....	45
4.2.4.3.3.1 ALUMBRADO NORMAL EN ZONAS DE CIRCULACIÓN.....	46
4.2.4.3.3.2 ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	46

4.2.4.3.4	SEGURIDAD FRENTE EL RIESGO CAUSADO POR SITUACIONES DE ALTA OCUPACIÓN .....	46
4.2.4.3.5	SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOGAMIENTO .....	46
4.2.4.3.6	SEGURIDAD FRENTE EL RIESGO CAUSADO POR VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO.....	46
4.2.4.3.7	SEGURIDAD FRENTE EL RIESGO CAUSADO POR LA ACCIÓN DEL RAYO .....	46
4.2.4.4	SALUBRIDAD.....	47
4.2.4.4.1	PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD .....	47
4.2.4.4.1.1	MUROS .....	47
4.2.4.4.1.2	PAVIMENTOS .....	47
4.2.4.4.1.3	FACHADAS .....	47
4.2.4.4.1.4	CUBIERTAS.....	47
4.2.4.4.2	RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS .....	47
4.2.4.4.3	CALIDAD DEL AIRE INTERIOR .....	48
4.2.4.4.4	SUMINISTRO DE AGUA.....	48
4.2.4.4.5	EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	48
4.2.4.4.5.1	RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	48
4.2.4.4.5.2	RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES .....	48
4.2.4.5	PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO.....	49
4.2.4.6	AHORRO DE ENERGÍA .....	49
4.2.4.6.1	LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA .....	49
4.2.4.6.2	RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS .....	49
4.2.4.6.3	EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.....	49
4.2.4.6.4	CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	49
4.2.4.6.5	CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	49
4.2.5	CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS .....	49
4.2.5.1	REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA A BAJA TENSIÓN .....	49
4.2.5.2	CRITERIOS AMBIENTALES Y DE ECOEFICIENCIA EN LOS EDIFICIOS .....	50
4.2.5.3	CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN.....	50
4.2.5.4	GESTIÓN DE LOS DERRIBOS Y OTROS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.....	51
5.	<b>DE LA ACTIVIDAD.....</b>	<b>52</b>
6.	<b>PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS .....</b>	<b>53</b>
7.	<b>DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO.....</b>	<b>54</b>
8.	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>55</b>

# MEMORIA CONSTRUCTIVA

## 1. OBJETO DEL PROYECTO

### 1.1 Agentes

**Promotor:** AVICOLA DEL PLA S.A.

C/ Major, 19  
25.142 Bellvís (Lleida)

**Emplazamiento:** MATADERO Y SALA DESPIECE AVICOLA DEL PLA

Polígono 08, parcela 40 y 41  
T.M. Bellvís (Pla d'Urgell)

**Projectista:** M<sup>a</sup> Carmen Llorca Iglesias

Av. Alcalde Rovira Roure, 191  
25198 Lleida

e-mail: mllorca3@alumnes.udl.cat

**Tutor**

Profesor F. Xavier Luján Egea, ETSEA- Lleida

Autor del estudio Seguridad y Salud

M<sup>a</sup> Carmen Llorca Iglesias

Coordinador la fase de elaboración del proyecto

M<sup>a</sup> Carmen Llorca Iglesias

### 1.2 Naturaleza del proyecto

Se redacta el presente Proyecto Final de Carrera (PFC) con la finalidad de la obtención de los créditos correspondientes dentro de la titulación de Ingeniero Agrónomo en la *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida*, centro perteneciente a la Universidad de Lleida y siguiente problemática de estudio:

Se considera existente una Unidad Industrial Agraria de Matadero y Sala de Despiece Anexa que consecuencia de los incrementos de matanza y despiece precisa una nueva instalación de depuración de sus aguas residuales, dado que las actuales han quedado obsoletas y no permiten alcanzar los límites de vertido que impone la legislación vigente.

Se redacta el presente proyecto en base a la solicitud de la licencia de obras del Proyecto de Instalación de Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) con capacidad de tratamiento de 1200 m<sup>3</sup>/día, que posteriormente se justifica.

Dicho proyecto se contempla como un cambio no sustancial dado que se plantea como la sustitución de los equipos actuales de depuración por nuevos equipos que permitan adecuarse a las nuevas condiciones de vertido, mucho más estrictas que las autorizadas actualmente, sin que ello provoque ninguna modificación significativa en los aspectos ambientales y de definición de la actividad principal (matadero y Sala despiece) ya perfectamente legalizada desde el año 1990. Es fundamental indicar que se actúa sobre los equipos de depuración de aguas y tratamiento de fangos, siendo por tanto una sustitución

sumamente positiva y que no implica un incremento en los residuos generados sino todo lo contrario.

Por parte de Avícola del Pla. se proyecta la nueva EDAR en terrenos de su propiedad que dispone en las parcelas núm. 40 y 41 del polígono 08 de Bellvís.

### **1.3 Emplazamiento**

La instalación del presente proyecto está promovida por Avícola del Pla S.A., quedando sujeta a los principios y disposiciones de la Ley de Sociedades Anónimas, que le otorga plena personalidad jurídica.

La ubicación del establecimiento se dispone en:

Parcelas núm. 40 y 41, (en esta última la EDAR que se considera)

Polígono 08

T.M. Bellvís (Pla d'Urgell)

Estas parcelas son propiedad de Avícola del Pla.

Las coordenadas UTM de la parcela 41 son 316.294 y 4.617.021 y la altitud es 207 m.

El suelo en el que se ubican las instalaciones está calificado como suelo no urbanizable pero dispone según el reglamento de aplicación de permiso para las mejoras y ampliaciones de construcciones existentes para usos agroindustriales.

El acceso se produce desde la carretera de Bellvís a Termens sobre el pk 1,1. Dicho acceso tiene anchura suficiente para la correcta circulación de los vehículos que deben acceder a la industria, tal como se muestra en hoja de Planos nº 1 "Situación y Emplazamiento".

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Bases del proyecto**

Avícola del Pla S.A se crea en el año 1988 en el municipio de la Bellvís, procedente de la fusión de varios avicultores de la provincia de Lleida.

La buena marcha de la empresa y las exigencias comunitarias en este tipo de instalaciones ha llevado, mediante ampliaciones sucesivas a disponer de dos líneas de matanza de aves con capacidad de 6.000 a/h cada una, y despieces para el 60% de la producción de canales.

La actividad dispone de las siguientes inscripciones:

Inscripción en el Registro de Establecimientos industriales y en el Registro de Industrias Agrarias y Alimentarias, actividad: Matadero y Sala despiece Anexa

Número: 25/ 10.000

El establecimiento dispone de las siguientes autorizaciones:

- Certificado de calificación de Avícola del Pla S.A como ACTIVIDAD MOLESTA, INSALUBRE Y NOCIVA, en fecha 1 de junio de 1989.
- LICENCIA MUNICIPAL de 1989 y 1997, que autoriza la ejecución de las obras iniciales y ampliación posterior solicitadas.

- ACTA DE COMPROBACIÓN Y AUTORIZACIÓN de adecuación a Ley 3/98 para la actividad, en régimen de Autorización Ambiental de fecha 15 de enero de 2006.

Las actuaciones que se pretende realizar no modifican la actual licencia de actividades, ya que con la nueva EDAR se pretende reducir y adecuar los parámetros contaminantes a las disposiciones actuales y renovar próximamente la mencionada Autorización Ambiental.

Por tanto queda sujeta únicamente a la correspondiente licencia municipal de obras ya que solo se incorpora una nueva y pequeña edificación para albergar los equipos de control de la EDAR a instalar y se considera cambio no sustancial.

Por todo lo anteriormente expuesto, se redacta el presente Proyecto a fin de:

- Adjuntar al expediente DE AUTORIZACIÓN DE LAS OBRAS, en el Ayuntamiento de Bellvís.
- Solicitar la LICENCIA DE OBRAS para la EDAR proyectada que consiste fundamentalmente en un conjunto de depósitos para el tratamiento de las aguas y lodos producidos en la depuración con sus equipos correspondientes y obra complementaria, como luego se indica, a disponer en la parcela 41 del polígono 08 de Bellvís.
- Proporcionar los datos de cálculo necesarios que permitan dar una idea exacta de cómo deben realizarse las obras e instalaciones de la actuación que se contempla. Así como también dar pauta al Constructor y Propietario para la realización de las obras, según lo que prescribe el presente Proyecto y para lo que en su día considere oportuno el Director Técnico de la Obra.

## **2.2 Condicionantes del promotor**

El promotor impone como principal condicionante que el emplazamiento en la parcela citada y un caudal de diseño de la EDAR al menos un 120% de sus actuales vertidos.

## **2.3 Condicionantes del medio**

### **2.3.1 Condicionantes legales**

#### Ordenación urbanística:

- **Normas subsidiarias** (NN.SS.) de planeamiento del municipio de **Bellvís**, (DOGC 4657 de 06-04-2005).
- Llei del sòl. Llei 8/2007, de 28 de maig (BOE núm. 128 de 29-5-2007).
- Llei d'urbanisme. Decret legislatiu 1/2005, de 26 de juliol (DOGC núm. 4436 de 28-7-2005). Modificat pel Decret Llei 1/2007, de 16 d'octubre (DOGC núm. 4990 de 18-10-2007). Reglament de la Llei d'urbanisme. Decret 305/2006, de 18 de juliol (DOGC núm. 4682 de 24-7-2006).
- Text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya. Decret Legislatiu 3/2003, de 4 de novembre (DOGC núm. 4015 de 21-11-2003). Modificat per la Llei 12/2004, de 27 de desembre (DOGC núm. 4292 de 31-12-2004 ), Llei 21/2005, de 29 de desembre (DOGC núm. 4541 de 31-12-2005) i Llei 5/2007, de 4 de juliol (DOGC núm. 4920 de 6-7-2007).

### Normativa de construcción

- Ley de Ordenación de la Edificación. Ley 38/1999, de 5 de noviembre (BOE núm. 266 de 6-11-1999). Modificada por la Ley 24/2001, de 27 de diciembre (BOE núm. 313 de 31-12-2001) y por la Ley 53/2002, de 30 de diciembre (BOE núm. 313 de 31-12-2002).
- Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE núm. 74 de 28-3-2006). Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre (BOE núm. 254 de 23-10-2007).
- Instrucción de hormigón estructural (EHE). Aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio. (BOE 22/08/2008)
- Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición.
- Control de qualitat de l'edificació. Decret 375/1988, d'1 de desembre (DOGC núm. 1086 de 28-12-1988. Correcció d'errades en el DOGC núm. 1111 de 24-2-1989). Desplegat per les Ordres de 25 de gener de 1989 (DOGC núm. 1111 de 24-2-1989), 13 de setembre de 1989 (DOGC núm. 1205 d'11-10-1989), Resolució de 18 de novembre de 1991 (DOGC núm. 1531 de 18-12-1991) i Ordres de 16 d'abril de 1992 (DOGC núm. 1610 de 22-6-1992), 12 de juliol de 1996 (DOGC núm. 2267 d'11-10-1996) i 18 de març de 1997 (DOGC núm. 2374 de 18-4-1997).

### Normativa de instalaciones:

- Reglamento electrotécnico para a baja tensión (REBT) e instrucciones técnicas complementarias (ITC). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (BOE núm. 224 de 18-9-2002).
- Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE). Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio (BOE núm. 207 de 29-8-2007).

### Normativa contra incendios

- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre (BOE núm. 303 de 17-12-2004. Corrección de errores y erratas en el BOE núm. 55 de 5-3-2005).
- Código técnico de la edificación. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE núm. 74 de 28-3-2006). Modificado por R.D. 1371/2007, de 19 de octubre (BOE núm. 254 de 23-10-2007).

### Normativa ambiental

- Ley de aguas 29/1985, de 2 de agosto.
- Reglamento de Dominio Público Hidráulico (PD 8498/1986 y RD 927/1988) y conjuntamente con las Órdenes del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de 12 de noviembre de 1987, 13 de marzo 1989 y 28 de junio de 1991
- Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se transpone al derecho interno español la Directiva 91/271/CEE.



- Llei de la intervenció integral de l'Administració ambiental. Llei 3/1998, de 27 de febrer (DOGC núm. 2598 de 13-3-1998). Modificada per la Llei 1/1999, de 30 de març (DOGC núm. 2861 de 6-4-1999), Llei 4/2000, de 26 de maig (DOGC núm. 3149 de 29-5-2000), Llei 13/2001, de 13 de juliol (DOGC núm. 3437 de 24-7-2001) i Llei 4/2004, d'1 de juliol (DOGC núm. 4167 de 5-7-2004).
- Text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya. Decret Legislatiu 3/2003, de 4 de novembre (DOGC núm.4015 de 21-11-2003). Modificat per la Llei 12/2004, de 27 de desembre (DOGC núm. 4292 de 31-12-2004 ), Llei 21/2005, de 29 de desembre (DOGC núm. 4541 de 31-12-2005) i Llei 5/2007, de 4 de juliol (DOGC núm. 4920 de 6-7-2007).
- Llei de responsabilitat mediambiental. Llei 26/2007, de 23 d'octubre (BOE núm. 255 de 24-10-2007).
- Llei de protecció contra la contaminació acústica. Llei 16/2002, de 28 de juny (DOGC núm. 3675 de 11-7-2002).
- Regulació dels enderrocs i altres residus de la construcció. Decret 201/1994, de 26 de juliol (DOGC núm. 1931 de 8-8-1994). Modificat pel Decret 161/2001, de 12 de juny (DOGC núm. 3414 de 21-6-2001).
- Llei d'ordenació ambiental de l'enllumenat per a la protecció del medi nocturn. Llei 6/2001, de 31 de maig (DOGC núm. 3407 de 12-6-2001).

#### Normativa de seguridad y salud:

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995, de 8 de noviembre (BOE núm. 269). Modificada por la Ley 50/1998, de 30 de diciembre (BOE núm. 313 de 31-12-1998), la Ley 39/1999, de 5 de noviembre (BOE núm. 266 de 6-11-1999. Corrección de errores en el BOE núm. 271 de 12-11-1999), por el R.D. legislativo 5/2000, de 4 de agosto (BOE núm. 189 de 8-8-2000. Corrección errores en el BOE núm. 228 de 22-9-2000), la Ley 54/2003, de 12 de diciembre (BOE núm. 298 de 13-12-2003), Ley 30/2005, de 29 de diciembre (BOE núm. 312 de 30-12-2005), Ley 31/2006, de 18 de octubre (BOE núm. 250 de 19-10-2006) y por la Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo (BOE núm. 71 de 23-3-2007).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre (BOE núm. 256 de 25-10-1997). Modificado por el Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre (BOE núm. 274 de 13-11-2004), Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo (BOE núm. 127 de 29-5-2006) y Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto (BOE núm. 204 de 25-8-2007. Corrección de errores en el BOE núm. 219 de 12-9-2007).

#### Otra Normativa

- Todas les que le puedan afectar y específicamente las derivadas de las disposiciones Urbanísticas del Excm. Ayuntamiento de Bellvís.

### **2.3.2 Condicionantes físicos**

La parcela donde se encuentran ubicadas las instalaciones de Avícola del Pla se encuentra situada en una zona de clasificación del suelo no urbanizable, pero dispone, según se ha indicado, de posibilidad para las mejoras y ampliaciones de construcciones existentes para usos agroindustriales de acuerdo con el artículo 47 del *Règim d'ús del sòl no urbanitzable del Decret Legislatiu 1/2005, de 26 de juliol*, por el que se aprueba el Text refós de la Llei d'urbanisme, y el artículo 47 del *Decret 305/2006, de 18 de juliol, del Reglament de la Llei d'urbanisme, (modificada i refosa per l'actual Decret Legislatiu 1/2005)*.

En otro orden de magnitud se mantiene la distancias y condiciones de parcelación al vial que determinan las NN.SS. de Bellvís. En este sentido, respecto a la EDAR proyectada, se tienen en consideración:

Se han tenido en cuenta las indicaciones que se contemplan en el artículo 176 de *Protecció de camins, constituent de les Normes establertes per l'Ajuntament de Bellvís pel que fa a Protecció de vies rurals i camins d'Horta i de vies d'aigua*.

Cumplimiento del artículo 172 de Condiciones de edificación para usos no agrícolas:

- La separación mínima respecto los límites es en todos los casos mayor a 10 m.
- La superficie de la finca es de 44.574 m<sup>2</sup>, valor superior a los 15.000 m<sup>2</sup> de parcela mínima.

El suelo y el subsuelo tienen unas características que se han deducido del estudio geotécnico que se realizó en las últimas ampliaciones del matadero que manifiesta un primer nivel formado por suelo agrícola de 0,3-0,5 m de espesor, un segundo nivel formado por un material limo arenoso de consistencia media, perteneciente al suelo natural de origen coluvial, cuyo espesor es de 0,5 y 3 m y por último un tercer nivel que corresponde al sustrato rocoso terciario local, compuesto por conglomerado redondeado de naturaleza calcárea.

Como dato válido para cálculos posteriores y según se indica por el mencionado estudio geotécnico para los niveles existentes, se estima un valor de 100 kN/m<sup>2</sup> como valor de tensión admisible del terreno a cotas de cimentación de 0,5 y 1 m.

### **2.3.3 Otros condicionantes del medio**

La ubicación en la que se pretende ejecutar la EDAR, no está incluida en ninguna zona de espacio protegido, ni zona inundable.

## **2.4 Situación actual**

### **2.4.1 Actividad actual**

Avícola del Pla (AVIPLA) tiene como a actividad principal el matadero de aves y sala de despiece anexa, que desarrolla en terrenos de su propiedad, correspondientes a las parcelas citadas anteriormente.

AVIPLA dispone de Resolución de Autorización Ambiental desde enero de 2006, y que debe renovar en 2012 para lo cual precisa de la ejecución de la EDAR que se proyecta.

AVIPLA en su centre dispone de líneas de sacrificio y sala de despiece de aves con unas capacidades de:

- Matadero de aves                    2 x 6.000 aves/h
- Sala de despiece                    10 t/día

#### **2.4.2 Construcciones existentes**

El recinto industrial se distribuye en una parcela de 44.574 m<sup>2</sup>, de los cuales se encuentran construidos 4.810 m<sup>2</sup>.

En este recinto industrial se realizan las siguientes operaciones:

- Recepción de aves vivas
- Zona Matadero Aves, (2 líneas):
  - Salas de recepción, cuelgue, sacrificio, escaldado y desplumado.
  - Sala evisceración.
  - Túnel oreo
  - Sala clasificación canales.
- Sala de despiece
- Cámaras conservación frescos
- Túnele de congelación
- Cámara conservación congelados.
- Sala Máquinas instalaciones frigoríficas
- Zona de subproductos-Generación vapor.
- Depuradora aguas residuales por tratamiento fisicoquímico
- Zona servicios y oficinas.
- Zona lavado de cajas.
- Zona lavado camiones.
- Zona ante-cámara expediciones.
- Bascula y caseta control entradas/salidas

El estado de la obra civil e instalaciones es adecuado en los aspectos técnico-sanitarios. El tratamiento de aguas residuales, ya se ha indicado que precisa de un nuevo diseño, y es objeto del presente proyecto.

### **3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.**

Se presenta en este proyecto la solución adoptada, considerando los distintos condicionantes estudiados y la elección de alternativas para la justificación final.

Para ello se ha estudiado:

- Las características generales del agua residual y bases legales de aplicación a la EDAR a diseñar.
- Los condicionantes de caudal y parámetros contaminantes
- Las unidades funcionales de tecnologías disponibles para aplicación a la nueva EDAR
- Los fundamentos de los procesos biológicos aerobios

Conocido todo ello y fijadas las bases de diseño de la EDAR, se ha calculado:

- El tratamiento biológico de depuración por fangos activados de baja carga y opciones a considerar
- La edad de fango necesaria para nitrificación en dicho proceso
- El dimensionado del proceso biológico de aireación prolongada con nitrificación-desnitrificación como alternativa 1
- El tratamiento biológico en reactor biológico secuencial (SBR), como alternativa 2
- La elección sistema tratamiento de fangos
- La justificación de la alternativa adoptada

Una vez fijada la selección del tratamiento de depuración se han realizado los cálculos pertinentes para la definición del sistema constructivo mediante:

- La elección sistema constructivo de los depósitos de la EDAR
- El dimensionado de los muros de los depósitos
- El dimensionado de la cimentación paredes depósitos

Finalmente a efectos de considerar la ejecución y explotación de la EDAR se han realizado:

- El mantenimiento preceptivo y preventivo de la EDAR
- El Plan de control de calidad para la ejecución
- El estudio de la producción y gestión de residuos de la construcción y demolición
- La planificación y programación de la obra

Que seguidamente se resumen.

### **3.1 Características generales del agua residual y bases legales de aplicación a la EDAR a diseñar.**

A fin de conocer la composición típica de las aguas residuales, definir los parámetros que se toman como indicativo de contaminación de dichas aguas, así como el efecto que provocan estos contaminantes sobre las aguas continentales y las limitaciones que impone la legislación vigente para prevenir dichos efectos, se ha realizado el estudio pertinente que se recoge en el Anejo nº 1.

En el mismo se recogen los constituyentes orgánicos e inorgánicos, el contenido de sólidos, los nutrientes y microorganismos presentes en las aguas residuales típicas, así como los efectos de los contaminantes sobre las aguas superficiales que determinan pérdida de calidad de las aguas, toxicidad, disminución del oxígeno y procesos de eutrofización.

Entre los constituyentes orgánicos hay que destacar principalmente:

- La **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)** como cantidad de oxígeno necesaria para descomponer por acción aeróbica la carga residual. Se estandariza para el oxígeno consumido en 5 días a una temperatura de 20°C y se expresa en mg O<sub>2</sub>/l con el acrónimo **DBO<sub>5</sub>**
- La **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**. Indica la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación, mediante dicromato potásico en medio ácido y en ebullición, de los compuestos químicos presentes, que están relacionados con el contenido de materia orgánica de las aguas. También se expresa en mg O<sub>2</sub>/l.

Entre los constituyentes inorgánicos, básicamente determinados por el contenido de sustancias minerales disueltas, hay que destacar por su importancia la concentración del ión hidrógeno (**pH**), dado que el intervalo idóneo que permite la mayor parte de la vida microbiana es bastante crítico y estrecho.

Respecto a los sólidos presentes en el agua residual, estos se presentan en forma soluble e insoluble diferenciándose:

- MDT: materia disuelta total
- MES: materia en suspensión
- MESV: materia en suspensión volátil

La suma de MES y MDT se conoce como sólidos totales (ST). El límite entre sólidos suspendidos y los sólidos disueltos se determinan en base al tamaño de las partículas que los constituyen. Existen cuatro tipos de fracciones de sólidos en base al tamaño de los mismos (Sedimentables: > 100 µm; Supracoloidales: 1- 100 µm; Coloidales: 1 nm -1 µm; Solubles: < 1 nm)

Los sólidos solubles comprenden gran parte del material inorgánico, mientras que el material suspendido es predominantemente orgánico. Los sólidos suspendidos representan más de un 60% de la DBO de un agua residual.

- **Sólidos en suspensión (SS)**: Sólidos no disueltos (superiores a 1,2 micras). En el caso de los mataderos se trata, fundamentalmente, de contaminación orgánica. Constituye una medida aproximada de la cantidad de fangos que se obtendrá con la decantación primaria del agua residual. Se expresa en mg/l.

También es de importancia los elementos nutritivos presentes como son:

- **Nitrógeno:** El nitrógeno total Kjeldalh (NTK) es la suma de **nitrógeno** orgánico más el amoniacal, producto de la descomposición del nitrógeno orgánico. El nitrógeno es uno de los principales nutrientes del agua pero a concentraciones elevadas impide la vida piscícola.
- **Fósforo (P):** Se encuentra en la materia orgánica y es uno de los **nutrientes** del agua. Puede provenir de detergentes.
- **Grasas:** Compuesto orgánico de gran estabilidad, de difícil descomposición bacteriana. Las grasas y aceites de origen animal y vegetal son biodegradables y, en emulsión, pueden someterse con éxito a un tratamiento biológico.

Es preciso indicar que los organismos que integran el ecosistema del agua residual son principalmente: Virus, Bacterias, Hongos, Protozoos y Nematodos de los que posteriormente se comentará sobre los más importantes que intervienen en los procesos de depuración.

Finalmente en el mencionado anejo se hace una extensión de legislación vigente en España y en la Unión Europea, así como en Catalunya dado que el control de los vertidos es competencia de la Agencia Catalana del Agua (ACA). En base a ello se resume para aplicación a la EDAR que se proyecta.

- Las Directivas del Consejo 91/271/CEE y 98/15/CE y los RD 11/1995 y RD 2116 /1998 por los que se transponen al derecho interno español dichas directivas, infieren para la actividad y el emplazamiento considerado que:
  - Las aguas residuales del matadero de aves se asimilan a las aguas residuales urbanas
  - La zona está declarada como sensible
- En consecuencia en el efluente se considerará un máximo de 2 mg/l P y 15 mg/l de N total, además la DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, SS, aceites y grasas que determinan los RD citados.

### 3.2 Condicionantes de caudal y parámetros contaminantes de la EDAR a diseñar.

Con la finalidad de estimar los caudales de vertido y la contaminación de los mismos, se procedió a realizar muestreo de las aguas residuales que genera el matadero de aves y sus sala de despiece anexa.

Para ello se realizaron las acciones y mediciones que se relacionan en el Anejo nº 2 resultando, a los efectos de diseño los siguientes datos de partida para el diseño:

PARAMETROS	Valores
<b>Matanza diaria</b>	De lunes a viernes, ocasionalmente sábados
<b>Despiece diario</b>	Si
<b>Recuperación de sangre</b>	95 %
<b>Recuperación de plumas</b>	95 %

<b>Caudal diario medio</b>	1200 m <sup>3</sup> /día
<b>Caudal medio (Q<sub>16</sub>)</b>	75 m <sup>3</sup> /h
<b>Caudal punta (Q<sub>8</sub>)</b>	150 m <sup>3</sup> /h
<b>Caudal diario punta</b>	1380 m <sup>3</sup> /día
<b>Caudal diario de diseño</b>	1380 m <sup>3</sup> /día
<b>DQO adoptada</b>	4400 ppm
<b>DBO5 adoptada</b>	2250 ppm
<b>SS adoptada</b>	1800 ppm
<b>Ac.-grasas</b>	300 ppm
<b>N total</b>	385 ppm

**Vertido:** Uniforme a lo largo del año, pudiendo oscilar en  $\pm 15\%$  por condiciones de producción. (7 días a la semana = 365 días/año)

**Horario de producción:** 6:00 a 14 h matanza y limpieza líneas matanza  
14 a 21-22 h despieces y limpieza sala despiece

**Caudal máximo de vertido anual:**  $1200 \times 365 = 438.000 \text{ m}^3/\text{año}$  (previsión > 15 años)

### Parámetros de vertido en zonas sensible

Las condiciones del vertido depurado que la ingeniería de detalle debe contemplar de acuerdo con lo especificado en Anejo 1 son:

PARAMETROS	Base legal	Objetivo diseño
pH	6 - 9	6 - 9
S.S.	$\leq 80 \text{ ppm}$	35 ppm
DBO <sub>5</sub>	$\leq 40 \text{ ppm}$	25 ppm
DQO	$\leq 150 \text{ ppm}$	125 ppm
Amonio	$\leq 5 \text{ ppm}$	$\leq 5 \text{ ppm}$
Nitrógeno Total	$\leq 15 \text{ ppm}$	$\leq 15 \text{ ppm}$
Fósforo Total	$\leq 2 \text{ ppm}$	$\leq 2 \text{ ppm}$
Aceites y grasas	$\leq 20 \text{ ppm}$	18 ppm

### 3.3 Unidades funcionales disponibles

Con el objeto de describir y preseleccionar las unidades funcionales y tecnologías disponibles en el mercado para la estación depuradora de aguas residuales (AR) que se pretende diseñar se ha confeccionado el Anejo nº 3 resultando en síntesis lo siguiente:

El tratamiento de los efluentes requiere las siguientes fases o etapas:

- Pretratamiento del agua bruta
- Tratamiento primario

- Tratamiento secundario (línea biológica)
- Tratamiento de fangos

Para el **pretratamiento** se ha estudiado su función como primer escalón del proceso de depuración. Consiste en una eliminación de materias gruesas y cuerpos gruesos, cuya presencia en el afluente, perturbaría el tratamiento total y el eficiente funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora, así como sus y componentes que se precisan para el caso estudiado:

- **Entrada general y canal de tamizado:** donde se dispondrá el equipo de tamizado que evacua los sólidos excedentes y envía el agua al pozo de bombeo general.
- **Desbaste:** No se precisa
- **Tamiz:** sistema de rejillas de paso muy fino y complementario al proceso de eliminación de residuos que puede proporcionar cierta reducción de sólidos en suspensión.
- **Desarenador:** no se precisa por las características del agua residual
- **Pozo general de bombeo:** Recibe las aguas tamizadas y las bombea al desengrase.
- **Desengrasador:** es necesario instalar una cámara de desengrasado por flotación con el fin de eliminar gran parte de las grasas en el efluente y estas no interfieran en los siguientes procesos de depuración biológica. Para alcanzar un alto rendimiento en la eliminación de grasas se precisa disponer bomba de cavitación (CAF) y puente barredor de sobrenadantes para su extracción.
- **Tanque de homogeneización:** garantiza la homogeneidad de las aguas residuales que entran al proceso de depuración, además de regular y mantener un caudal constante en la instalación para los siguientes tratamientos.

Para el **tratamiento primario** también se ha estudiado su función como primer escalón del proceso de depuración. Consiste en la separación por sedimentación de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento a fin de disminuir la carga contaminante previa al siguiente tratamiento, así como los distintos tipos disponibles y un estudio específico para analizar las diferencias entre decantación y flotación en el Apéndice 1 del mencionado Anejo nº 3, a efectos de disponer de criterios de la elección que posteriormente se indica.

Para el **tratamiento secundario**, también llamado línea biológica, se estudia su función que es la reducción de la DBO de las aguas residuales mediante la asimilación de la materia orgánica por los microorganismos que la degradan en presencia de nutrientes y O<sub>2</sub>. El agua pasa por un decantador secundario y parte del fango se deposita en el fondo y parte pasa a la fase de digestión para mantener controlado el proceso.

Se estudia el proceso de fangos activos (aireación prolongada con recirculación de lodos) por su gran efectividad y sencillez de funcionamiento.

Los índices fundamentales, que se precisan para conocer la bondad del proceso y su rendimiento, pueden reducirse a: Caudal a tratar, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos en suspensión, contenidos de nitrógeno amoniacal y total, fósforo, elementos tóxicos y/o inhibidores y grasas.



Se hace hincapié en los procesos de eliminación de N que diseñar reactores donde se sucedan fases de aireación y de anoxia, con recirculación interna, para permitir los procesos de nitrificación y desnitrificación.

Igualmente para eliminación de P se indican las siguientes conclusiones:

- Se precisa eliminar P hasta niveles < 2 mg/l en el vertido final.
- Los tratamientos mecánicos y biológicos no permiten alcanzar dicho nivel si no se procede a disponer de un tratamiento químico.
- Si en el tratamiento primarios se utiliza, para disminuir la carga contaminante, DAF con reactivos (DAF-CR), la eliminación de P está prácticamente asegurada.
- No así si dicho tratamiento es sin reactivos (DAF-SR), por lo que en este caso se debe prever dicho tratamiento químico previo a la decantación secundaria.

Finalmente se concluye para la tecnología a emplear en el reactor biológico de fangos activos se presentan dos opciones que se describen en el mencionado anejo nº 3:

- Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo
- Reactor biológico secuencial (SBR)

También se ha analizado las **opciones constructivas** de los depósitos para la realización de los procesos según el material a emplear:

- a) Depósitos en hormigón, con dos opciones:
  - i. Ejecutados "*in situ*"
  - ii. De tipo prefabricado en taller y montado en obra.
- b) Depósitos metálicos de acero galvanizado o acero inoxidable AISI 304
- c) Depósitos de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)

De los ejecutados "*in situ*" solo se requiere su cálculo y definición constructiva mientras que para los de tipo prefabricado se aporta sus características y análisis de coste comparativo posterior para su elección.

En conclusión, a efectos de los cálculos de diseño posteriores se preseleccionan las siguientes tecnologías:

#### **Para el pretratamiento del agua bruta:**

- Tamiz sinfín
- Desengrase por sistema de separación por flotación (CAF)
- Depósito de homogeneización aireado y agitado mediante batería de eyectores.
- Materiales a utilizar en la construcción de los depósitos:
  - Hormigón *in situ* para canal de tamizado y pozo de bombeo
  - Para la cámara de desengrase y depósito homogeneización se atenderá, como para el conjunto de depósitos a realizar, la justificación económica.

#### **Para el tratamiento primario:**

- Línea físico-química con dos opciones a valorar económicamente:
  - Flotación sin reactivos

- Flotación con reactivos
- Reactivos a emplear: Cloruro férrico o sulfato de alúmina.

**Para el tratamiento secundario (línea biológica):**

- Proceso de fangos activos
- Con eliminación de N y P
- Línea de tratamiento de agua con dos opciones de diseño:
  - Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo.
  - Reactor biológico secuencial (SBR)
- Agitación y oxigenación: Batería de eyectores mediante bomba y soplantes.
- Decantación según tipo de reactor biológico adoptado.

**Línea de tratamiento de lodos:**

- Espesamiento por gravedad.
- Opción de digestión de fangos.
- Deshidratación mediante centrifuga y adición de polielectrolitos.

**Construcción de depósitos:**

- De hormigón
  - In situ
  - Prefabricados
- Opción de metálicos (inox AISI304)
- De poliéster reforzado para almacenamiento y procesado de reactivos.

**Medición de caudales:**

- Aforador Parshall para vertido final
- Caudalímetro para mediciones en carga.

### **3.4 Fundamentos de los procesos biológicos aerobios**

Al objeto de conocer los procesos biológicos de depuración de las aguas residuales de tipo aerobio y preseleccionar las alternativas tecnológicas a emplear se ha estudiado en el Anejo nº 4 los fundamentos de los procesos biológicos aerobios y cuya síntesis y conclusiones se concretan en:

La instalación a diseñar hay que entenderla como parte de un sistema formado por:

- La Cuenca receptora (colectores, orografía, vertidos, estacionalidad etc.)
- Estación depuradora (tecnología empleada, tipo de tratamiento, etc.)
- Repercusión sobre el cauce receptor (río, lago, zona costera, etc.)
- Otros factores externos (climatología invierno-verano)

El municipio de Bellvis está situado al NO de la comarca del Pla d'Urgell. La cuenca receptora comprende el curso bajo del río Corp, afluente del Segre, y el vertido de la depuradora en proyecto se realiza sobre riera pública que recibe los drenajes de las tierras regadas por la acequia Tercera del canal d'Urgell, riera que a su vez vierte al mencionado río Corp.

En este sentido la zona hay que entenderla como sensible y sometida a las condiciones de vertido del Organismo Gestor de Cuenca que es la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) que a su vez dispone la gestión mediante la Agencia Catalana del Agua (ACA).

Por lo tanto, atendiendo a las bases legales indicadas en el **anejo 1**, las características exigibles al efluente, según el Anexo I de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 21/271/CEE de 21 de mayo de 1991 y el Anexo III que asimila las aguas residuales procedentes de industrias de la carne a vertidos urbanos, la concentración de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales a diseñar serán, las expuestas en punto 3.2 de la presente memoria.

Respecto a la EDAR a diseñar se considera, de acuerdo con todo lo anteriormente expuesto, adoptar:

#### **Línea de aguas:**

- Un **tratamiento primario** donde se eliminen los sólidos en suspensión fácilmente sedimentables, parte de materia orgánica y los aceites y grasas.
- Seguido de un tratamiento biológico (reactor biológico) por cultivos en suspensión (**fangos activos**) a fin de oxidar la materia orgánica (eliminación de carbono) y procesos de nitrificación-desnitrificación para eliminación de nitrógeno.
- **Tratamiento químico** del agua, previamente a su clarificación, mediante coagulación a fin de asegurar niveles inferiores a 2 mg/l de P<sub>total</sub>
- **Decantación secundaria** para clarificación del agua, que mediante sedimentación los flóculos, formados en el reactor biológico, decantan y se extraen. Una parte se emplea en recirculación de dichos fangos y los lodos en exceso para su acondicionamiento posterior.

Las tecnologías a emplear para el tratamiento primario son:

- Pretratamiento para separación de sólidos mediante tamiz rotativo.
- Separación de aceites y grasas tipo CAF a fin de disminuir el uso de floculantes
- Deposito de homogeneización de carga y caudal con bioabsorción.
- Reducción de la carga prevista a entrada a biológico mediante flotación tipo DAF con dos opciones, a definir según tecnología empleada en el reactor biológico:
  - Sin reactivos (DAF-SR)
  - Con reactivos (DAF-CR)

Para la tecnología a emplear en el reactor biológico de fangos activos se presentan dos opciones:

- Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo
- Reactor biológico secuencial (SBR)

#### **Línea de lodos:**

- Depósito Estabilizador-Homogeneizador-Espesador de los fangos mixtos (físico-químico + biológicos)
- Tratamiento de deshidratación de fangos de tipo mecánico mediante centrifuga horizontal

### **3.5 Tratamiento biológico de depuración por fangos activados de baja carga y opciones a considerar**

Considerando los datos de partida indicados en el punto 3.2 , las unidades funcionales seleccionadas en 3.3 y el análisis de los fundamentos de la depuración biológica dados en 3.4 se ha procedido al cálculo de los distintos tratamientos a considerar y que se justifican en el Anejo nº 5 y siguiente extracto:

#### **Tamizado y Bombeo**

El tamizado se diseña con capacidad para el caudal punta previsto (125 m<sup>3</sup>/h) exento del 95% de plumas. Se ha supuesto que el agua a tratar se recibe en la E.D.A.R. en la cota (-0,5) sobre la (± 0,00) de explanación de la parcela, recepcionándose en un canal de 700 mm de ancho y 900 mm de alto. En el canal de recepción se instalará un tamiz sinfín de 3 mm de luz de paso, accionado por un motorreductor de 1,5 kW, dotado de compactador de sólidos a efectos de reducir los costes de explotación.

Los rechazos descargarán directamente sobre el contenedor de evacuación, que estará dotado de orificios de drenaje.

El bombeo se resuelve mediante un pozo de 30 m<sup>3</sup> de capacidad útil y dos bombas , una de respeto (R), para un caudal de 125 m<sup>3</sup>/h y una potencia de 5,5 kW que envía el agua a desengrase.

#### **Desengrase**

Para evitar el uso de floculantes se diseña un desengrase automático por flotación con inyección de aire (CAF) y recogida de grasas mediante un rascador para el caudal punta de diseño (125 m<sup>3</sup>/h).

En consecuencia para eliminar la grasa bruta y parcialmente la emulsionada, se justifica un desengrasador de 8 m de largo, 2,0 m de ancho y 4,6 m de calado con compartimento de agitación – aireación mediante dos bombas de cavitación CAF de 0,75 kW y compartimento de tranquilización con puente barredor superficial accionado por motorreductor de 0,37 kW, dotado de cadenas inox. 304 y paletas inox. 304 con terminación en banda de neopreno.

Las grasas y flotantes descargarán directamente por gravedad a un canal dotado de transportador concentrador de grasas tipo sinfín de eje hueco que descarga sobre contenedor. Este estará dotado de orificios de drenaje a un sumidero conectado con la red general de drenajes.

## **Homogeneización de carga y caudal**

Para realizar una buena homogeneización de las cargas a tratar y una correcta distribución del caudal diario a tratamientos posteriores, se justifica un depósito de 1.413 m<sup>3</sup> útiles, en hormigón armado (prefabricado o "in situ") de 20,00 m de diámetro y 4,50 m de altura útil, lo que permite asegurar la laminación de puntas de carga y de caudal y la alimentación programada al tratamiento físico – químico siguiente. La altura constructiva será de 5,00 m.

El depósito irá enterrado 1 m, de forma que la cota del alzado esté 20 cm por debajo de nivel de agua en el desengrasador CAF y con esto poder recibir el agua por gravedad.

La balsa de homogeneización se mantendrá agitada y especialmente aireada mediante una batería de eyectores alimentada mediante dos soplantes rotativos de 22 kW y 2 bombas de recirculación en riñón de 22 kW. La regulación de caudales se realizará mediante variadores de frecuencia.

Además manteniendo la aireación proyectada se consigue la reducción de materia orgánica por oxidación biológica (50 – 60% de reducción) observable a la salida del flotador DAF primario, lo que aporta un margen de seguridad al tratamiento posterior.

El caudal máximo de diseño de la planta ha sido justificado para una previsión máxima de 1.320 m<sup>3</sup>/día (1.200 m<sup>3</sup>/día de diseño + 10% de previsión de retornos y sobrenadantes).

Estos soplantes se han adoptado teniendo en cuenta la potencia requerida para el reactor biológico, que se justifica posteriormente, de forma que en caso de avería puedan intercambiarse en su función.

## **Tratamiento primario por flotación tipo DAF**

Para reducir la carga de entrada al tratamiento biológico, desenmulsionar y separar los restantes aceites, grasas y sólidos en suspensión que incorpora el vertido se proyecta un flotador DAF en hormigón armado de 5,0 m de altura total, 8,00 m de longitud y 2,00 m de anchura.

El sistema de aireación – agitación es agua presurizada a 4 kg/cm<sup>2</sup> mediante una bomba centrífuga horizontal de 18 kW, presurizador con premezclador y cuadro neumático de control de aporte de aire a presión. Las pérdidas de carga originadas en la salida del presurización, junto con el ajuste final mediante válvula de guillotina mantendrá constante la presión de presurización programada (inicialmente 4 kg/cm<sup>2</sup>).

Con este sistema se consigue microburbujas de 20 – 40 micras, que al mezclarse con el resto de grasas y sólidos en suspensión floculados biológicamente, favorecen su separación hacia la superficie, donde un puente barredor superficial los recogerá en una tolva superior desde donde se conducirá por gravedad a un compartimento de bombeo de 8 m<sup>3</sup>

Para impulsarlas al estabilizador – acumulador - espesador de lodos mixtos mediante 1 + 1 R bombas de 10 m<sup>3</sup>/h y 1,5 kW.

Con esta unidad se reduce la carga de entrada al reactor biológico en un 50% (DBO<sub>5</sub>, DQO), eliminando un 85% de S.S. y reduciendo las grasas hasta 65 ppm. aproximadamente.

De esta forma se pretende optimizar el funcionamiento del tratamiento biológico y sobre todo garantizar el elevado rendimiento en reducción de DBO<sub>5</sub> / DQO exigido.

La producción de lodos decantados en zona inferior del flotador se purgará mediante una válvula de simple efecto temporizada y se conducirá por gravedad hasta la red de drenajes.

Se estiman estos lodos primarios en una media de 1.728 kg/día que a una concentración del 2% otorgan un caudal de 86,4 m<sup>3</sup>/día a considerar en el tratamiento de lodos.

### **Tratamiento biológico**

Dado el rendimiento necesario para obtener la calidad de vertido exigida y las características del agua a tratar, optamos por la instalación de un tratamiento biológico dotado de dos reactores seriados para desnitrificación y eliminación de materia carbonatada y nitrificación a baja carga basado en el tratamiento biológico por fangos activados a baja carga en régimen de aireación prolongada.

El tipo de reactor ha sido seleccionado sobre todo por su facilidad de control.

La carga diaria a eliminar y las características de degradación de estos vertidos han determinado un Volumen total de reacción (Vtr) de 3.224 m<sup>3</sup>. Por lo que se justifica una línea de aguas con el volumen total de reacción, distribuidas en las siguientes fases:

#### **Reactor 1: Reactor anóxico de las siguientes características:**

- Volumen útil 1.290 m<sup>3</sup> (40% Vtr)
- Forma Cilíndrico vertical
- Diámetro 19,11 m.
- Altura 5,0 m
- Calado adoptado 4,5 m
- Material: Hormigón armado
- Sistema de agitación 1 Agitador sumergido de 5 kW
- Funcionalidad Cámara anóxica para desnitrificación

#### **Reactor 2: Aerobio de baja carga de las siguientes características**

- Volumen útil 1.873 m<sup>3</sup> (60% Vtr)
- Diámetro 23,03 m
- Altura 5,0 m
- Calado adoptado 4,5 m
- Material: Hormigón armado
- Sistema de aireación - agitación Batería eyectores – micronizadores con 2 Soplantes rotativos de 1.280 m<sup>3</sup>/h y 22 kW y 2 Bombas de recirculación en riñón de 800 m<sup>3</sup>/h y 22 kW.
- Funcionalidad Reactor aerobio de baja carga para nitrificación y reducción de DQO/DBO<sub>5</sub>
- Instrumentación Medidor de O<sub>2</sub>

### **3.6 La edad de fango necesaria para nitrificación en dicho proceso**

Al objeto estimar la edad de los fangos necesaria para nitrificación así como las necesidades de recirculación interna que asegura una salida de  $N_{total}$  menor de 15 mg/l, se ha realizado su justificación en Anejo nº 6 según la normativa alemana (ATV 131) u utilizando la ecuación que define el proceso de nitrificación según Van Haandel, Dold y Marais, de la Universidad de Cape Town (Sudáfrica).

Se justifica y se comprueba que con una recirculación de hasta 150-200% es factible la desnitrificación mientras la temperatura del reactor sea superior a 10°C con valores de salida de Nitrógeno total < 15 mg/l con un factor de seguridad 2.

### **3.7 El dimensionado del proceso biológico de aireación prolongada con nitrificación-desnitrificación como alternativa 1**

Con el objeto de justificar y comprobar el dimensionado de los equipos del tratamiento biológico indicado anteriormente, con decantación y tratamiento de deshidratación de fangos para la opción de aireación prolongada con nitrificación-desnitrificación se ha realizado en anejo de cálculo nº 7 que justifica el diseño adoptado en la aireación prolongada:

#### **3.7.1 Línea de aguas del reactor biológico**

La carga diaria a eliminar y las características de degradación de estos vertidos determinan un volumen total de reacción de 3.000 m<sup>3</sup>. Por lo que se proyectan una línea con el volumen total de reacción, compartimentada en las siguientes fases:

**Reactor 1:** Cámara anóxica de las siguientes características:

- Volumen útil	1.200 m <sup>3</sup> (40% Vtotal)
- Forma	Cilíndrico vertical
- Diámetro	19,11 m
- Altura total	5,0 m
- Calado máximo adoptado	4,50 m
- Material	Hormigón armado
- Sistema de agitación	1 Agitador sumergido 5 kW
- Funcionalidad preferente	Cámara anóxica para desnitrificación

**Reactor 2:** Reactor aerobio de baja carga de las siguientes características:

- Volumen útil	1.800 m <sup>3</sup> (60% Vtr)
- Diámetro	23,03 m
- Altura total	5,0 m
- Calado adoptado	4,50 m
- Material	Hormigón armado
- Sistema de aireación - agitación	Batería eyectores – micronizadores con 2 soplantes rotativos de 746 m <sup>3</sup> /h y 22 kW/cu 2 Bombas de recirculación en riñón de 800 m <sup>3</sup> /h y 22 kW/cu
- Equipo desnitrificación	Bomba recirculación interna 3 kW

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| - Funcionalidad reactor | Reactor aerobio de baja carga para nitrificación y reducción de DBO/DQO |
| - Instrumentación       | Medidor de O <sub>2</sub>   |

**Eliminación de fósforo:** Sistema dosificación para asegurar niveles < 2 mg/l de P

- Depósito almacenamiento de FeCl<sub>3</sub> o policloruro aluminio de 20 m<sup>3</sup>
- Diámetro 2,4 m
- Altura 4,8 m
- Material PRFV
- Bomba dosificadora 6-40 l/h y 0,18 kW

**Decantador secundario:** De las siguientes características

- Volumen útil de 440,6 m<sup>3</sup>
- Forma: Cilíndrico vertical
- Diámetro 12,10 m
- Material Hormigón prefabricado
- Con puente barredor accionado con e.m. de 0,37 kW
- Altura agua 4 m
- Longitud total de vertedero 39,9 m con 160 vertederos triangulares de 90° 160
- 2 bombas recirculación externa de fangos de 104 m<sup>3</sup>/h a 2 m ca. y 3 kW/cu
- Bomba extracción lodos en exceso de 20 m<sup>3</sup>/h a 3 m ca. y 1,9 kW
- Funcionalidad: Clarificación, recirculación y extracción lodos.

### 3.7.2 Línea de fangos

Una vez conocidas las conclusiones que se dan en anejo nº 9 de elección del tratamiento de fangos:

**Homogeneizador-espesador-estabilizador** de lodos mixtos y siguientes características

- Volumen útil de 787 m<sup>3</sup>
- Forma: Cilíndrico vertical
- Diámetro 14,42 m
- Material Hormigón prefabricado
- Altura 5,2 m
- Calado adoptado 4,7 m
- Sistema de agitación 2 bombas recirculación de 480 m<sup>3</sup>/h a 0,7 bars y 15 kW/cu.
- Soplante rotativo de 1549 m<sup>3</sup>/h a 0,4 bars y 30 kW



- Funcionalidad: mezcla y estabilización lodos previa a su deshidratación.

#### **Deshidratación lodos** mixtos de las siguientes características:

- Centrifuga horizontal para deshidratación de lodos con caudal de alimentación de 6 m<sup>3</sup>/h, longitud de tambor 930 mm y diámetro de 220 mm a una velocidad de giro de 4800 rpm y motor de accionamiento de 11 kW
- Bomba alimentación lodos a centrífuga de 1,5 kW
- Sistema de alimentación de reactivo (polielectrolito catiónico) formado por depósito de dosificación de 1000 l, bomba dosificadora 150-500 l/h de 0,25 kW y agitador depósito dilución de 1,5 kW.

### **3.8 El tratamiento biológico en reactor biológico secuencial (SBR), como alternativa 2**

El cálculo de eliminación del carbono y el nitrógeno mediante un proceso biológico secuencial así como el dimensionado de los equipos necesarios a fin de poderlos comparar con la alternativa 1 es objeto del anejo nº 8 y de acuerdo con lo indicado en Anejo nº 3 , punto 5.6.2 donde se describe este sistema.

En este sentido se evalúa a partir de los datos de partida del agua residual resultante del tratamiento primario y los coeficientes cinéticos propios del sistema, el volumen necesario del reactor, su tipología constructiva y las necesidades de equipos para aireación y agitación.

Su descripción y dimensionado resultante se dan en esquema al final del mencionado anejo nº 8.

Dado que el vertido de cada ciclo es de 600 m<sup>3</sup> en un máximo de 2 h, el caudal de vertido sería de 300 m<sup>3</sup>/h que no puede ser absorbido por el colector de salida que tiene una limitación de 50 m<sup>3</sup>/h

Considerando 12 h la separación de ciclos entre los dos reactores, el volumen mínimo a almacenar será de 600 m<sup>3</sup> que permite laminar 50 m<sup>3</sup>/h el vertido a colector de salida.

Por ello se propone depósito de regulación de salida en hormigón de forma cilíndrica vertical y altura total de 4,5 m con diámetro 14,42 m y una altura útil de agua de 4 m (0,5 m de salvaguarda) que otorga una capacidad de 653 m<sup>3</sup>.

#### **3.8.1 La elección sistema tratamiento de fangos**

Consecuencia de que en la EDAR se van a producir fangos que hay que eliminar, si es posible mediante vía de valorización, es pertinente analizar el destino final de los mismos dada la incidencia que estos tienen en los costes de explotación.

A tal fin se ha confeccionado el Anejo nº 9 donde se analizan y selecciona el sistema de tratamiento de fangos previo a su deshidratación mecánica.

Las dos opciones que se contemplan y se describen son:

- Mezcla, homogenización y espesamiento lodos mixtos: Lodos sin digerir (LSD).
- Mezcla, homogenización, digestión aeróbica y espesamiento lodos mixtos: Lodos digeridos (LD).

Para ambos se estima la inversión requerida, la producción de fangos finales, la explotación y aplicabilidad, realizándose finalmente un análisis de viabilidad económica por diferencias de inversión y flujos (pagos) que se generan.

La evaluación económica justifica un TIR del 24,8% para el incremento de inversión del orden de 15.800 € que representa la opción con digestión de fangos, por lo que es esta la opción adoptada.

### 3.9 La justificación de la alternativa adoptada

Teniendo en cuenta las indicaciones de las opciones que para el reactor biológico se han presentado en el anejo 4 y sus justificaciones dimensionales dadas en los anejos 5, 7 8 y 9 junto con la incidencia que dichas opciones tienen en los costes de explotación, es preciso su análisis económico para justificar la elección del sistema de reactor biológico a adoptar.

A tal fin en Anejo nº 10 se justifica y selecciona el reactor biológico a adoptar, entre las opciones de reactor en continuo o secuencial, que a su vez definen las dos alternativas a comparar y teniendo en cuenta los costes de inversión y de explotación que cada alternativa proporciona.

La tecnología a emplear en el reactor biológico de fangos activos presenta dos opciones:

- Alternativa 1: Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo
- Alternativa 2: Reactor biológico secuencial (SBR)

La elección de una u otra alternativa se va a realizar mediante la comparación de los costes de inversión que cada una requiere y su diferencia compararla con la de los flujos que la cuenta de explotación (costes de depuración) conlleva.

#### 3.9.1 Diferencial de inversiones

Los criterios para la valoración de las inversiones han sido:

- Para los Equipos electromecánicos: Valor de mercado de los mismos instalados de acuerdo con ofertas comerciales.
- Para los depósitos de proceso: Se adoptan depósitos circulares de hormigón armado realizados "*in situ*" de acuerdo con las justificaciones dadas en anejo 3 y punto 3 del anejo 11 para elección y justificación de coste, empleándose una función ajustada de acuerdo con el diámetro de los depósitos. Coste (€) =  $1506,501 \cdot \phi^{1,224}$  donde  $\phi$  es el diámetro del depósito expresado en m
- Para las instalación eléctrica se ha considerado unos coste de 45 €/kW y 150 €/kW instalado para la acometida y conexiones a electromotores. El cuadro general: 6000 + 105 €/kW instalado. En apéndice 1 del Anejo 10 se justifica la potencia instalada para cada opción.
- Para la obra civil complementaria se ha estimado mediante estado de mediciones el presupuesto estimativo de coste que se da en apéndice 2 del anejo 10 para cada opción
- Finalmente los costes de inversión por la ingeniería de detalle se ha estimado en un 4% de la inversión en obra civil e instalaciones de cada alternativa.

Se valoran las inversiones que requieren las dos opciones que se comparan y se justifica un incremento de inversión de 170.176 € de la alternativa 1 con respecto a la alternativa 2 , tal como se indica a continuación:

### 3.9.2 Diferencial de pagos

La estimación del diferencial de los flujos de caja de ambas opciones se realiza por la cuenta de explotación previsible, diferenciándose los costes fijos y los variables

Entre los costes fijos se ha considerado:

- Costes de personal
- Costes de análisis y control
- Costes generales (limpieza, teléfono etc.)
- Costes de mantenimiento
- Costes eléctricos por el término de potencia

Dichos costes son iguales en ambas opciones, salvo los dos últimos, los de mantenimiento y término de potencia por distinto nivel de inversión necesaria y potencia eléctrica instalada.

Entre los costes variables se han considerado para cada alternativa:

- Consumos eléctricos (término de energía)
- Consumo de reactivos
- Costes de evacuación y rechazo de lodos

Todos ellos detallados y justificados en punto 3.2 del mencionado anejo 10 y que se resumen en:

<b>COSTES TOTALES ANUALES</b>	<b>Alt1</b>	<b>Alt2 (SBR)</b>
<i>COSTES FIJOS (€/año).</i>	48.222,31	48.307,50
<i>COSTES VARIABLES (€/año).</i>	314.453,24	342.743,47
<i>COSTE TOTAL (€/año)</i>	362.675,54	391.050,98
<i>COSTE TOTAL/m<sup>3</sup> TRATADO (€/m<sup>3</sup>).</i>	1,1624	1,2534
<i>COSTE TOTAL/ kg DQO eliminado (€/kg)</i>	0,2719	0,2932

Y siguiente influencia de los costes sobre el total:

<b>INFLUENCIA DE COSTES SOBRE EL TOTAL</b>	<b>Alt1</b>	<b>Alt2 (SBR)</b>
<i>Costes de personal (%).</i>	5,93	5,50
<i>Costes de análisis y control (%).</i>	1,58	1,47
<i>Costes varios (%).</i>	0,27	0,25
<i>Coste de mantenimiento y conservación (%)</i>	3,42	2,72
<i>Costes del término de potencia (%).</i>	2,09	2,42

Costes eléctricos (%)	31,42	29,24
Costes de reactivos (%).	12,86	19,95
Costes de evacuación (%).	44,52	40,87

### 3.9.3 Análisis económico

Se considera el incremento de inversión de la alternativa 1 con respecto a la alternativa 2, así como la diferencia de pagos que genera la explotación de ambas alternativas anteriormente justificadas.

#### **Inversiones consideradas**

Concepto inversión	Alternativa 1 €	Alternativa 2 €	Δ de inversión €
Equipos electromecánicos	1.025.703	851.248	
Depósitos hormigón	256.102	231.546	
O.C. Complementaria	178.891	191.362	
Instalación eléctrica	100.962	124.318	
Ingeniería de detalle	62.259	55.474	
<b>Total</b>	<b>1.624.124</b>	<b>1.453.948</b>	<b>170.176</b>

#### **Diferencia de pagos**

COSTESEXPLOTACIÓN.	Alternativa 1	Alternativa 2	Diferencia costes
<b>FIJOS (€/año)</b>	<b>48.222,31</b>	<b>48.307,50</b>	<b>- 85,19</b>
<b>VARIABLES (€/año)</b>	<b>314.453,24</b>	<b>342.743,47</b>	<b>- 28.290,23</b>
<b>TOTAL (€/año)</b>	<b>362.675,54</b>	<b>391.050,98</b>	<b>- 28.375,43</b>

El ahorro anual de 28.375,44 €/año que se obtienen por diferencia entre la alternativa 1 y la alternativa 2, se analiza la TIR a 10 años para un incremento de inversión de 170.176 € que representa la elección de la alternativa 1 con respecto a la 2, resultando una **TIR = 10,6%** por lo que **se adopta la solución de la alternativa 1, es decir aireación prolongada a baja carga y sin reactivos**

## 4. INGENIERIA DEL PROYECTO

### 4.1 Ingeniería del proceso

La ingeniería del proceso a seguir ha quedado suficientemente descrita y justificada en el punto 3, por lo que se remite al mismo y se remite a la **hoja de Planos nº 15** para su concreción esquemática.

En resumen se precisan los equipos electromecánicos, que se detallan en el Documento Básico nº 5 Presupuesto, siguientes:

- TAMIZADO
- BOMBEO GENERAL
- DESENGRASE
- HOMOGENIZACION DE CARGA Y CAUDAL CON BIOABSORCION

- TRATAMIENTO 1º : REDUCCION DE CARGA POR FLOTACION DAF-SR
- TRATAMIENTO BIOLÓGICO
- DOSIFICACION REACTIVOS ELIMINACION FOSFORO
- DECANTADOR SECUNDARIO
- RECIRCULACION EXTERNA Y EXTRACCION DE LODOS SECUNDARIOS
- ACUMULADOR - HOMOGENEIZADOR DE FANGOS
- DESHIDRATACION DE LODOS
- BOMBEO DE DRENAJES
- MEDIDA DE CAUDAL DE VERTIDO

Igualmente se requiere una serie de depósitos que en resumen son:

- Depósito homogenización:  $\phi$  20,00 m Ht = 5 m; V<sub>útil</sub>= 1413 m<sup>3</sup>
- Reactor anóxico:  $\phi$ =19,11 m; H = 5 m; V = 1290 m<sup>3</sup>
- Reactor aerobio:  $\phi$ =23,03; H= 5 m; V = 1873 m<sup>3</sup>
- Decantador secundario:  $\phi$  = 12,10 m H = 4 m ; V = 402 m<sup>3</sup>
- Depósito Homogeneizador-espesador-estabilizador lodos:  $\phi$  = 14,42; Ht = 5,2 m ; V = 750 m<sup>3</sup>

Unas instalaciones eléctricas para una potencia instalada de 316,54 kW de :

- Acometida 400 kW
- Cuadro general
- Conexión a electromotores

Y finalmente la obra civil complementaria de:

- MOVIMIENTOS DE TIERRAS PARA LA PREPARACION PARCELA
- CANAL DE RECEPCION Y TAMIZADO
- POZO BOMBEO AGUA BRUTA
- DESENGRASE CAF
- FLOTACIÓN DAF
- POZO RECIRCULACIÓN Y EXTRACCIÓN LODOS EN EXCESO
- RED DE DRENAJE Y SOBRENADANTES
- EDIFICIO DE CONTROL
- CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE
- VALLADO Y JARDINERIA

## **4.2 Ingeniería de las obras que se proyectan**

### **4.2.1 Descripción del proyecto**

#### **4.2.1.1 Descripción general de las obras**

Se consideran los distintos depósitos señalados anteriormente así como la obra civil complementaria reseñada:

- Depósito homogenización:  $\phi$  20,00 m, altura total 5 m y volumen útil= 1413 m<sup>3</sup>
- Depósito Reactor anóxico:  $\phi$ =19,11 m; H = 5 m; V = 1290 m<sup>3</sup>
- Depósito Reactor aerobio:  $\phi$ =23,03; H = 5 m; V = 1873 m<sup>3</sup>

- Depósito Decantador secundario:  $\phi = 12,10$  m H = 4 m ; V = 402 m<sup>3</sup>
- Depósito Homogeneizador-espesador-estabilizador lodos:  $\phi = 14,42$  m; Ht = 5,2 m ; V = 750 m<sup>3</sup>
- Eliminación capa vegetal en preparación parcela implantación EDAR
- Canal de recepción y tamizado de planta rectangular 5 x 1 m y 1 m de altura
- Pozo bombeo agua bruta, semienterrado de 4 x 3 m y 3 m de altura
- Depósito Desengrase CAF de 9 x 2 m y 4,5 m de altura
- Depósito Flotación DAF de 8 x 2 m y 4,5 m de altura
- Pozo recirculación y extracción lodos en exceso de 3,2 x 1,50 m y 4,5 m de altura
- Red de drenaje perimetral de los depósito y colectores a pozo sobrenadantes
- Edificio de control de una planta rectangular de 8 x 5 m y 4 m altura libre
- Cubeto de seguridad deposito coagulante de 5 x 5m y 1 m de altura
- Pavimentación exterior y vallado del recinto de la EDAR y jardinería

Con respecto al sistema de ejecución de los depósitos se ha realizado previamente un análisis de alternativas posibles según el material a emplear:

- a) Depósitos en hormigón, con dos opciones:
  - i. Ejecutados "*in situ*"
  - ii. De tipo prefabricado en taller y montado en obra
- b) Depósitos metálicos de acero galvanizado o acero inoxidable AISI 304

Resultando, en la comparación económica que se justifica en Anejo nº 11, la decisión de realizar los mismos en hormigón "*in situ*".

Tan solo se proyecta un pequeño edificio de 40 m<sup>2</sup> para ubicación de los equipos de eléctrico de mando, protección y control, así como laboratorio y servicios para el personal asignado a la EDAR. Dicho edificio de control de una sola planta de dimensiones 8 x 5 m en planta y 4 m de altura libre, que se diseña en elementos prefabricados con pilares, jácenas y cerramientos de placas lisas de hormigón de 12 cm de espesor y cubierta plana no transitable soportada por placa alveolar y capa de compresión.

Todas las construcciones no genera incidencia visual en el entorno dado la zona en la que se ubican y el ajardinamiento previsto en los linderos.

#### **4.2.1.2 Cumplimiento del CTE y de otras normativas específicas**

En el pequeño edificio de control proyectado se cumple con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad que le son de aplicación según el Código Técnico de la Edificación y los de funcionalidad según la Ley de Ordenación de la Edificación, además de la normativa urbanística municipal y los requerimientos de edificabilidad. Además se cumple con la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, el Reglamento de Seguridad contra incendios en Establecimientos Industriales y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Para los depósitos proyectados se le ha aplicado fundamentalmente la referida EHE-08, considerando que se almacena agua residual y por consiguiente el hormigón a emplear cumple con los requisitos de exposición generales y específicos.

#### **4.2.1.3 Descripción de la geometría del edificio y depósitos**

Se considera nave rectangular prefabricada de hormigón, de dimensiones en planta 8 m x 5 m (40 m<sup>2</sup>) y 4 metros de altura libre. La estructura principal formada con pilares prefabricados de 40x40 distribuidos según planta que se adjunta en hoja de Planos nº 13 con un empotramiento de 0'60 m y que soportan a su vez jácenas, igualmente prefabricadas en L para apoyo isostático de placas alveolares para formación de la cubierta,.

La cubierta de tipo invertida no transitable con pendientes de hormigón celular, capa separadora, impermeabilización con membrana de lámina de betún, aislamiento de poliestireno de 40 mm, capa separadora de geotextil y acabado con gravilla.

Los cerramientos mediante placas prefabricadas de hormigón de 120 mm de espesor cubriendo todo el perímetro excepto tres huecos de ventana de 1,2 x 1,5 m, y otro para puerta seccional de 3,5 x 3,5 m libres.

No se requieren compartimentación interior salvo la zona donde se ubica el pequeño vestuario y aseo, mediante pared de 10 cm.

Respecto a los depósitos, estos son o bien cilíndricos (Homogeneización, Reactor biológico de anoxia y aireación y Espesador-digestión de fangos), troncocónico (Decantador secundario) o de prisma recto (resto de depósitos y cámaras de tratamiento), ejecutados todos ellos en hormigón armado con medidas indicadas anteriormente y con más detalle en el Documento Básico 3 Planos:

Hoja de Planos 4: Canal tamizado y Pozo bombeo general

Hoja de Planos 5.1: Planta, Alzado y esquema instalación de Desengrase CAF

Hoja de Planos 5.2: Planta, Alzado y esquema instalación de Flotación DAF

Hoja de Planos 6: Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito homogeneización

Hoja de Planos 7: Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito cámara anóxica

Hoja de Planos 8: Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito Reactor biológico

Hoja de Planos 9: Planta, Alzado y esquema instalación de Decantador secundario

Hoja de Planos 10: Planta, Alzado y esquema instalación de Pozo bombeo recirculación externa y extracción

Hoja de Planos 11: Planta, Alzado y esquema instalación de Depósito homogeneización, espesado y digestión fangos.

Hoja de Planos 14: Cubeto seguridad del depósito de coagulante

#### **4.2.1.4 Descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas**

Los parámetros que determinan las previsiones técnicas a considerar en el proyecto se especifican a continuación para los diferentes sistemas:

- **sistema estructural:**
  - cimentaciones: se considera una carga admisible del terreno de 1,0 kp/cm<sup>2</sup>, la cual se precisa para el cálculo de las cimentaciones, de acuerdo con las especificaciones del estudio geotécnico e informe geotécnico disponibles cuando se ejecutó el matadero, para determinar la solución prevista de las

cimentaciones, así como que sus dimensiones y armado son adecuados al terreno existente, como después se justifica.

Para los pequeños depósitos, con dimensión menor a 10 metros, se puede considerar, a efectos de cálculo de solicitaciones, que la zapata se estudiará como viga virtual, repartiéndose la carga uniformemente por toda la losa.

Pero para depósitos con unas dimensiones considerables (>10 metros) como los que se consideran en el presente proyecto, esta hipótesis de trabajo resulta algo arriesgada, y por tanto el cálculo se debe hacer como si fuera una zapata corrida, con talón y puntera iguales en dimensiones. Se considera que la carga se concentra en el nudo del empotramiento inferior, y no se reparte a lo largo de la solera.

En este caso, la solera y la zapata deben estar físicamente independientes, a fin de evitar que se produzcan movimientos solidarios de ambos, que podrían debilitar la estructura por la parte más débil solera).

La solera se dispondrá sobre una capa de suelo de granulometría tal que garantice la ausencia de capilaridad; sobre esta capa de suelo compactado y sobre una capa de hormigón de limpieza irá la solera, propiamente dicha, montada con una armadura de fisuración, y con las pertinentes juntas de dilatación que evitarán que el hormigón se resquebraje en direcciones incontroladas.

Por lo que se refiere a la edificio de control se considera una cimentación de mediante zapatas aisladas encadenadas con vigas centradoras.

- Estructura portante: Por lo que se refiere la nave de control que se realiza cerrada se considera estructura en pilares prefabricados y cerramiento de placas prefabricadas de hormigón de 12 cm de espesor.
- Estructura horizontal: la estructura para sustentación de la cubierta mediante jácenas y placas alveolares con formación de cubierta plana tipo invertida.
- **sistema envolvente**: Ha de permitir efectuar el cierre del edificio y evitar la entrada de agua a su interior. El pavimento permitirá desarrollar correctamente la actividad prevista. Los diferentes cierres, pavimento y cubierta, cumplen los requisitos de protección ante la humedad y seguridad en caso de incendio y utilización.  
El pavimento permitirá desarrollar correctamente la actividad prevista, este se ejecuta mediante solera de hormigón H-20 kN/m<sup>2</sup>
- **sistema de compartimentación**: No se requiere.
- **sistema de acabados**: No se requieren más allá de la formación de solera de hormigón, la cual no precisa ningún acabado superficial.
- **sistema de acondicionamiento ambiental**: no se considera ningún sistema de acondicionamiento para el cubierto que se proyecta.
- **sistema de servicios**: se dispondrá de los servicios de suministro de agua, evacuación de agua, suministro eléctrico, telefonía, telecomunicaciones y recogida de residuos.



## 4.2.2 Prestaciones del edificio

Las prestaciones para los diferentes requisitos básicos y en relación con las exigencias del Código Técnico de la Edificación se detallan en la tabla 2.

El cubierto sólo se podrá destinar a los usos previstos en el proyecto. La dedicación de algunas de sus dependencias a un uso diferente del proyecto requerirá un proyecto de reforma y cambio de uso que será objeto de nueva licencia. Este cambio de uso será posible siempre y cuando el nuevo destino no altere las condiciones del resto de la edificación ni sobrecargue las prestaciones iniciales del mismo en cuanto a estructura e instalaciones.

Tabla 1. Exigencias básicas de los requisitos básicos del CTE, prestaciones en el proyecto que las contemplan y que las superen

Requisitos básicos	Según CTE		Exigencia básica	Prestaciones en el proyecto	Prestaciones que superan el CTE
Seguridad	DB-SE	Seguridad estructural	SE 1: Resistencia y estabilidad	Contemplada	-
			SE 2: Aptitud al servicio	Contemplada	-
	DB-SI	Seguridad en caso de incendio	SI 1: Propagación interior	No se contempla	-
			SI 2: Propagación exterior		-
			SI 3: Evacuación de ocupantes		-
			SI 4: Instalaciones de protección contra incendios		-
			SI 5: Intervención de los bomberos		-
			SI 6: Resistencia estructural al incendio		-
	DB-SU	Seguridad de utilización	SU 1: Seguridad frente al riesgo de caídas	Contemplada	-
			SU 2: Seguridad frente el riesgo de impacto o atrapamiento	Contemplada	-
			SU 3: Seguridad frente el riesgo de cerramiento	No es de aplicación	-
			SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada	No es de aplicación	-
			SU 5: Seguridad frente el riesgo causado por situaciones con alta ocupación	No es de aplicación	-
			SU 6: Seguridad frente el riesgo de ahogo	No es de aplicación	-
			SU 7: Seguridad frente el riesgo causado por vehículos en movimiento	No es de aplicación	-
SU 8: Seguridad frente el riesgo causado por aplicación del rayo.			No es de aplicación	-	
Habitabilidad	DB-HS	Salubridad	HS 1: Protección frente la humedad	Contemplada	-

		HS 2: Recogida y evacuación de residuos	No es de aplicación	-
		HS 3: Calidad del aire interior	No es de aplicación	-
		HS 4: Suministro de agua	Contemplada	-
		HS 5: Evacuación de agua	Contemplada	-
DB-HR	Protección frente al ruido	-	No es de aplicación	-
DB-HE	Ahorro de energía y aislamiento térmico	HE 1: Limitación de demanda energética	No es de aplicación	-
		HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas	No es de aplicación	-
		HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	No es de aplicación	-
		HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	No es de aplicación	-
		HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	No es de aplicación	-

## **4.2.3 Memoria constructiva**

### **4.2.3.1 Sustentación del edificio**

Para poder iniciar el proyecto se dispone de las conclusiones del estudio geotécnico citado en 4.2.1.4 Sistema estructural, ya que estas consideran el tipo de cimentaciones y su profundidad. El estudio geotécnico dispone de la información cualitativa y cuantitativa especificada en el apartado 3.3 documento SE-C del Código Técnico de la Edificación.

Una vez iniciadas las excavaciones de la obra el director de obra deberá validar la información aportada por el estudio geotécnico utilizado, adoptando las medidas oportunas en caso que existan discrepancias.

### **4.2.3.2 Sistema estructural**

#### **De los depósitos de hormigón armado**

Se resuelven teniendo en cuenta la funcionalidad. La elección de los materiales se realiza considerando que garanticen el mantenimiento de las condiciones exigibles por la EHE-08

El modelo de análisis estructural para determinar los esfuerzos que actúan en los elementos constructivos de los muros y zapatas, se basa en la aplicación del método de los estados límites últimos (ELU) y de servicio (ELS) como prescribe el DB Seguridad Estructural del Código Técnico de la Edificación (CTE)

Las acciones de acuerdo con el DB-SE Acciones en la Edificación (EA) y el dimensionado de los componentes estructurales de acuerdo con la EHE-08 y que se detalla en anejo de cálculos constructivos.

Los cálculos y especificaciones correspondientes se presentan en Anejo núm. 12 y la expresión gráfica en las hojas de Planos citadas anteriormente para los depósitos.

#### **Del edificio control**

Esta edificación se resuelve teniendo en cuenta la funcionalidad. La elección de los materiales se realiza considerando que garanticen el mantenimiento de las condiciones higiénico sanitarias exigibles.

La cimentación se realizará con zapatas aisladas de hormigón armado, de 1 x 1 m y 0,8 m de profundidad y en hoja de Planos núm. 13. Las zapatas aisladas quedarán unidas mediante riostras. Todo ello ejecutado con hormigón armado HA-25/B/40/IIa realizadas in situ.

Los pilares a una separación de 3,7 m, de tipo prefabricado en taller de 40 x 40 cm con ménsulas de apoyo jácenas y placas alveolares

### **4.2.3.3 Sistema envolvente**

Los cerramientos exteriores mediante placas prefabricadas macizas de hormigón de 12 cm de grueso en todo el perímetro de la nave y desde cota 0'00 hasta la cota máxima de 4,50 m. Como se ha indicado, como a soporte estructural de las paredes se disponen en cimentación de vigas de encadenado que a mas a mas de ligar las zapatas sirven de base para inicio de los cerramientos.

Se disponen tres ventanas de apertura en la parte superior con unas dimensiones de 1,2 m x 1,5 m y una puerta seccional de 3,5 m x 3,8 m.

La industria ya dispone de valla perimetral, que tan solo se requiere el cierre del recinto de la nueva EDAR.

Respecto al pavimento, se dispone una sub-base de material seleccionada, con extendido y compactado del mismo al 98% del PM en una capa de 40 cm. Sobre esta se coloca solera de hormigón HM-20/P/20/IIa.

#### **4.2.3.4 de compartimentación**

No se considera.

#### **4.2.3.5 Sistemas de acabados**

El acabado interior de los cerramientos de la nave de control será el propio de la placa prefabricada de hormigón, en color gris.

Por lo que afecta a los pavimentos exteriores y de la nave de control será mediante fratasado mecánico con adición de cuarzo para su endurecimiento..

#### **4.2.3.6 Sistemas de acondicionamiento e instalaciones**

##### **4.2.3.6.1 *Protección contra incendios***

Las instalaciones de depuración de aguas residuales no requieren actuación alguna de protección contra incendios.

En el caso de la caseta de control dada su reducida dimensión, 40 m<sup>2</sup>, y la ocupación prácticamente nula, no requiere ni por carga de fuego ni por necesidades de evacuación, ninguna otra consideración mas que disponer de tres extintores, 2 de polvo polivalente de 6 kg y 1 de dióxido de carbono de 2 kg para la zona donde se ubican los cuadros eléctricos.

La puerta de 3,5 x 3,8 metros y las reducidas dimensiones y prácticamente nula compartimentación hacen que no se tenga que contemplar los requisitos de evacuación.

##### **4.2.3.6.2 *Antiintrusión***

El establecimiento ya dispone de una valla perimetral en la parcela de la industria, que permite controlar la entrada de personas ajenas a la actividad industrial. Se dispondrá nuevo trazado de valla en el frontal de la parcela de implantación de la EDAR, para evitar la intrusión y evitar la entrada de personas ajenas a la actividad

La puerta exterior se podrá cerrar con llave o sistema similar. Les ventanas se cierran por la parte interior.

##### **4.2.3.6.3 *Pararrayos***

Para determinar si es necesario un pararrayos se partirá de la densidad de impactos de rayos sobre el terreno, considerando la ubicación geográfica y la situación del edificio respecto el riesgo admisible en función de las características constructivas y de uso de la edificación. En apartados posteriores así se indica.

#### **4.2.3.6.4      *Electricidad***

La instalación eléctrica se calcula para permitir suministrar la energía eléctrica para el funcionamiento de los equipos electromecánicos de la EDAR y para garantizar el alumbrado. Consistirá básicamente en la acometida, cuadros de protección, control y mando así como las líneas de derivación y alimentación a motores. Se cumplirá lo establecido en el R.D. 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 18 de setiembre de 2002 y sus instrucciones técnicas ITC-BT-06, 07, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 30 i 47.

#### **4.2.3.6.5      *Alumbrado***

El alumbrado debe permitir disponer de iluminación para poder desarrollar la actividad en las condiciones más desfavorables, que corresponden a cuando no hay luz natural en el exterior.

Se establece una disposición de luminarias en interior de 6 unidades de 60 W de tipo fluorescente, y 8 proyectores de 250 W en halogenuros metálicos para alumbrado exterior.

Se garantizará una iluminancia mínima de 10 lux en exterior y 50 lux en interior.

Se considera alumbrado de emergencia para la caseta donde se dispongan los cuadros eléctricos.

#### **4.2.3.6.6      *Ascensores***

No se requieren.

#### **4.2.3.6.7      *Transporte***

No se requieren.

#### **4.2.3.6.8      *Instalación de suministro de agua***

La instalación de suministro de agua ya es existente y por tanto sólo se considera la conexión a la línea principal para dar servicio al vestuario y aseo ubicado en la caseta control y a los equipos que lo requieran según su especificación técnica

Se dispone, como existente, de agua caliente sanitaria para los lavabos y las duchas de los vestuarios en el edificio principal del matadero.

#### **4.2.3.6.9      *Evacuación de residuos líquidos y sólidos***

Los residuos líquidos y sólidos del lavabo, váter y ducha serán evacuados hacia la red de recogida de aguas residuales que conecta a pozo de sobrenadantes de la nueva EDAR.

Cualquier residuo sólido que se pueda generar se contempla su recogida junto con la que ya se realiza en la propia industria.

#### **4.2.3.6.10 Ventilación**

No se requieren. Aún así los huecos de puerta y ventanas que se han indicado para la caseta control garantizan la suficiente ventilación.

#### **4.2.3.6.11 Telecomunicaciones**

Se dispone ya existente de línea telefónica que permite disponer también de acceso a servicios telemáticos.

#### **4.2.3.6.12 Instalaciones térmicas del edificio**

No se requieren

#### **4.2.3.6.13 Suministro de combustibles**

No se requieren

#### **4.2.3.6.14 Ahorro de energía**

No se contempla.

### **4.2.3.7 Equipamiento**

El equipamiento a instalar es el que se refleja a continuación y que en detalle se indica en el presupuesto de maquinaria, instalaciones y equipos que se presenta en el Documento básico nº 5 Presupuesto, previamente justificados en el punto 3 de la presente Memoria.

- Planta depuradora, para el tratamiento de las aguas residuales procedentes de matadero de aves y sala de despiece anexa mediante una línea de aguas con tamizado, homogeneización, sistemas desengrase por presurización (CAF) y físico-químico por desbaste y coagulación-floculación (DAF), tratamiento biológico de fangos activos de baja carga y aireación prolongada y decantación para clarificación y una línea de lodos con homogeneización- espesamiento y digestión aeróbica con posterior deshidratado mecánico y siguientes características de partida del agua residual:
  - Caudal diario de diseño máximo 1.200 m<sup>3</sup>/día
  - Caudal horario medio (24 h) 50 m<sup>3</sup>/h
  - Caudal horario punta (10 h) 150 m<sup>3</sup>/h
  - Concentración media D.Q.O. 4.400 mg/l
  - Concentración media DBO<sub>5</sub> 2.250 mg/l
  - Concentración media NTK 385 mg/l
  - Concentración media S.S. (tamizada) 1.800 mg/l
  - Concentración media aceites y grasas 300 mg/l

El sistema tiene por objeto eliminar la materia orgánica, nitrógeno y fósforo presentes en el agua hasta niveles de contaminación inferiores a los indicados en el apartado 3 y niveles objetivo menores o igual a: 125 mg/l DQO; 25 mg/l DBO<sub>5</sub> ; 35 mg/l S.S; 20 mg/l Aceites y grasas; 15 mg/l NTK; Amonio 5 mg/l y Ptotal < 2 mg/l

Comprende el siguiente suministro

### I.1 Línea de aguas:

#### **Tamizado:**

- Colector de 1 entrada DN 200 y 2 salidas DN 200 en acero inox 304
- Válvulas de mariposa en fundición DN 200.
- 2 Tamices rotativos inclinados interior-exterior 2 mm Diámetro de tambor 950 mm y longitud de 3.000 mm con motor de accionamiento de .1,5 kW. Material en Inox 304
- Bomba centrífuga horizontal de 2 m<sup>3</sup>/h a 6,2 bars para limpieza de tamices y 1,1 kW
- Tuberías, valvulería y accesorios en PEAD para agua de limpieza de tamices.
- Estructura soporte a 3 m de altura. 5,0 x 5,4 en acero galvanizado en frío y tramex galvanizado con barandillas inox 304 y escalera de acceso igualmente en inox 304

#### **Bombeo general y homogeneización de caudal agua bruta**

- Polipasto manual 250 kg y estructura soporte en acero al carbono galvanizado en caliente.
- 2 (1 + 1R) Bombas sumergibles de 161 m<sup>3</sup>/h a 13,2 mca y 5,5 kW a 1450 rpm., con sus zócalos de descarga DN-150, cadena extractora inox 304, tubo guía Inox 304..
- Tuberías y accesorios impulsión a colector general DN 200 Inox 304.
- Válvula de guillotina en fundición con tajadera inox 304 DN 200
- 2 Válvula retención a bola en fundición DN 200.
- Colector 2 entradas DN 150 mm/ 1 salida DN 200 mm inox 304 Long: 2,5 m.
- 2 Manómetro 0-2 kg/cm<sup>2</sup> de glicerina con accesorio especial para aguas residuales y válvula de corte.
- 3 Boyas de nivel específicas para aguas residuales

#### **Desengrase CAF**

- 2 Bombas de cavitación CAF en fundición de 0,75 kW con soportes y fijaciones inox 304.
- Puente barredor superficial 5 m de longitud y 2,0 m de anchura de 0,37 kW, bastidor en acero al carbono. Rasquetas y cadenas en inox 304. Con limitador de par mecánico para protección ante sobreesfuerzos y Deflector y rampa de descarga de grasas. Anchura: 2 m
- Transportador sinfín de eje hueco con bastidor inox 304 con cama de PE. Motorreductor 1,5 kW, para descarga de grasas hasta contenedor de evacuación. Soportes y fijaciones. Inox 304
- Pasamuros inox 304 DN 300 mm acodado salida desengrase y regulación de nivel.
- Pasarela de acero al carbono acceso a bombas CAF y a parte interior del puente barredor. Tramex acero galvanizado, barandilla inox 304 y escalera de acceso a pasarela.

#### **Homogeneización de carga y caudal**

- 2 (1+1R). Bombas centrífuga horizontal de 372 m<sup>3</sup>/h a 0,7 bar y 11 kW a 1450 rpm
- 2 Válvula de mariposa DN 350 en aspiración bomba recirculación.
- 2 Pasamuros aspiración recirculación DN 350 en inox 304
- Conjunto de tubería y accesorios en inox 304 DN 350 mm para aspiración de bomba de recirculación a batería de eyectores.
- Conjunto de tubería y accesorios en inox 304 DN 350 mm para impulsión de bomba de recirculación a batería de eyectores.
- 2 Manómetro glicerina 0-10 mca para aguas residuales y válvula de corte.

- 2 Válvula de guillotina en fundición con tajadera inox 304 DN 300 en impulsión bomba recirculación
- Pasamuros impulsión recirculación DN 300 mm/inox 304
- 2 Soplante rotativo de 597 m<sup>3</sup>/h a 0,62 y 22 kW.
- 2 Cabina de insonorización con aireación forzada.0,18 kW
- 2 Lira antiretorno DN 200 mm inox 304. Soportes y fijaciones.y pasamuros conexión en inox 304.
- 1 Batería de eyectores mezcla aire-agua en inox 304
- 2 (1+1R) Bomba salida homogenización de 60 m<sup>3</sup>/h a 1 mca de 7,5 kW a 377 rpm
- 1 Variador de frecuencia para variación de caudal de las bombas de 7,5 kW
- 4 Válvula guillotina en fundición con tajadera inox 304 DN 125 y 2 ud. Válvula retención a bola en fundición DN 125.
- Tuberías y accesorios DN 125 inox 304 de impulsión a flotador DAF
- 1 Caudalímetro electromagnético DN 125 salida 4-20 mA.
- 2 Manómetro 0-2 kg/cm<sup>2</sup> de glicerina con accesorio especial para aguas residuales y válvula de corte.
- 1 Medidor de nivel hidrostático con salida 4-20 mA.
- Pasarela de acceso, en perfiles IPN de acero al carbono con tramex de acero galvanizado y barandilla inox 304 y 1 escalera de acceso a pasarela. Perfiles y barandillas en inox 304

#### **Tratamiento primario para reducción de carga por flotación DAF sin reactivos**

- Bastidor DAF 60 en inox 304 Long.: 9,27 m, Anchura: 2,0 m Altura total 2,6 m. S/planos
- Puente barredor superficial 0,37 kW Cadenas, ejes y rasquetas inox 304..De 8,17m de longitud por 2,00 m, con limitador de par mecánico para protección ante sobreesfuerzos.
- Pasamuros de entrada a flotador DN 125 m toma de presurización DN 100 inox 304 de 1,5 m de longitud
- 1 Presurizador en inox 304 con premezclador.
- Manómetro de glicerina 0-10 kg/cm<sup>2</sup> con válvula de aislamiento.
- 3 Válvulas de guillotina DN 100 en fundición con guillotina en inox 304.
- Bomba de presurización 38 m<sup>3</sup>/h a 5,5 bar y 18 kW, y válvula de retención a bola DN 75.
- Tuberías y accesorios inox 304 PN 16 atm, DN 100 en aspiración presurización y DN 75 en impulsión presurización
- Cuadro neumático con electroválvula 0,08 kW, rotámetro 1000-6.000 l/h, válvula reductora, equipo de limpieza y válvula de aislamiento.
- Pasamuros purga fangos decantados DN100 mm inox 304-
- Válvula de guillotina DN 100 en fundición, guillotina inox 304.
- Tuberías y accesorios inox 304 PN 16 atm, DN 100 conducción fangos primarios pesados a red de drenajes
- 3 Sondas de nivel conductivas para aguas residuales.
- 2 (1+1R) Bomba fangos primarios en exceso a pulmón de lodos de 6 m<sup>3</sup>/h a 20 mca y 1,5 kW
- 2 Válvula de guillotina en fundición y tajadera inox 304 DN 80
- 2 Válvula retención a bola en fundición DN 80.
- Tuberías y accesorios inox 304 ,DN 80 para impulsión enterrada acumulador-homogeneizador de fangos.
- Tuberías y accesorios inox 304 ,DN 80 para impulsión aérea acumulador-homogeneizador de fangos



- Pasarela de acceso a flotador DAF y a parte interior del puente barredor. Tramex acero galvanizado y barandilla inox 304 con escalera de acceso y barandillas inox 304
- Caudalímetro electromagnético DN 100, salida 4-20 mA. Indicador en panel de CCM.(fangos 1º a acumulador)
- 3 Sondas de nivel conductivas para aguas residuales

### **Tratamiento biológico**

- 1 Agitador sumergible en cámara anóxica. Diámetro de hélice 400 mm y 5 kW de electromotor de accionamiento a 680 r.p.m. Eje-hélice inox 316.
- Sistema de elevación y giro acero galvanizado cable inox 304 del agitador sumergible
- Pasarela de acceso a agitador, tramex acero galvanizado IPN AC y barandilla inox 304 con escalera de acceso a pasarela inox 304
- 2 (1+ 1R) Bomba centrífuga horizontal de 576 m<sup>3</sup>/h a 0,74 bares y 22 kW a 1000 rpm
- Válvulas de mariposa en fundición DN 450 en aspiración bomba recirculación
- Pasamuros aspiración recirculación DN 450 inox 304
- Conjunto de tubería y accesorios en inox 304 DN 450 para aspiración de bomba de recirculación a batería de eyectores.
- Conjunto de tubería y accesorios en inox 304 DN 300 para impulsión de bomba de recirculación a batería de eyectores.
- 2 Manómetro glicerina 0-10 mca para aguas residuales y válvula de corte.
- 2 Válvula de guillotina en fundición con tajadera inox 304 DN 300 mm - impulsión bomba recirculación
- Pasamuros impulsión recirculación DN 200 inox 304
- 2 Soplantes rotativo de 922 m<sup>3</sup>/h a 0,6 bar y 22 kW de electromotor de accionamiento
- 2 Cabinas de insonorización con aire forzado mediante electroventilador de 0,18 kW
- 2 Lira antirretorno DN 250 inox 304.y pasamuros conexión lira antirretorno DN 250 inox 304.
- 1 Batería de eyectores mezcla aire-agua ilnox 304
- 1 Bomba sumergible de recirculación interna de 163 m<sup>3</sup>/h a 2,36 mca y 3 kW a 1450 rpm con zócalo de descarga DN 150 y cadena extractora y tubo guía en inox 304.
- Conjunto de tubería y accesorios en inox 304 DN 200 para impulsión de bomba de recirculación interna a cámara anóxica.
- 1 Manómetro glicerina 0-10 mca para aguas residuales y válvula de corte.
- 1 Pasamuros impulsión recirculación DN 200 inox 304
- 1 Pasamuros inox 304 DN 350 acodado salida a decantador.
- 1 Deflector y anti vórtice de salida a decantador DN 350 mm.
- 1 Pasarela de acceso, tramex acero galvanizado IPN AC y barandilla inox 304
- 1 Escalera de acceso a pasarela. Perfiles y barandillas inox 304
- 1 Medidor de oxígeno disuelto con salida 4-20 mA

### **Dosificación reactivos para eliminación del fósforo**

- 1 Bomba dosificación 6-60 l/h a 3 bares de 0,18 kW
- 1 Deposito PRFV de 20 m<sup>3</sup> de capacidad con válvula vaciado
- Tubería y accesorios dosificación reactivos PN 10.

### **Decantador secundario**

- 1 Puente barredor 0,37 kW y equipos complementarios para decantador de 12 m de diámetro. Bastidor en acero galvanizado, resto inox 304.
- Pasamuros inox 304 DN 350 entrada a decantador.
- Pasamuros salida a pozo bombeo de recirculación DN 300 inox 304
- Pasamuros acodado salida agua decantada DN 250 inox 304
- Pasamuros salida flotantes DN 150 inox 304
- Escalera de inspección con tramex en acero galvanizado IPN AC, barandillas inox 304.

### **Medida de caudal de vertido**

- 1 Canal Parshall prefabricado en polipropileno para 100 m<sup>3</sup>/h de caudal máximo
- 1 Medidor de nivel-caudal ultrasónico.

### 1.2 Línea de lodos

#### **Recirculación externa y extracción de lodos secundarios**

- 2 (1+1R) Bomba sumergible 115 m<sup>3</sup>/h a 4,37 mca y 3 kW con zócalo de descarga DN 150 cadena extractora y tubo guía inox 304.
- 2 Válvula de guillotina en fundición con tajadera inox 304 DN 150.
- 2 Válvula retención a bola en fundición DN 150.
- Tuberías y accesorios DN 150 inox 304 impulsión a colector.
- Colector 2 entradas DN 150/1 salida DN 200 inox 304.
- Tuberías y accesorios DN 200 inox 304 en ejecución aérea para recirculación a cámara anóxica.
- Tuberías y accesorios DN 200, m PVC PN 10 enterrada en recirculación a cámara anóxica.
- 2 (1+1R). Bomba sumergible 27 m<sup>3</sup>/h a 2,1 mca y 1,5 kW con zócalo de descarga DN 65, cadena extractora y tubo guía inox 304.
- Válvula de guillotina en fundición con tajadera inox 304 DN 80 mm
- Tuberías y accesorios DN 80 inox 304 impulsión de ejecución aérea a pulmón lodos.
- Tuberías y accesorios DN 90 m PVC PN 10 enterrada en recirculación a cámara anóxica.
- 3 Manómetro 0-2 kg/cm<sup>2</sup> de glicerina con accesorio especial para aguas residuales y válvula de corte.
- 1 Boya de nivel específica para aguas residuales cargadas.
- 1 Estructura soporte para polipasto de extracción de bombas.
- 1 Pasamuros entrada a pozo recirculación DN 300 inox 304
- 1 Escalera de inspección con tramex en acero galvanizado IPN AC, barandillas inox 304.

#### **Acumulador-homogeneizador- digestión de fangos**

- 2 (1+1R) Bomba centrífuga horizontal de 480 m<sup>3</sup>/h a 0,7 bares y /15 kW a 960 rpm
- 2 Válvula de mariposa en fundición DN 450 mm - aspiración bomba recirculación
- Conjunto de tubería y accesorios en inox 304 DN 450 para aspiración de bomba de recirculación a batería de eyectores.
- Conjunto de tubería y accesorios en inox 304 DN 350 para impulsión de bomba de recirculación a batería de eyectores.
- 2 Manómetro glicerina 0-10 mca para aguas residuales y válvula de corte.

- 2 Válvula de guillotina en fundición con tajadera inox 304 DN 350 - impulsión bomba recirculación
- 1 Soplante rotativo de 1536 m<sup>3</sup>/h a 0,42 bar y 30 kW con cabina de insonorización y aireación forzada por electroventilador de 0,18 kW
- 1 Lira antirretorno DN 200 inox 304.
- 1 Batería de eyectores mezcla aire-agua inox 304
- 1 Decanter de extracción de clarificados. Inox 304 DN 150 .
- 1 Válvula de guillotina para extracción de clarificados DN 150 de accionamiento neumático.
- 1 Medidor de nivel hidrostático con salida 4-20 mA.

### **Deshidratación de lodos**

- 1 Bomba de extracción de fangos a centrifuga de caudal regulable 2-6 m<sup>3</sup>/h a 15 mca y 1,5 kW con variador de frecuencia
- 1 Decantador centrifugo de 6 m<sup>3</sup>/h de capacidad hidráulica nominal, 4.000 r.p.m. Diámetro interno 353 mm., longitud 844 mm. Potencia instalada 11,37 kW
- 1 Bomba dosificadora de polielectrolito preparado tipo tornillo helicoidal de 100-400 l/h de capacidad a 30 mca y 0,37 kW de potencia instalada con1 variador de frecuencia
- 1 Depósito de preparación y acumulación de polielectrolito catiónico, construido en PRFV de 1.000 litros de capacidad con electroagitador de 1,5 kW con motorreductor para 330 r.p.m., válvula de vaciado, indicadores de nivel y toma para aspiración de la solución.
- 1 Sinfín transportador de lodos deshidratados construido en acero inoxidable AISI 304. Diámetro 200 mm. Potencia motorreductor 1,5 kW Longitud 4,40 m.
- Electroválvulas de limpieza
- Conjunto tuberías, válvulas y accesorios de conexión PVC PN 10
- 1 Contenedor 20 " con puerta lateral, extractor, iluminación interior, placa base centrifuga y toma de corriente.

### **Bombeo de drenajes**

- 2 (1+1R) Bomba sumergible 20 m<sup>3</sup>/h a 5,5 mca y 1,9 kW, con zócalo de descarga DN 65 , cadena extractora y tubo guía en inox 304
- 2 Válvula de guillotina inox 304 DN 80
- 1 Colector 2 entradas DN 80 / 1 salida DN 110
- Tuberías y accesorios DN 100 mm inox 304 impulsión aérea a CAF
- 2 Manómetro 0-2 kg/cm<sup>2</sup> de glicerina especial para aguas residuales y válvula de corte.
- 3 Boya de nivel especifica para aguas residuales cargadas.
- 1 Estructura soporte para polipasto de extracción de bombas.
- 1 Pasamuros entrada a pozo de bombeo drenajes DN 200 inox 304

### **I..3 Instalación eléctrica EDAR**

- La instalación eléctrica compuesta por: la acometida eléctrica en baja tensión, el cuadro de control general, la red de alimentación a motores y de control de motores. Toda la instalación eléctrica cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y las I.T.C. del mismo ITC-BT-06, 07, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 47 y especialmente la ITC-BT-30 por tratarse de locales húmedos y mojados.
- 1 Acometida para 400 kW
- 1 Cuadro general protección con magnetotérmico IV de 1.250 A y 70 kA poder de corte, cuadros protección y maniobra de las diferentes secciones y líneas generales a

electromotores de acuerdo con estudio específico y esquema eléctrico unifilar desarrollado en proyecto eléctrico como estudio con entidad propia.

- Cuadros de control: Existirá un cuadro de control general ubicado al edificio de explotación y control y otro alojado en la zona de deshidratación de fangos. Los motores de la instalación se controlan desde un armario eléctrico centralizado. Este contendrá los equipos de entrada de alimentación en baja tensión y los equipos de control, protección y mando para todos los motores instalados y están constituidos por:
  - o 1 Interruptor general.
  - o 1 Interruptor diferencial tetrapolar de protección contra corriente de defecto.
  - o 1 Interruptor automático tripolar.
- Instalación eléctrica desde cuadros a motores y maquinas de las líneas de proceso protegidas bajo tubo, cajas de derivación estancas y elementos de mando y protección, s/REBT 2002 para los equipos indicados en Estudio de la instalación BT y de acuerdo con el esquema eléctrico unifilar. La red de de alimentación eléctrica a motores se realizará con cable tipos Sintenax o similar de doble capa de protección de PVC. Las entradas a caja de bornes de motores llegará tubo flexible con prensa estopa alcanzando en todo momento la máxima estanqueidad y protección.
- 1 Líneas de distribución y conexionado alumbrado y emergencias, todas ellas protegidas con bandejas PVC y/o tubos, con cajas de derivación estancas y cuadros de distribución para mando y protección según REBT 2002 para instalación s/ITC-30
- 1 Instalación luminarias estancas de vapor de sodio de 250 y 400 W.

#### *1.4 Programación de autómatas, supervisión y control*

- 1 PC de control y supervisión
- 1 Programación autómata general equipos de control: Niveles, medidores de oxígeno disuelto, caudalímetro, pH-metro, etc necesarios para control automático en línea.
- 1 Programa de supervisión, para visualización y modificación de parámetros de temporización, consignas y el estado de cada motor y el control de todos los equipos implicados en el proceso.
- Como mínimo todos los equipos 2 niveles: automático y manual.
- Niveles de control para el funcionamiento de los soplantes del homogeneizador, reactor biológico y digestor de fangos:
  - o El nivel 1 automático predominante será según medidor de oxígeno disuelto.
  - o El nivel 2 automático será por temporización.
  - o El nivel 3 será manual.
- 1 Sistema de comunicación de alarmas GSM a teléfono móvil de mantenimiento.
- 1 Sistema de intercomunicación BUS-campo
- 1 Sistema de telecontrol de supervisión y actuación " on line "

#### *1.5 Otras instalaciones de servicio*

- Instalación aire a presión con tuberías de distribución y conexiones a los diferentes elementos, con los correspondientes accesorios y válvulas de cierre en las maquinas que lo requieren según su especificación técnica.
- Conexión a compresor de aire, red de distribución y suministro completo con tubo de aluminio 25 color azul.

- Instalación de fontanería con tuberías y accesorios de unión en acero inoxidable ANSI 316, incluso valvulería, material de sujeción y montaje de servicio las maquinas que lo requieran de acuerdo con su especificación técnica.

## **4.2.4 Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación**

### **4.2.4.1 Seguridad estructural**

#### **4.2.4.1.1 Seguridad estructural (ES)**

Se deben verificar aquellas situaciones en las que, de superarse, se puede considerar que la edificación no cumple alguno de los requisitos estructurales por los cuales será concebido (estados límite). Si se supera un determinado estado límite comporta un riesgo para las personas y se trata de un estado límite último, mientras que si solamente afectan el confort de los usuarios, el correcto funcionamiento de la edificación o la apariencia de la edificación, se trata de un estado límite de servicio.

##### **4.2.4.1.1.1 Comprobación de los estados límites últimos**

En todo el elemento estructural se deberá verificar la estabilidad global del elemento y del conjunto, tal como se indica en la fórmula 4.1 del DB SE apartado 4.2.1. Además, habrá que comprobar la resistencia de la estructura portante, elemento estructural, sección, punto o unión entre elementos de acuerdo con la fórmula 4.2 del DB SE apartado 4.2.1.

##### **4.2.4.1.1.2 Comprobación de los estados límite de servicio**

En esta edificación de control deberá comprobarse que la flecha activa de las placas alveolares sea inferior a 1/300 de su luz y que los desplazamientos horizontales de la cabeza de pilar no superen 1/500 de su altura.

Dado el canto de las placas alveolares y la reducida esbeltez de los pilares no se requiere dicha comprobación.

##### **4.2.4.1.2 Acciones en la edificación (ES-AE)**

En una primera clasificación las acciones en la edificación se pueden separar en acciones permanentes (G), variables (Q) y accidentales (A). Seguidamente se detalla el método para su determinación.

###### **4.2.4.1.2.1 Acciones permanentes (G)**

Las acciones permanentes tienen en cuenta el peso propio de la estructura, las cargas muertas y el peso de tabiques, muros de cerramiento y separaciones.

El peso propio de la estructura corresponde al peso de los pilares, jácenas y placas alveolares que forman la estructura de la nave de control.

Las cargas muertas se estiman uniformemente repartidas en la planta. Son elementos tales como el pavimento y el peso de los tabiques o separaciones.

El peso propio de tabiques pesados y muros de cerramiento se consideran al margen de la sobrecarga debida a los tabiques. En anejo C del DB-ES-AE se incluyen los pesos de algunos materiales y productos.

Las acciones del terreno se trataran de acuerdo con aquello establecido en DB-ES-C.

#### 4.2.4.1.2.2 Acciones variables (Q)

El DB SE-AE clasifica las acciones variables en: sobrecarga de uso, de viento, térmica y la de nieve. Su determinación se haría según se indica a continuación.

- a) **sobrecarga de uso:** la tabla 3.1. del DB SE-AE proporciona los valores característicos de las sobrecargas más corrientes en edificios. En el caso que no existan indicaciones deberán estimarse. En este caso se considera categoría de uso G, accesible únicamente para la conservación y como cubierta ligera sin forjado, tomando como valor una carga distribuida de 0'4 kN/m<sup>2</sup> o bien una concentrada de 1 kN. Se deberán hacer las comprobaciones considerando estas dos cargas actuando de forma no simultanea.
- b) **acción debida al viento:** la acción del viento en este tipo de edificaciones se determina siguiendo el procedimiento descrito en el DB SE-AE apartado 3.3.2. y anejo D, donde se presentan tablas desarrolladas donde se pueden obtener los coeficientes necesarios para el cálculo de la presión estática sobre las paredes y las cubiertas. En este caso no existe paramento vertical, por tanto los valores a considerar son:  
Zona eólica C →  $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$   
Coeficiente de exposición por grado aspereza del entorno IV (Zona urbana, industrial) →  $c_e = 1'35$   
Coeficiente eólico de presión interior:  $c_{pi} = -0'5$   
Presión estática en cubierta  $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_{pe} = 1'01 \text{ kN/m}^2$  ; Succión:  $-1,22 \text{ kN/m}^2$
- c) **acciones térmicas:** por la dimensión del edificio no es necesario considerarlas.
- d) **acciones debidas a la nieve:** en este tipo de edificación ligera, el valor de la carga de nieve puede determinarse a partir de la ecuación 3.2 del DB SE-AE apartado 3.5. El anejo E nos da valores de referencia para determinar la sobrecarga característica de nieve sobre un terreno horizontal en función de la zona y de la altitud topográfica del emplazamiento de la obra.

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

siendo:  $\mu = 1$ ; BELLVÍS Zona climática 2 y altura sobre nivel del mar 207 m →  $s_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

#### 4.2.4.1.2.3 Acciones accidentales (A)

Las acciones accidentales que el CTE considera hacen referencia al seísmo, al incendio y a los impactos.

Las acciones accidentales debidas al seísmo no se consideran en este proyecto. Las acciones debidas al incendio no se consideran por el uso del edificio.

En caso que se prevea que pueden haber impactos debidos al paso de maquinaria, el DB SE-AE apartado 4.3.2. indica que para a vehículos de hasta 30 kN hay que considerar una fuerza estática equivalente de 50 kN en la dirección paralela a la vía y de 25 kN en la dirección perpendicular. Estas fuerzas no se consideran actuando simultáneamente. En este caso no se prevé el impacto de maquinaria.

#### **4.2.4.1.2.4 Combinación de las acciones actuantes sobre la edificación**

En las verificaciones referentes a la comprobación de los estados límites últimos, el valor de cálculo del efecto de las acciones se realiza a partir de las expresiones indicadas en el DB SE apartado 4.2.2. En las verificaciones correspondientes a los estados límites de servicio la combinación de las acciones se hacen según el DB SE apartado 4.3.3.

#### **4.2.4.1.3 Cimentaciones (ES-C)**

Tal como se ha indicado en la descripción de la solución estructural adoptada, las cimentaciones consisten en:

- Zapatas aisladas ligadas entre ellas con vigas de riostra en nave control.
- Para los pequeños depósitos de HA mediante losa armada de 30 cm de espesor
- Para los depósitos circulares de HA como zapata corrida con talón y puntera de iguales dimensiones

En las zapatas se debe comprobar los siguientes estados límites últimos: hundimiento, deslizamiento, vuelco, estabilidad global y capacidad estructural de la cimentación, tal como se describe en el DB SE-C apartado 2.2.2.1.

A tal fin en Anejo nº 12 se presenta y justifica dimensionalmente todas las zapatas de los depósito

#### **4.2.4.1.4 Cumplimiento de la norma de construcción sismo resistente NCSE-02**

Las condiciones de sismo de esta obra son:

- Aceleración sísmica básica ( $a_b$ ) en el municipio de Bellvís  $< 0,04 \cdot g$
- Importancia de la edificación: Moderada

La construcción que se proyecta tiene una importancia moderada, ya que su destrucción en caso de sismo tiene una probabilidad despreciable de causar víctimas entre los trabajadores. Esta en una zona donde la aceleración sísmica básica es inferior a 0,04 veces la acción de la gravedad, y posteriormente se comprueba que la frecuencia esperada es menor a la admisible por lo que no es obligatoria la aplicación de la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02).

#### **4.2.4.1.5 Cumplimiento de la instrucción de hormigón estructural EHE**

Respecto la capacidad estructural de las cimentaciones se ha seguido la Instrucción EHE-08 para asegurar que el hormigón armado soporta los esfuerzos que le transmiten los elementos que sustentan.

La solución adoptada es de zapatas aisladas, corridas y losas para las cimentaciones y muros resistentes de los depósitos todo ello de hormigón armado y siguiendo los criterios de la mencionada EHE-08.

Las bases de cálculo adoptadas son:

Cimentación superficial:

Fatiga servicio del terreno	100 kN/m <sup>2</sup>
Acero: Rotura	50 kN/cm <sup>2</sup>
Hormigón: Rotura	25 y 30 N/mm <sup>2</sup>

Coefficientes parciales de seguridad:

Hormigón	1,50
Acero:	1,15
Mayoración acciones	1,60 para acciones variables y empuje de tierras
	1,35 para acciones permanente
	1,5 para empuje hidrostático

Fatigas servicio:

Terreno	100 kN/m <sup>2</sup>
Hormigón	1,6 y 2 kN/cm <sup>2</sup>
Acero:	41,6 kN/cm <sup>2</sup>

#### **4.2.4.1.6 Características de los forjados**

Se consideran forjado de placa alveolar para sustentación de cubierta invertida en el edificio de control con canto superior al requerido por lo que no se precisa comprobar flecha

#### **4.2.4.1.7 Estructuras de acero (ES-A)**

No se consideran, salvo las de estructuras de servicio de acceso a equipos ejecutadas en taller y montadas en obra.

#### **4.2.4.1.8 Fábrica**

No se contemplan cerramientos exteriores de esta naturaleza.

#### **4.2.4.2 Seguridad en caso de incendio**

Para el uso de la caseta de control de 80 m<sup>2</sup>, con una ocupación prácticamente nula, no se considera necesario requerimiento alguno salvo la disposición de extintores ya citados.

#### **4.2.4.3 Seguridad de utilización**

##### **4.2.4.3.1 Seguridad frente al riesgo de caídas**



#### **4.2.4.3.1.1 Resbaladidad de los suelos**

De acuerdo con el Documento Básico SU Seguridad de Utilización apartado SU 1-1 el suelo del edificio de control será de clase 1.

#### **4.2.4.3.1.2 Discontinuidades en el pavimento**

De acuerdo con el DB SU Seguridad de Utilización apartado SU 1-2., el pavimento no presenta irregularidades de más de 6 mm que supongan riesgo de caídas como consecuencia de tropiezos. Los desniveles inferiores a 50 mm, si aparecen, se resuelven con una pendiente del 10%, inferior al máximo admitido del 25%. Las perforaciones o vacíos en zonas de circulación de personas tienen un diámetro inferior a 15 mm.

#### **4.2.4.3.1.3 Desniveles**

No existen salvo los accesos a mantenimiento de equipos situados en altura (puentes barredores e inspección depósitos) para los que se dispone de escaleras y barandillas.

#### **4.2.4.3.1.4 Escaleras y rampas**

Únicamente se considera la disposición de escaleras de mantenimiento y servicio a equipos.

#### **4.2.4.3.1.5 Limpieza de cristales exteriores**

Tan solo se disponen tres ventanas en el pequeño edificio de control y su limpieza se podrá hacer fácilmente desde el exterior.

#### **4.2.4.3.2 Seguridad frente el riesgo de impacto o atrapamiento**

##### **4.2.4.3.2.1 Impacto**

No se contempla. No hay posibilidad de impacto con elementos insuficientemente perceptibles.

##### **4.2.4.3.2.2 Atrapamiento**

Los elementos de obertura y cerramiento automático cumplirán con las especificaciones técnicas propias.

##### **4.2.4.3.2.3 Seguridad frente el riesgo de cerramiento en recintos**

No se contempla.

#### **4.2.4.3.3 Seguridad frente el riesgo causado por iluminación inadecuada**

#### **4.2.4.3.3.1 Alumbrado normal en zonas de circulación**

Se establece una disposición de luminarias en la caseta control de 6 unidades de 60 W en de tipo fluorescente y 8 proyectores de 250 W en halogenuros metálicos para alumbrado exterior.

Se garantizará una iluminancia mínima de 10 lux en exterior y 50 lux en interior.

En todos los casos el factor de uniformidad media será superior o igual al 40%.

#### **4.2.4.3.3.2 Alumbrado de emergencia**

Se dispone de alumbrado de emergencia en caseta de control por ser local de riesgo especial (local donde están ubicados los cuadros generales de distribución) y las señales de seguridad.

Las luminarias de emergencia estarán a una distancia mínima de 2 m sobre el nivel del suelo. Habrá una en la puerta de salida.

La instalación de alumbrado de emergencia dispondrá de una fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento cuando la tensión de alimentación del alumbrado normal baje por debajo del 70% de su valor nominal. El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación ha de llegar como a mínimo el 50% del nivel de iluminación requerido a los 5 segundos y el 100% a los 60 segundos.

En los puntos donde están situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 lux, como mínimo.

Los niveles de iluminación establecidos se han de obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas. El valor mínimo del índice de rendimiento cromático de las lámparas de emergencia será de 40.

#### **4.2.4.3.4 Seguridad frente el riesgo causado por situaciones de alta ocupación**

Este requisito de seguridad no es de aplicación a los edificios industriales.

#### **4.2.4.3.5 Seguridad frente al riesgo de ahogamiento**

No se contempla.

#### **4.2.4.3.6 Seguridad frente el riesgo causado por vehículos en movimiento**

No se contempla en este proyecto.

#### **4.2.4.3.7 Seguridad frente el riesgo causado por la acción del rayo**

La frecuencia esperada es de  $N_e = 0,005$  impactos/año, y el valor  $N_a = 0,022$  impactos/año, determinados con el procedimiento del DB SU apartado SU 8.1. y por tanto no es obligatorio instalar un sistema de protección contra el rayo.

#### **4.2.4.4 Salubridad**

##### **4.2.4.4.1 Protección frente a la humedad**

###### **4.2.4.4.1.1 Muros**

En el edificio de control se consideran muros empotrados en el pavimento tanto interior como exterior de 15 cm. El nivel freático del terreno se encuentra por debajo de los 3 metros, y por tanto no se consideran problemas derivados de la humedad. Igualmente la cubierta es aislada con plafones de poliuretano de 30 mm para evitar condensaciones en el interior.

A los muros de contención de los depósitos, no se les considera aplicable estas especificaciones.

###### **4.2.4.4.1.2 Pavimentos**

Como la presencia de agua en el terreno es baja, ya que el nivel freático esta muy alejado y la permeabilidad del terreno se estima que es inferior a  $10^{-5}$  cm/s, para cumplir con los requerimientos del DB HS apartado HS-2.2.2. el grado de impermeabilidad de los pavimentos será de 1. Como el pavimento se construirá sobre solera sin intervención, se deberá utilizar hormigón de retracción moderada porque el pavimento se ejecutará *in situ* y hacer una hidrofugación complementaria del pavimento mediante la aplicación de un producto líquido para rellenar los poros sobre la superficie acabada del mismo.

Para los depósitos se ha previsto, por debajo de sus losas de cimentación, una capa drenante conectada a dren perimetral y este a colector hasta pozo de sobrenadantes.

###### **4.2.4.4.1.3 Fachadas**

Considerando que la zona pluviométrica es III, que el grado de exposición al viento es V3, el edificio control tiene una altura inferior a 15 m, está en una zona eólica C y el terreno es asimilable a industrial (clasificado como E1), el grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas para satisfacer las exigencias del DB HS apartado HS-2.2.3. es 3.

Se cumplen las especificaciones exigidas para el grado de impermeabilidad de 3, con la disposición de los plaques de hormigón macizo de 12 cm con juntas de estanqueidad que le confieren una continuidad e impermeabilización garantizada.

###### **4.2.4.4.1.4 Cubiertas**

La cubierta de tipo invertida no transitable con pendientes de hormigón celular, capa separadora, impermeabilización con membrana de lámina de betún, aislamiento de poliestireno de 40 mm, capa separadora de geotextil y acabado con gravilla. Se ejecuta siguiendo las especificaciones del DB –HS.

##### **4.2.4.4.2 Recogida y evacuación de residuos**

No es de aplicación.

#### **4.2.4.4.3 Calidad del aire interior**

No es de aplicación.

#### **4.2.4.4.4 Suministro de agua**

La red de suministro de agua será la existente en el recinto industrial.

La acometida para el nuevo edificio constará de una llave de toma sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abra el paso a la acometida, el tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general y una llave de corte.

El tubo de alimentación y el distribuidor principal irán vistos i tendrán llaves de corte en todas las derivaciones. Las tuberías serán de polietileno de alta densidad o similar. Los diámetros nominales se han calculado porque en ningún punto no se tengan una presión por debajo de los 100 kPa ni por encima de 500 kPa.

No se requieren consumos de agua caliente en las actuaciones que se proyectan.

#### **4.2.4.4.5 Evacuación de aguas residuales**

Tanto las aguas residuales como las aguas pluviales se vierten en redes separadas.

En la edificación que se contempla se generan pequeñas aguas residuales, ya que se proyecta un lavabo, wáter y una ducha, dado que estos servicios se disponen a mas de 100 metros de la edificación existente de la industria, a pesar de que la ocupación de estas instalaciones es prácticamente nula. También pica para laboratorio de analíticas de control usuales.

##### **4.2.4.4.5.1 Red de evacuación de aguas residuales**

Toda la instalación que se proyecta pretende la depuración de les aguas residuales de la industria de matadero de aves y sala de despiece anexa.

En hoja de Planos núm. 2 y 3 se identifican los puntos de vertido para control de los mimos y de conexión a cauce natural que es realiza mediante tubería enterrada en los punto de coordenadas UTM siguientes:

<u>Arqueta control</u>	<u>Conexión a desaguë público</u>
X: 316.355	X: 316.359
Y: 4.616.701	Y: 4.616.697

##### **4.2.4.4.5.2 Red de evacuación de aguas pluviales.**

El municipio de Bellvís se encuentra en la zona B y sobre una isoyeta de valor 30, se considera una intensidad de precipitación de 70 mm/h.

Dada la pequeña superficie de la construcción, se proyecta una cubierta plana, con bajantes, de forma que les aguas de lluvia vierten directamente al terreno exterior que se encuentra pavimentado con pendiente hacia terreno propio colindante permeable que no requiere de sistema de colectores.

#### **4.2.4.5 Protección contra el ruido**

No es de aplicación el DB-HR para el edificio de control por no disponerse en el mismo de equipos generadores de ruido y ser de ocupación prácticamente nula.

Todos los equipos de la EDAR se encuentran en el exterior. Los soplantes para las aireaciones con un nivel de ruido de 72 dB se instalan dentro de cabinas de insonorización.

Para garantizar la protección contra el ruido se seguirán las indicaciones de la normativa referente a la seguridad y salud en los lugares de trabajo.

#### **4.2.4.6 Ahorro de energía**

##### **4.2.4.6.1 Limitación de demanda energética**

De acuerdo con el DB HE apartado HE-1.1.2., se excluyen del ámbito de aplicación de esta exigencia básica las instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.

##### **4.2.4.6.2 Rendimiento de las instalaciones térmicas**

No es de aplicación.

##### **4.2.4.6.3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación**

De acuerdo con el DB HE apartado HE-3.1.1., se excluyen del ámbito de aplicación de esta exigencia básica las instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.

##### **4.2.4.6.4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria**

No se ha de considerar.

##### **4.2.4.6.5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica**

De acuerdo con el DB HE apartado HE-5.1.1.1., esta exigencia básica es de aplicación en determinados edificios comerciales, administrativos, residenciales, hospitalarios y en naves de almacenamiento con más de 10.000 m<sup>2</sup> construídos. Por tanto, esta exigencia no es de aplicación en edificios industriales.

### **4.2.5 Cumplimiento de otros reglamentos**

#### **4.2.5.1 Reglamento Electrotécnico para a Baja Tensión**

La instalación eléctrica cumple lo que establecido en el R.D. 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 18 de setiembre de 2002 y sus instrucciones técnicas ITC-BT-06, 07, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 30 y 47.

La acometida general que proviene de la estación transformadora será de 3x240mm<sup>2</sup>+240mm<sup>2</sup> y transcurrirá enterrado bajo tubo de PVC corrugado de diámetro 200.

La línea entrará a la caseta de control donde se conectará al seccionador general y al cuadro general de la EDAR

En el interior de la caseta de control, separado de la actividad de depuración, se dispone el cuadro general de la EDAR. Este cuadro está formado por módulos metálicos normalizados, conteniendo los elementos de mando y protección generales y de cada una de las líneas de distribución a los diferentes subcuadros. El cuadro será de montaje mural, de accesibilidad frontal y con puertas cerradas con llave.

Del cuadro general parten las diferentes líneas generales hacia los diferentes subcuadros situados en la misma caseta de control mediante bandeja metálica tipo rejiband.

En la misma sala de Baja Tensión se sitúan los subcuadros eléctricos para las diferentes fases de depuración de las aguas residuales y albergaran los contactores, relés térmicos, magnetotérmicos, guardamotores, variadores de frecuencia y autómatas programables y el resto de elementos eléctricos necesarios. Cada subcuadro se encuentre protegido mediante el correspondiente interruptor magnetotérmico con bobina de mínima tensión y un interruptor de parada que desarma todos los elementos que derivan del subcuadro (ver esquema eléctrico unifilar dado en proyecto de BT en Documento Básico nº 7 "Estudios con entidad propia")

La puesta en tierra cumple con las indicaciones de la instrucción ITC-BT-18. Es única y exclusiva para la instalación eléctrica de la depuradora. Se realiza con picas clavadas en el terreno de acero galvanizado revestidas con una capa de cobre de 2 m de longitud y un diámetro de 20 mm. Se sitúan 4 puntos de picas en cuadro alrededor de la caseta de control, unidas con cable de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> en anillo y a una profundidad superior a 50 cm.

De acuerdo con la instrucción ITC-BT-22, se instalaran interruptores automáticos de corte contra sobrecargas (interruptores magnetotérmicos) de intensidad nominal tal como se dispongan en esquema unifilar citado.

Para limitar la tensión de seguridad con respecto a tierra a 24 voltios, se adopta esquema de protección TT (ITC-BT-24) por el que todas las masas metálicas se conectarán a la toma del tierra general

#### **4.2.5.2 Criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios.**

La adopción de los criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios de construcción, fijados en el Decreto 21/2006, de 14 de febrero, no es de aplicación en los edificios industriales.

#### **4.2.5.3 Control de calidad de la edificación.**

De acuerdo con el Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, será necesario efectuar todos los controles que sean necesarios para una correcta ejecución de la obra según la normativa de obligado cumplimiento.

En anejo nº 15 se detalla el Plan de control de calidad que incluye:

- El control de recepción de productos
- El control de la ejecución
- El control de la obra terminada

#### **4.2.5.4 Gestión de los derribos y otros residuos de la construcción**

De acuerdo con el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición, se contratará un gestor autorizado para garantizar la correcta destinación de los residuos de excavación y de construcción generados en las obras de ejecución.

El volumen de los residuos de construcción se ha calculado en el Anejo nº 16 donde se presenta también el estudio de gestión de residuos.

## **5. DE LA ACTIVIDAD.**

La **actividad de matadero de aves y sala de despiece anexa**, que desarrolla Avícola del Pla en Bellvís se encuentra clasificada específicamente en los anexos del *Reglament General (Decret 143/2003 de 10 de juny, de modificació del Decret 136/1999 de la Generalitat de Catalunya) pel que es desenvolupa la Llei 3/1998 de la Intervenció Integral de la Administració Ambiental*.

De acuerdo con el Decreto 143/2003 la clasificación de la actividad se ha de incluir con el Código:

### **Annex I**

#### **7. Indústria alimentària i del tabac**

##### **7.1 Escorxadors que tinguin una capacitat de producció de canals > 50 t/dia**

I por tanto, esta sometida al **Régimen de Autorización Ambiental (ANNEX I)**.

La actividad dispone de las correspondientes licencias administrativas para las instalaciones y edificaciones existentes, y **por resolución de fecha 15 de enero de de 2007** se otorga a AVICOLA DEL PLA la AUTORITZACIÓN AMBIENTAL para a la adecuación a la llei 3/98 de la planta de matadero de aves y sala despiece anexa.

La instalación que se contempla de depuración de aguas residuales con el presente proyecto se deben entender como **cambio no sustancial**, dado que se mantienen las producciones matanza y despiece y el incremento del caudal de vertido en diseño de la EDAR es un 20% superior al actual.

A los efectos de informes preceptivos para el ayuntamiento de Bellvís se ha incorporado estudio específico relativo a:

- Residuos de la construcción (ver anejo núm. 16)



## **6. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS**

Para estimar el tiempo previsible de ejecución del proyecto se ha confeccionado el Anejo nº 17 donde se establece el Plan de las actividades a realizar y que describen la totalidad del proyecto.

En dicho Plan se ha estimado la duración de las actividades, tomando como unidad de tiempo la semana, teniendo en cuenta el oficio que las misma exigen de mano de obra, la utilización de las cuadrillas en la repetición de las tareas en otra unidad funcional a fin de establecer relaciones entre las tareas, a falta de conocer las contratas reales y sus sistemas de ejecución.

De acuerdo con dicha planificación, considerando meses de 4 semanas, se ha confeccionado el *Timing*, que aporta en el mencionado anejo, a efectos de orientar y determinar la duración de la ejecución del proyecto

La duración previsible de la ejecución del proyecto es de 31 semanas, desde el replanteo.

## **7. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO**

Los documentos que componen el presente proyecto son:

DOCUMENTO BÁSICO 0	INDICE GENERAL
DOCUMENTO BÁSICO 1	MEMORIA
DOCUMENTO BÁSICO 2	ANEJOS
DOCUMENTO BÁSICO 3	PLANOS
DOCUMENTO BÁSICO 4	PLIEGOS DE CONDICIONES Pliego de Condiciones Administrativas Pliego de Condiciones Técnicas particulares
DOCUMENTO BÁSICO 5	ESTADO DE MEDICIONES
DOCUMENTO BÁSICO 6	PRESUPUESTO Presupuesto parcial de la obra civil Cuadro de precios de las unidades de obra Presupuesto de maquinaria, equipos e instalaciones Resumen General total de Presupuestos
DOCUMENTO BÁSICO 7	ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA Proyecto instalación eléctrica de Baja Tensión Estudio de Seguridad y Salud en las obras

Los cuales permiten la contratación y ejecución de la obra proyectada y se elevan al promotor para su toma de decisión.

## 8. PRESUPUESTO

Considerando el estado de Mediciones de la obra civil, que se aporta en el Documento Básico 5, el presupuesto de las distintas unidades funcionales, la justificación de precios de la unidades de obra intervinientes y el presupuesto de la Maquinaria Instalaciones y equipos, dados en Documento Básico 6 y el presupuesto de Seguridad y Salud que se aporta en Documento Básico 7, se justifica el siguiente Resumen General de Presupuestos:

	<b>Importe €</b>
<b>I.- EJECUCIÓN MATERIAL OBRA CIVIL .....</b>	<b>546.780,65</b>
Preparación parcela implantación EDAR..... 3.083,20	
Canal de tamizado .....	2.719,18
Pozo bombeo .....	9.053,58
Depósito CAF .....	21.374,43
Depósito homogeneización.....	85.371,56
Flotación DAF.....	17.106,76
Depósito cámara anóxica.....	79.970,62
Depósito cámara óxica.....	102.023,53
Dep. homog.- espesador-digestión fangos.....	57.589,29
Pozo recirculación y extracción lodos.....	3.127,89
Decantador secundario .....	39.994,65
Red drenaje y sobrenadantes .....	9.606,54
Urbanización y obras complementarias .....	95.679,42
<b>II.- MAQUINARIA Y EQUIPOS .....</b>	<b>1.129.505,00</b>
19% Gastos G., B.I. e Imprevistos S/	<b>546.780,65</b>
	<b>103.888,32</b>
<b>III.- PRESUPUESTO SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>16.031,49</b>
<b>PRESUPUESTO GENERAL TOTAL</b>	<b>1.796.205,46</b>

Asciende el Presupuesto General Total de la Obra Civil, Maquinaria e Instalaciones y Equipos del **Proyecto de instalación de depuradora para el tratamiento de 1200 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales** procedentes de industria de matadero de aves y sala de despiece anexa que AVÍCOLA DEL PLA S.A. dispone en T. M. BELLVIS (Pla d'Urgell), a la expresada cantidad de EUROS UN MILLON SETECIENTOS CIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL DOSIENTOS CINCO CON CUARENTA Y SEIS CENTIMOS (**1.796.205,46 €**)

Lleida, junio de 2010

Fdo.: M<sup>a</sup> Carmen Llorca Iglesias

## DOCUMENTO BÁSICO Nº 2 : ANEJOS

### INDICE

#### **ANEJO 01 CARACTERISTICAS GENERALES DEL AGUA RESIDUAL Y BASES LEGALES. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL A TRATAR**

1	Objeto .....	1
2	Caracterización típica de las aguas residuales .....	1
2.1	Constituyentes orgánicos .....	1
2.2	Constituyentes inorgánicos .....	2
2.3	Contenido sólido de las aguas residuales .....	3
2.4	Nutrientes .....	3
2.5	Microorganismos .....	4
2.5.1	Indicadores bacteriológicos .....	5
3	Efecto de los contaminantes en aguas continentales .....	5
3.1	Pérdida de la calidad de las aguas: .....	6
3.2	Materia orgánica biodegradable. Disminución del oxígeno: .....	6
3.3	Materia orgánica refractaria: .....	7
3.4	Presencia de metales. Toxicidad: .....	7
3.5	Incremento de nutrientes. Proceso de Eutrofización: .....	8
4	Legislación Vigente .....	9
4.1	Legislación en España y la Unión Europea .....	9
4.2	Legislación en Cataluña .....	11
4.3	Resumen .....	13
5	Acciones para la caracterización de del agua residual a tratar .....	15
5.1	Muestro .....	15
5.2	Acciones a realizar .....	15
5.3	Estimación del caudal de vertido .....	15
5.4	Estimación de la contaminación .....	15

#### **ANEJO 02 CONDICIONANTES DE CAUDAL Y PARÁMETROS CONTAMINANTES**

1.	Objeto .....	1
2.	Acciones realizadas .....	1
3.	Estimación del caudal de vertido .....	3
4.	Estimación de la contaminación .....	3
5.	Conclusión .....	4
6.	Parámetros de vertido en zonas sensible .....	4

#### **ANEJO 03 UNIDADES FUNCIONALES DE TECNOLOGIAS DISPONIBLES**

1	OBJETO .....	1
2	PROCESOS .....	1
3	PRETRATAMIENTO .....	1
3.1	Función .....	1
3.2	Componentes .....	2
3.2.1	Tamices .....	2
3.2.2	Desarenador .....	3
3.2.3	Desengrasadores .....	3
3.2.4	Depósito de homogeneización .....	4
4	TRATAMIENTO PRIMARIO O LÍNEA FÍSICO-QUÍMICA (DAF) .....	4
4.1	Función .....	4
4.2	Tipos de sedimentación .....	5
4.3	Características de los decantadores .....	5
4.4	Tipos de sólidos en suspensión .....	6
4.5	Sedimentación de partículas floculadas proceso químico .....	6
4.5.1	Coagulación de una dispersión coloidal .....	6
4.6	Coagulación y floculación .....	6

4.6.1	Coagulantes.....	6
4.6.2	Coadyuvantes .....	7
4.7	Decantadores.....	7
5	TRATAMIENTO SECUNDARIO O LÍNEA BIOLÓGICA .....	8
5.1	Función.....	8
5.2	Estructura del ecosistema de los fangos activos.....	9
5.3	Estructura de la microfauna .....	10
5.4	El proceso de fangos activos.....	12
5.4.1	Descripción del proceso.....	12
5.4.1.1	Eliminación de N.....	13
5.4.1.2	Eliminación de P .....	14
5.5	Diseño de la EDAR por procesos biológicos.....	16
5.6	Línea de tratamiento de aguas .....	17
5.6.1	Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo .....	17
5.6.2	Reactor biológico secuencial (SBR).....	18
5.6.3	Funcionamiento.....	18
5.6.3.1	Oxigenación y agitación: Baterías de eyectores .....	20
5.6.3.2	..... La decantación: Decanter flotante	24
5.6.3.3	Aplicaciones del SBR .....	25
5.6.3.4	Ventajas/Limitaciones .....	25
5.7	Línea de tratamiento de fangos .....	26
5.7.1	Espesado de fangos: .....	28
5.7.2	Digestión de los fangos .....	29
5.7.2.1	.....Ventajas e inconvenientes de la digestión aerobia	29
5.7.2.2	Descripción del proceso .....	30
5.7.3	Deshidratación de fangos: .....	30
5.7.3.1	.....Acondicionamiento de los fangos.	31
5.7.3.2	Centrifugas.....	31
6	DEPÓSITOS .....	32
6.1	Depósitos de hormigón prefabricado.....	32
6.1.1	Descripción.....	32
6.1.2	Características Constructivas: .....	32
6.1.3	Construcción:.....	33
6.1.4	Aplicaciones.....	34
6.1.5	Ventajas/Limitaciones .....	34
6.1.6	Análisis de costes.....	35
6.2	Depósitos de acero inoxidable.....	35
6.2.1	Descripción.....	35
6.2.2	Materiales de formación del cuerpo del depósito.....	35
6.2.3	Construcción.....	36
6.2.4	Análisis de costes.....	36
6.3	Depósitos de PRFV.....	36
6.3.1	Descripción.....	36
6.3.2	Aplicación.....	37
6.4	Medición de caudales .....	37
7	CONCLUSIONES .....	38
7.1	Para el pretratamiento del agua bruta: .....	38
7.2	Para el tratamiento primario: .....	38
7.3	Para el tratamiento secundario (línea biológica):.....	38
7.4	Línea de tratamiento de lodos: .....	38
7.5	Construcción de depósitos: .....	38
7.6	Medición de caudales:.....	38
APENDICE 1 DEL ANEJO 3 .....		39
DIFERENCIAS ENTRE FLOTACIÓN Y DECANTACIÓN .....		39
1	OBJETO .....	39
2	TRATAMIENTO PRIMARIO O FÍSICO - QUÍMICO.....	39
2.1	Decantación.....	39
2.1.1	Tipos de Decantadores.....	40
2.1.2	Parámetros de diseño.....	40
2.1.3	Fangos Producidos.....	40
2.1.4	Explotación.....	40
2.1.5	Aplicabilidad.....	40

2.2 Flotación por aire disuelto .....	40
2.2.1 Tipos de Flotadores .....	41
2.2.2 Parámetros de diseño .....	41
2.2.3 Fangos Producidos .....	41
2.2.4 Explotación .....	42
2.2.5 Aplicabilidad .....	42
3 PRODUCTOS QUÍMICOS .....	42
3.1 Coagulante .....	42
3.2 Floculante .....	43
4 TRATAMIENTO DE FANGO .....	43
4.1 Bombeo del fango en el decantador .....	44
4.2 Bombeo del fango en el Flotador .....	44
5 RESUMEN DIFERENCIAS ENTRE DECANTACIÓN Y FLOTACIÓN .....	44
6 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO .....	45

## **ANEJO 04 FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS**

1 OBJETO .....	1
2 INTRODUCCIÓN .....	1
3 FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS .....	1
3.1 Los procesos de oxidación biológica .....	2
3.1.1 Reacciones de síntesis o asimilación .....	2
3.1.2 Reacciones de oxidación y Respiración endógena .....	3
3.1.3 Microorganismos más importantes .....	3
3.2 Factores que intervienen en la oxidación biológica .....	4
3.3 Los procesos de Nitrificación-Desnitrificación .....	5
3.3.1 El proceso de Nitrificación .....	5
3.3.2 El proceso de desnitrificación .....	5
4 EL PROCESO DE FANGOS ACTIVADOS .....	6
4.1 Principios de funcionamiento .....	6
4.2 Control de procesos en el sistema de fangos activados .....	7
4.2.1 Parámetros operacionales .....	7
4.2.2 Parámetros de control .....	8
5 ANÁLISIS Y REGISTRO DE DATOS .....	9
6 TIPOS DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS .....	10
6.1 Procesos convencionales .....	10
6.1.1 Flujo pistón .....	10
6.1.2 Mezcla completa .....	11
6.1.3 Alimentación escalonada .....	11
6.2 Aireación prolongada .....	12
6.3 Canales de oxidación .....	13
6.3.1 Carrusel .....	13
6.3.2 Proceso orbal .....	13
6.4 Procesos de bioabsorción .....	14
6.4.1 Contacto-estabilización .....	14
6.4.2 Proceso de doble etapa .....	15
6.5 Sistemas de oxígeno puro .....	16
7 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE FANGOS ACTIVOS .....	16
7.1 Cuba de aireación .....	18
7.2 Decantadores secundarios o clarificadores .....	18
7.2.1 Decantadores circulares de rasquetas .....	18
7.2.2 Decantadores rectangulares de rasquetas .....	18
7.2.3 Decantadores de succión .....	19
8 CAUSAS Y PROBLEMAS HABITUALES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DEL PROCESO .....	19
8.1 Causas de aparición de problemas .....	19
8.1.1 Variaciones en el sistema colector .....	19
8.1.2 Variaciones en el funcionamiento .....	19
8.2 Problemas habituales .....	20
8.2.1 Cambios en el caudal y características de las aguas residuales .....	20
8.2.2 Presencia en el digestor de fangos de un sobrenadante con excesiva carga de sólidos .....	20
8.2.3 Subida de fangos por gasificación .....	20

8.2.4	Esponjamiento de los fangos .....	21
9	INTRODUCCIÓN A LA BIOINDICACION COMO PARÁMETRO DE MANTENIMIENTO .....	21
10	SINTESIS Y CONCLUSIÓN .....	23

## **ANEJO 05      CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DEPURACIÓN POR FANGOS ACTIVADOS DE BAJA CARGA**

1	OBJETO .....	1
2	PRETRATAMIENTO .....	2
2.1	Tamizado y bombeo.....	2
2.2	Desengrase (CAF) .....	3
2.2.1	Bases de partida.....	3
2.2.2	Flotador sistema CAF .....	4
3	HOMOGENEIZACIÓN DE CARGA Y CAUDAL .....	6
3.1	Depósito de homogenización: relación caudales-niveles.....	6
4	TRATAMIENTO PRIMARIO: BIOADSORCION CON FLOTACION TIPO FAD .....	10
4.1	Bases de partida.....	10
4.2	Flotador sistema FAD .....	10
4.2.1	Dimensiones.....	10
4.2.2	Circuito de presurización .....	11
4.3	Producción de Lodos .....	11
5	TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON NITRIFICACION DESNITRIFICACION .....	13
5.1	Bases de partida.....	13
5.1.1	Caudales y parámetros unitarios .....	13
5.1.2	Caudales de dimensionamiento.....	13
5.1.3	Característica de la contaminación .....	13
5.2	Dimensionamiento tratamiento biológico.....	14
5.2.1	Cálculo volumen reactor.....	14
5.2.2	Nitrificación.....	14
5.2.3	Desnitrificación.....	14
5.2.4	Solución adoptada .....	15
5.3	Dimensionamiento: oxigenación .....	16
6	TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....	17
6.1	Selección .....	17
6.2	Características generales y funcionamiento .....	17

## **ANEJO 06      CALCULO DE LA EDAD DE FANGO NECESARIA PARA NITRIFICACIÓN**

1	OBJETO .....	1
2	EDAD DEL FANGO NECESARIA PARA NITRIFICAR.....	1
3	CAPACIDAD DEDESNITRIFICACION.....	2
4	BALANCE DE NITROGENO .....	2
4.1	Nitrógeno afluente .....	2
4.2	Nitrógeno amoniacal en el efluente .....	2
4.3	Nitrógeno orgánico en el efluente .....	3
4.4	Cantidad de nitrógeno que se elimina formando parte de los fangos en exceso .....	3
4.5	Balance de nitrógeno .....	4
4.6	Nitrógeno oxidado por nitrificación.....	4
5	CALCULO DE LA RECIRCULACION INTERNA NECESARIA.....	4

## **ANEJO 07      COMPROBACIÓN DIMENSIONADO DEL PROCESO BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA CON NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN**

1	OBJETO .....	1
---	--------------	---

2	CARACTERÍSTICAS DEL INFLUENTE .....	1
3	CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE .....	2
4	RENDIMIENTO MÍNIMO NECESARIO .....	2
5	PARÁMETROS DE DISEÑO DEL REACTOR BIOLÓGICO.....	3
6	CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE OXIGENO .....	4
7	ELIMINACIÓN DE FOSFORO .....	12
8	DECANTACIÓN SECUNDARIA.....	12
8.1	Caudales medio y punta.....	13
8.2	Carga hidráulica o velocidad ascensional.....	13
8.3	Carga de sólidos .....	13
8.4	Tiempo de retención hidráulica .....	13
8.5	Recirculación de fangos.....	13
8.6	Carga sobre vertedero .....	14
8.7	Calado del decantador .....	14
9	CÁLCULO DE LA RECIRCULACIÓN DE FANGOS.....	17
10	CÁLCULO DE LA PURGA DE FANGOS (FANGOS BIOLÓGICOS EN EXCESO).....	18
11	HOMOGENIZACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE FANGOS.....	18
12	DESHIDRATACIÓN DE LODOS .....	20
13	RESUMEN DEL DISEÑO ADOPTADO EN LA AIREACIÓN PROLONGADA .....	22
13.1	Línea de aguas del reactor biológico.....	22
13.2	Línea de fangos.....	24

## **ANEJO 08    CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO EN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR)**

1	OBJETO .....	1
2	ELIMINACIÓN DE CARBONO .....	1
2.1	Datos de partida .....	1
2.2	Coefficientes cinéticos.....	1
2.3	Fraccionamiento de la DQO .....	1
2.4	Datos influente / efluente .....	2
2.5	Estimación de la edad de fangos.....	2
2.6	Fraccionamiento de la DQO a la salida.....	3
2.7	Producción de fangos.....	4
2.8	Estrategia de tiempos.....	5
2.9	Volumen del reactor.....	6
2.10	Concentración de microorganismos .....	7
2.11	Ciclo óptimo.....	7
2.12	Dimensiones teóricas del reactor.....	8
2.13	Dimensiones reales del reactor.....	11
2.14	Necesidades de aireación.....	11
3	ELIMINACIÓN DE NITROGENO .....	14
3.1	Datos de partida adoptados en la eliminación de C .....	14
3.2	Estimación de la edad de fangos.....	15
3.3	Estimación de la nitrificación .....	15
3.4	Estimación de la edad de desnitrificación pre-anóxica .....	15
3.5	Estimación de la Desnitrificación post-anóxica .....	16
3.6	Estimación de la producción de fangos .....	16
3.7	Estimación del requerimiento de oxígeno.....	16
3.8	Elección del soplante .....	17
3.9	Bomba de llenado .....	17
3.10	Bomba extracción fangos.....	17
4	DEPOSITO REGULADOR DE SALIDA.....	17
5	ESQUEMA DEL TRATAMIENTO CON SBR .....	17

## **ANEJO 09    CALCULO ELECCIÓN SISTEMA TRATAMIENTO DE FANGOS**

1	OBJETO .....	1
2	OPCIONES DE TRATAMIENTO DE LOS FANGOS .....	1
2.1	Lodos mixtos sin digestión .....	1
2.1.1	Inversión requerida.....	1
2.1.2	Fangos Producidos.....	2



2.1.3	Explotación.....	2
2.1.4	Aplicabilidad.....	2
2.2	Con digestión de lodos.....	2
2.2.1	Inversión requerida.....	2
2.2.2	Fangos Producidos.....	3
2.2.3	Explotación.....	3
2.2.4	Aplicabilidad.....	3
3	ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	4
3.1	Diferencia de inversión.....	4
3.2	Diferencia de flujos.....	4
3.2.1	Costes a considerar.....	4
3.2.2	Incremento de pagos.....	4
3.2.3	Decremento de pagos (ahorro).....	5
3.2.4	Evaluación económica.....	6

## ANEJO 10 JUSTIFICACIÓN ALTERNATIVA ADOPTADA

1	OBJETO.....	1
2	OPCIONES DE REACTOR BIOLÓGICO.....	1
2.1	Alternativa 1: Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo sin reactivos.....	3
2.1.1	Inversión requerida en equipos electromecánicos.....	4
2.1.2	Inversión requerida en depósitos de proceso.....	5
2.1.3	Inversión requerida en Obra Civil complementaria.....	5
2.1.4	Inversión requerida en instalación eléctrica.....	5
2.1.5	Inversión requerida en ingeniería de detalle.....	5
2.1.6	Inversión total requerida.....	6
2.2	Alternativa 2: Tratamiento químico (DAF) con reactivos y reactor biológico secuencial (SBR).....	6
2.2.1	Inversión requerida en equipos electromecánicos.....	7
2.2.1	Inversión requerida en depósitos de proceso.....	7
2.2.2	Inversión requerida en Obra Civil complementaria.....	7
2.2.3	Inversión requerida en instalación eléctrica.....	8
2.2.4	Inversión requerida en ingeniería de detalle.....	8
2.2.5	Inversión total requerida.....	8
3	ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	8
3.1	Diferencia de inversión.....	8
3.2	Cuentas de explotación previsible.....	8
3.2.1	Datos de partida.....	9
3.2.2	Costes fijos.....	10
3.2.3	Costes variables.....	13
3.2.4	Resumen costes explotación.....	15
3.2.5	Influencia de los costes sobre el total.....	16
3.3	Diferencia de inversión y flujos de caja. Análisis económico.....	16
3.3.1	Inversiones consideradas.....	16
3.3.2	Diferencia de pagos.....	17
3.3.3	Evaluación económica.....	17
	Apéndice 1 Justificación potencia eléctrica instalada.....	18
	Apéndice 2 Obra civil complementaria de las alternativas estudiadas.....	22

## ANEJO 11 ELECCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS DEPÓSITOS DE LA EDAR

1	OBJETO.....	1
2	ALTERNATIVAS A CONSIDERAR.....	1
2.1	Depósitos de hormigón ejecutados "in situ".....	2
2.2	Depósitos de hormigón prefabricados.....	4
2.3	Depósitos de acero inoxidable AISI 304.....	5
3	COMPARACIÓN DE COSTES.....	7
4	PRECIOS DE UNIDADES DE OBRA CONSIDERADOS PARA COMPARACIÓN.....	7

## ANEJO 12 CALCULOS CONSTRUCTIVOS.- DEPÓSITOS

1	OBJETO .....	1
2	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS .....	1
3	CONDICIONES DEL DISEÑO .....	1
4	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES .....	2
5	CAMPOS DE DESPLAZAMIENTO Y ESFUERZOS EN PARED .....	2
6	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	3
7	ACCIONES A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO DE LA PARED.....	3
8	ARMADURAS MÍNIMAS EN LAS PAREDES .....	3
9	CÁLCULO DE LA PARED DEL DEPÓSITO EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE FLEXIÓN.....	3
9.1	Acción debida al empuje hidrostático (hipótesis1) $f = 1,5$ .....	3
9.2	Acción debida al empuje de tierras (Hipótesis 2) con $f = 1,6$ .....	3
10	CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ESFUERZO CORTANTE.....	4
10.1	Acción debida al empuje hidrostático (Hip. 1) con $f = 1,5$ .....	4
10.2	Acción debida al empuje de tierras (Hip. 2) con $f = 1,6$ .....	4
10.3	Envolvente de esfuerzos cortantes .....	4
11	CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO TRACCIÓN SIMPLE.....	4
12	COMPROBACIÓN DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN.....	4
13	CÁLCULO DEL DEPÓSITO DE HOMOGENIZACIÓN.....	7
13.1	Materiales .....	7
13.2	Parámetros del depósito.....	7
13.3	Parámetros del terreno.....	7
13.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	8
13.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	11
14	CÁLCULO DEL DEPÓSITO REACTOR ANÓXICO .....	14
14.1	Materiales .....	14
14.2	Parámetros del depósito.....	14
14.3	Parámetros del terreno.....	14
14.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	15
14.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	17
15	CÁLCULO DEL DEPÓSITO REACTOR ÓXICO.....	18
15.1	Materiales .....	18
15.2	Parámetros del depósito.....	18
15.3	Parámetros del terreno.....	19
15.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	19
15.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	21
16	CÁLCULO DEL DECANTADOR SECUNDARIO .....	22
16.1	Materiales .....	22
16.2	Parámetros del depósito.....	22
16.3	Parámetros del terreno.....	23
16.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	23
16.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	25
17	CÁLCULO DEL ESPESADOR DE FANGOS.....	26
17.1	Materiales .....	26
17.2	Parámetros del depósito.....	26
17.3	Parámetros del terreno.....	27
17.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	27
17.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós.....	29

## **ANEJO 13 CÁLCULO CIMENTACIÓN PAREDES DEPÓSITOS**

1	OBJETO .....	1
2	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS.....	1
3	CONDICIONES DEL DISEÑO .....	1
4	CONDICIONES DEL TERRENO.....	2
5	ZAPATA DEPÓSITO HOMOGENIZACIÓN .....	2
5.1	Datos del depósito.....	2
5.2	Dimensiones zapata .....	2
5.3	Resultados del cálculo de solicitaciones.....	2
5.4	Estado limite de equilibrio.....	2
5.4.1	La zapata no vuelca .....	2
5.4.2	La zapata no desliza.....	3
5.4.3	La zapata transmite presiones adecuadas al terreno .....	3

5.5	Calculo de la armadura necesaria en el talón.....	3
5.5.1	Datos dimensionales y solicitaciones del talón .....	4
5.5.2	Cálculo, dimensionado y comprobación .....	4
5.6	Calculo de la armadura necesaria en la puntera .....	6
5.6.1	Datos dimensionales y solicitaciones de la puntera.....	6
5.6.2	Cálculo, dimensionado y comprobación .....	6
6	CÁLCULO DE LAS ZAPATAS DEL RESTO DE DEPÓSITOS.....	9

## **ANEJO 14 MANTENIMIENTO PRECEPTIVO Y PREVENTIVO DE LA EDAR**

1	OBJETO .....	1
2	MANTENIMIENTO PRECEPTIVO .....	1
2.1	Instalaciones eléctricas de Baja Tensión.....	1
2.2	Almacenamiento de productos químicos .....	1
2.3	Aparatos a presión: Aparatos o instalaciones no sometidas a ninguna I.T.C. ....	2
2.4	Aparatos a presión: Extintores de incendios. ....	2
2.5	Aparatos a presión: botellas de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.....	3
2.6	Aparatos a presión: instalaciones de tratamiento y Almacenamiento de aire comprimido. ....	3
2.7	Instalaciones de protección contra incendios.....	3
2.8	Seguridad en máquinas.....	4
3	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	4

## **ANEJO 15 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

A.	CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS .....	2
1.	Control de la documentación de los suministros.....	2
2.	Control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.....	2
3.	Control mediante ensayos .....	2
3.1	Hormigones estructurales.....	2
3.2	Control de la resistencia del hormigón .....	2
3.3	Control de los componentes del hormigón .....	4
3.4	Control del acero .....	4
3.5	Forjados unidireccionales de hormigón estructural.....	6
3.6	Estructuras de acero .....	6
3.7	Estructuras de fábrica:.....	6
3.8	..... Criterio general de no-aceptación del producto: .....	6
B.	CONTROL DE EJECUCIÓN .....	11
C.	CONTROL DE LA OBRA TERMINADA .....	13
	APENDICE I. Control de los componentes del hormigón.....	14

## **ANEJO 16 ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

1	OBJETO DEL ESTUDIO.....	1
1.1	Normativa Residuos .....	1
2	PLAN DE GESTIÓN .....	1
2.1	Identificación de los residuos a generar .....	1
2.2	Estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra, en t y m <sup>3</sup> . 4	1
2.2.1	Unidades constructivas .....	4
2.2.2	Unidades de residuos producidos.....	4
2.2.3	Cantidad de residuos generados. ....	4
2.3	Medidas de segregación "in situ" previstas (clasificación/selección).....	5
2.4	Previsión de operaciones de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos (en este caso se identificará el destino previsto) .....	6
2.5	Previsión de operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados. ....	7
2.6	Destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorizables "in situ" (indicando características y cantidad de cada tipo de residuos) .....	7
2.7	Planos de las instalaciones previstas .....	10
2.8	Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs.....	11
2.9	Costes de reutilización, valorización y eliminación de residuos producidos. ....	13

3 CONCLUSIÓN .....	13
--------------------	----

## INDICE DE ANEJOS

- Anejo nº 01 CARACTERISTICAS GENERALES DEL AGUA RESIDUAL Y BASES LEGALES. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL A TRATAR
- Anejo nº 02 CONDICIONANTES DE CAUDAL Y PARÁMETROS CONTAMINANTES
- Anejo nº 03 UNIDADES FUNCIONALES DE TECNOLOGIAS DISPONIBLES
- Anejo nº 04 FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS
- Anejo nº 05 CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DEPURACIÓN POR FANGOS ACTIVADOS DE BAJA CARGA
- Anejo nº 06 CÁLCULO DE LA EDAD DE FANGO NECESARIA PARA NITRIFICACIÓN
- Anejo nº 07 COMPROBACIÓN DIMENSIONADO DEL PROCESO BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA CON NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN
- Anejo nº 08 CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO EN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR)
- Anejo nº 09 ELECCIÓN SISTEMA TRATAMIENTO DE FANGOS
- Anejo nº 10 JUSTIFICACIÓN ALTERNATIVA ADOPTADA
- Anejo nº 11 ELECCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS DEPÓSITOS DE LA EDAR
- Anejo nº 12 CALCULOS CONTRUCTIVOS.- DEPÓSITOS
- Anejo nº 13 CÁLCULO CIMENTACIÓN PAREDES DEPÓSITOS
- Anejo nº 14 MANTENIMIENTO PRECEPTIVO Y PREVENTIVO DE LA EDAR
- Anejo nº 15 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD
- Anejo nº 16 ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
- Anejo nº 17 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA

## **ÍNDICE**

1	Objeto.....	1
2	Caracterización típica de las aguas residuales .....	1
2.1	Constituyentes orgánicos .....	1
2.2	Constituyentes inorgánicos.....	2
2.3	Contenido sólido de las aguas residuales.....	3
2.4	Nutrientes.....	3
2.5	Microorganismos .....	4
2.5.1	Indicadores bacteriológicos .....	5
3	Efecto de los contaminantes en aguas continentales.....	5
3.1	Pérdida de la calidad de las aguas:.....	6
3.2	Materia orgánica biodegradable. Disminución del oxígeno:.....	6
3.3	Materia orgánica refractaria:.....	7
3.4	Presencia de metales. Toxicidad:.....	7
3.5	Incremento de nutrientes. Proceso de Eutrofización:.....	8
4	Legislación Vigente.....	9
4.1	Legislación en España y la Unión Europea .....	9
4.2	Legislación en Cataluña .....	11
4.3	Resumen.....	13
5	Acciones para la caracterización de del agua residual a tratar.....	15
5.1	Muestro .....	15
5.2	Acciones a realizar .....	15
5.3	Estimación del caudal de vertido .....	15
5.4	Estimación de la contaminación .....	15

## ANEJO NÚM. 1

---

### CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AGUA RESIDUAL Y BASES LEGALES. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL A TRATAR

---

#### 1 Objeto

Es objeto del presente anejo conocer la composición típica de las aguas residuales y definir los parámetros que se toman como indicativo de contaminación de dichas aguas; así como el efecto que provocan estos contaminantes sobre las aguas continentales y las limitaciones que impone la legislación vigente para prevenir dichos efectos.

#### 2 Caracterización típica de las aguas residuales

La composición de estas aguas tiene un amplio margen de variación debido a las influencias de origen industrial, comercial y pluvial. La composición de las aguas residuales viene definida por las cantidades reales de sus componentes físicos, químicos y biológicos resultantes de los factores mencionados con anterioridad.

La mayor parte de los componentes de las aguas residuales son, por lo general, materia orgánica, nutrientes, metales, materia inorgánica y microorganismos.

##### 2.1 Constituyentes orgánicos

Los compuestos orgánicos están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. La composición del residuo orgánico depende de su naturaleza y de su origen, aún así se estima que el material orgánico de una agua residual está compuesto por proteínas, mayoritariamente, hidratos de carbono, grasas y aceites.

Los ensayos para la determinación del contenido orgánico de las aguas residuales, en concentraciones mayores de 1 mg/l, son:

- **DBO**: la demanda biológica de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la carga residual del agua por acción biológica aeróbica. Generalmente hace referencia al oxígeno que se ha consumido en 5 días (DBO<sub>5</sub>) a una temperatura de 20 °C y se expresa en mg O<sub>2</sub>/l.
- **DQO**: la demanda química de oxígeno es la cantidad de dicromato potásico en medio ácido y en ebullición consumida por un agua. Indica la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de los compuestos químicos presentes en el agua. El consumo de estos productos está relacionado con el contenido de materia orgánica de las aguas; también se expresa en mg O<sub>2</sub>/l.

La relación DQO/DBO indica el grado de biodegradabilidad del vertido, si esta relación es menor de 2, las sustancias son fácilmente biodegradables y viceversa. Ambos parámetros son indicadores del contenido en materia orgánica del agua.

- **COT**: el carbono orgánico total es otro procedimiento utilizado para medir pequeñas concentraciones de la materia orgánica presente en el agua residual, que se obtiene a partir de la cantidad de anhídrido carbónico que se genera al oxidar, en condiciones especiales, la materia orgánica.

A diferencia de la DQO y la DBO, en este procedimiento se determinan todas las sustancias que son capaces de reaccionar con el oxígeno, especialmente los compuestos orgánicos bioestables que no se determinan con la DBO<sub>5</sub>. Los compuestos químicos inorgánicos resisten la oxidación.

- **DTeO:** (demanda teórica de oxígeno; es un complemento de las anteriores)

## **2.2 Constituyentes inorgánicos**

Las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar, en exceso, a los usos del agua, por ello es conveniente examinar la naturaleza de alguno de ellos, especialmente aquellos que han sido incorporados al agua superficial durante su ciclo de uso. El contenido de sustancias minerales disueltas viene determinado por el contenido correspondiente del agua de abastecimiento público y por el aumento producido durante la utilización del agua para usos domésticos, industriales, etc. Dentro de los componentes inorgánicos que tienen mayor importancia para determinar y controlar la calidad de las aguas residuales se mencionan los siguientes:

- **pH:** la concentración del ion hidrógeno es un parámetro de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. Para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica existe un intervalo idóneo que es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones inadecuadas de pH presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración del ion hidrógeno en las aguas naturales.

Los sistemas microbianos, mediante la degradación biológica, pueden reducir la acidez e incluso puede ofrecer cierta capacidad tampón. Valores extremos producen corrosión de los equipos y conductos, además de influir en la capacidad limpiadora de los detergentes.

- **Cloruros:** en lugares donde la dureza del agua es elevada, los compuestos utilizados para reducir la dureza son fuentes importantes de cloruros.
- **Azufre:** el ión sulfato se encuentra de forma natural en las aguas residuales. Para la síntesis de proteínas es necesario disponer de azufre, elemento que posteriormente será liberado en el proceso de degradación de las mismas. Los sulfatos se reducen químicamente a sulfuros y sulfuros de hidrógeno bajo la acción bacteriana en condiciones anaerobias.
- **Compuestos tóxicos:** se pueden hallar pesticidas, insecticidas y metales pesados comunes usados en la agricultura y la industria; son tóxicos en mayor o menor medida para los diferentes microorganismos.
- **Alcalinidad:** está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o amoníaco, por lo que se utiliza como indicador de sales totales disueltas. La alcalinidad ayuda a regular los cambios de pH producidos por la adición de ácidos. El agua pura no es conductora pero gracias al efecto de las sales disueltas, el agua puede llegar a ser un buen conductor eléctrico. La medida se expresa en mS/cm o en  $\mu$ S/cm.
- **Gases:** mayoritariamente son nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano. Los tres primeros se encuentran



comúnmente en la atmósfera y se encuentran en todas las aguas que se hallen en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presentes en las aguas residuales.

- **Dureza:** cantidad de sales de calcio y magnesio presentes. Se observa una reducción en la capacidad de formar espuma y en la acción limpiadora de los jabones. La dureza del agua en el municipio de Bellvís es superior a 200 mg/l, por lo que se clasifica como muy dura. La dureza permanente se debe a la presencia de cloruros y sulfatos.

### **2.3 Contenido sólido de las aguas residuales**

Los componentes orgánicos e inorgánicos están presentes en las aguas residuales en forma soluble e insoluble. Se diferencian tres tipos de sólidos:

- MDT: materia disuelta total
- MES: materia en suspensión
- MESV: materia en suspensión volátil

La suma de MES y MDT se conoce como sólidos totales (ST). El límite entre sólidos suspendidos y los sólidos disueltos se determinan en base al tamaño de las partículas que los constituyen. Existen cuatro tipos de fracciones de sólidos en base al tamaño de sus partículas:

- Sedimentables: > 100 µm;
- Supracoloidales: 1- 100 µm;
- Coloidales: 1 nm -1 µm;
- Solubles: < 1 nm;

Usando este sistema de clasificación, se observa que los sólidos solubles en el agua residual comprenden gran parte del material inorgánico, mientras que el material suspendido es predominantemente orgánico. Los sólidos suspendidos representan más de un 60% de la DBO de un agua residual.

- **Sólidos en suspensión:** Sólidos no disueltos. Indica el contenido de sólidos heterogéneos (superiores a 1,2 micras) que lleva el agua. Puede ser contaminación orgánica o inorgánica; en el caso de los mataderos se trata, fundamentalmente, de contaminación orgánica. Constituye una medida aproximada de la cantidad de fangos que se obtendrá con la decantación primaria del agua residual. Se expresa en mg/l.

### **2.4 Nutrientes**

Los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo son, mayoritariamente, los principales elementos nutritivos. Son elementos esenciales para el crecimiento de los protistas y plantas, por ello reciben el nombre de bioestimuladores. Cuando el contenido de nutrientes es insuficiente para realizar las funciones metabólicas básicas de los microorganismos, es necesario añadirlos. Por el contrario, cuando se requiere el control de las algas para preservar los usos a los que se destina el agua, puede ser necesaria la eliminación o reducción de dichos nutrientes.

- **Nitrógeno:** Indicador del aporte de nutrientes. El nitrógeno total Kjeldalh (NTK) es la suma de **nitrógeno** orgánico más el amoniacal, producto de la descomposición del nitrógeno orgánico. El nitrógeno es uno de los principales nutrientes del agua pero a concentraciones elevadas impide la vida piscícola.
- **Fósforo (P):** Indicador del aporte de nutrientes. Se encuentra en la materia orgánica y es uno de los **nutrientes** del agua. Puede provenir de detergentes.
- **Grasas:** Compuesto orgánico de gran estabilidad, de difícil descomposición bacteriana. Ciertas sustancias pueden suponer riesgo de explosión. Las grasas y aceites de origen animal y vegetal son biodegradables y, en emulsión, pueden someterse con éxito a un tratamiento biológico.

## 2.5 Microorganismos

Los organismos que integran el ecosistema del agua residual son principalmente:

- Virus
- Bacterias
- Hongos
- Protozoarios
- Nematodos

El principal objetivo que tiene el examen biológico de un agua residual es determinar la presencia de microorganismos patógenos que representen un peligro para el medio ambiente y la salud humana. En dichos análisis biológicos se establecen dos métodos:

- **Métodos bacteriológicos:** establecen organismos típicos para cada tipo y grado de contaminación (organismos indicadores).
- **Índices biocenóticos, de diversidad, tróficos y comparativos:** estudian las comunidades acuáticas y las principales características del medio, es decir, la variación de la estructura de la comunidad biótica con los cambios producidos en el medio.

Los indicadores bacteriológicos ponen de manifiesto la presencia de bacterias que alteran y modifican la actitud del agua para un determinado uso.

Los organismos patógenos se presentan en las aguas residuales en cantidades muy pequeñas, lo que dificulta la posibilidad de aislarlos e identificarlos. Por ello se emplean ciertos microorganismos como indicadores, como puede ser los coliformes fecales, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. Podemos nombrar géneros de bacterias comúnmente presentes en el agua residual como son la *Escherichia*, *Clostridium*, *Aerobacter*, *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio*. Algunas son indicadores fecales, otras son transmisoras de enfermedades.

Entre los virus que más comúnmente encontrados están los siguientes géneros: *Adenovirus*, *Enterovirus*, *Reovirus*, entre otros. Así como los *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica* como ejemplo de algunos de los agentes infecciosos más comunes entre los protozoarios.

### 2.5.1 Indicadores bacteriológicos

- **Microorganismos patógenos** (bacterias transmisoras de enfermedades): *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomona aeruginosa* y *Vibrion colerico*.
- **Bacteriófagos fecales:** *Escherichia coli*, *Streptococcus* y *Shigella*.
- **Bacterias sulfito-reductoras:** se encuentran tanto en el suelo como en el agua (dulce y salina). Su existencia está relacionada con la existencia de materias orgánicas y su proliferación genera gases malolientes.
- **Actinomicetos:** responsables de malos olores y gusto desagradable del agua.

La columna de agua se diferencia en dos estratos, uno superior o *epilimnion* y otro inferior o *hipolimnion*, separados por una pequeña capa de transición, el *metalimnion* (*termoclina*), que se caracteriza por un fuerte gradiente de temperatura.

En el *epilimnion*, que está iluminado, tiene lugar una producción primaria, resultado de la actividad fotosintética de las cianobacterias y las algas, se consumen nutrientes inorgánicos y se produce oxígeno. En el *hipolimnion* predominan microorganismos aerobios que oxidan la materia orgánica que sedimenta desde el *epilimnion*.

El aumento en el crecimiento posterior de las bacterias oxidativas puede llegar a agotar la reserva del oxígeno del *hipolimnion*. Cuando este hecho se da, se utilizan otros aceptores de electrones alternativos, como los nitratos que originan nitrógeno gas (desnitrificación) o amonio que se acumula y los sulfatos que se reducen a sulfuros (sulfato reducción).

## 3 Efecto de los contaminantes en aguas continentales

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

- Tapiza la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos que lleva el agua residual, tales como plásticos, utensilios, restos de alimentos, etc., provocando aspectos desagradables a simple vista.
- Da lugar a la acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en el fondo y orillas de los cauces, tales como arenas y materia orgánica.
- Consumo de oxígeno disuelto, que tiene el cauce, por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual.
- Formación de malos olores debido al agotamiento del oxígeno disuelto en el cauce, el cual no es capaz de recuperarse.
- Entrada en el cauce de grandes cantidades de microorganismos, entre los cuales pueden hallarse un elevado número de patógenos.

- Contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos
- Incremento de la eutrofización al aportar elevadas cantidades de fósforo y nitrógeno.
- Fenómenos de fermentación que tiene lugar en las aguas y el lecho de los ríos, las cuales, generan productos volátiles como el ácido sulfhídrico, fosfatina, ácido butírico, siendo algunos de éstos fuertemente tóxicos.
- Incremento de la temperatura, la cual provoca aceleraciones de las reacciones órgano biológicas que se desarrollan en el medio acuático, acelerando la putrefacción, por lo que, el consumo de oxígeno es mayor.

No cabe olvidar que, el aumentar la temperatura del agua, disminuye la solubilidad del oxígeno en la misma, produciendo, también, una desoxigenación con las consecuencias desfavorables que esto representa para la vida acuática.

Por este motivo es necesaria la implantación de estaciones depuradoras, con el fin de minimizar los impactos ambientales que provoca el vertido descontrolado de aguas contaminadas.

Las alteraciones provocadas por la presencia de contaminantes en las aguas pueden ser de carácter físico, químico y/o biológico:

- Las **alteraciones físicas** suelen implicar un cambio en las características organolépticas de las aguas, formación de espumas o aumento de la turbidez.
- Las **alteraciones químicas** dependen de la naturaleza del contaminante, orgánico o inorgánico, así como su grado de toxicidad. Las alteraciones biológicas suponen un aumento de la presencia de microorganismos patógenos transmisores de enfermedades. A continuación se indican los principales efectos de producidos por la presencia en la aguas de contaminantes de naturaleza química.

### **3.1 Pérdida de la calidad de las aguas:**

Aunque la disponibilidad de agua a nivel planetario parece muy abundante, las aguas con calidad adecuada para las necesidades de la comunidad humana, son cada vez más escasas. En los puntos donde se acumula la población, el agua con la calidad deseada para los diferentes usos, no resulta de fácil adquisición.

La presencia en las aguas de contaminantes implica, en mayor o menor grado, un empeoramiento de su calidad que puede inhabilitarlas para su uso.

### **3.2 Materia orgánica biodegradable. Disminución del oxígeno:**

Las sustancias orgánicas biodegradables, provenientes de las reacciones de descomposición de tejidos animales y vegetales, de vertidos domésticos e industriales y de reacciones que se producen durante el tratamiento de las aguas, son utilizadas por los microorganismos como alimento.

La descomposición aerobia es más eficaz y no produce elementos tóxicos o malolientes y, siempre que el oxígeno disuelto sea suficiente, será el mecanismo predominante.

### **3.3 Materia orgánica refractaria:**

Ciertos compuestos de origen natural y otros de origen antropogénico son resistentes a la biodegradación.

En general, la solubilidad de estos compuestos en agua es baja y tienden a acumularse en los sedimentos y materia particulada.

### **3.4 Presencia de metales. Toxicidad:**

Desde el punto de vista de la contaminación medioambiental los metales pueden clasificarse como:

- No críticos
- Tóxicos (pero muy insolubles)
- Muy raros y muy tóxicos (pero relativamente accesibles)

A continuación se comentan algunos aspectos de la toxicidad de los metales cuya presencia en las aguas contaminadas suelen ser habituales.

- **Mercurio:** el umbral de tolerancia de este metal acumulado en los peces es superior al de la especie humana, de aquí el gran peligro que representa el consumo de peces contaminados. El mercurio elemental y el inorgánico se absorben mal en el tracto gastrointestinal, acumulándose principalmente en los riñones y, en menor grado, en el cerebro. Por lo contrario, los compuestos de metilmercurio pueden atravesar la barrera sangre-cerebro, concentrándose con gran facilidad en el cerebro, afectando al sistema nervioso central, lo cual puede inducir a disfunciones mentales, motoras e incluso la muerte.

En España, la concentración máxima tolerada en los productos pesqueros es de 0.5 ppm sobre peso húmedo y la concentración máxima en el agua bebida es de 1 ppb.

- **Cadmio:** según la legislación Española, la concentración máxima admisible de este elemento en el agua de bebida es de 5 ppb.

La retención de este elemento en los mamíferos no es muy elevada, el organismo humano sólo asimila el 6% de la dosis que absorbe. Una vez absorbido, el cadmio se asocia con las proteínas de bajo peso molecular y se acumula en los riñones, el hígado y los órganos reproductores.

Dosis pequeñas pueden causar vómitos y diarreas, pero el consumo continuado puede provocar hipertensión, agrandamiento del corazón y muerte prematura.

- **Cromo:** afortunadamente, debido a la acidez del estómago, los mamíferos pueden tolerar niveles de cromo relativamente elevados sin que se produzcan efectos nocivos.

El límite tolerable para la bebida se fija, en España, en un 50 ppb para el cromo hexavalente, pudiendo producir trastornos digestivos graves y puede llegar a ser cancerígeno por acumulación.

- **Cobre:** teniendo en cuenta que es un metal esencial, a partir de ciertos niveles de concentración puede producir toxicidades tales como trastornos gastrointestinales o hepáticos. La toxicidad del cobre parece deberse a la facilidad con que reacciona con aminoácidos y proteínas, originando quelatos muy estables. España fija el límite en 100 ppb, pero sin especificar la concentración máxima admisible.
- **Plomo:** La anemia es el primer síntoma del envenenamiento crónico producido por el plomo, ya que interfiere en la síntesis del grupo "hemo-". Puede producir vómitos, fatiga, dolores de cabeza y abdominales.

El límite legal tolerable en España, en el agua de bebida, es de 50 ppb, el plomo asimilado por el organismo incide negativamente en el funcionamiento de los órganos renales y puede ocasionar daños cerebrales irreversibles. La mayoría del plomo es absorbido por los glóbulos rojos y circula a través del cuerpo concentrándose, principalmente, en el hígado y pasar posteriormente a huesos y dientes.

### **3.5 Incremento de nutrientes. Proceso de Eutrofización:**

Las aguas continentales tanto superficiales como subterráneas ven alterada su calidad debido a la contaminación creciente y a los problemas de eutrofización. El término **eutrofización** es el sinónimo técnico de fertilización producido por la acumulación de sustancias nutrientes en las aguas, principalmente nitrógeno y fósforo y, por tanto, también designa el impacto ambiental producido por el vertido de nutrientes al medio acuático.

La eutrofización, causada por la acción del hombre, produce una proliferación excesiva de plantas acuáticas, especialmente algas y cianobacterias, en detrimento del crecimiento de otras especies. Ésta acumulación puede producir una disminución importante del oxígeno disuelto en las aguas, causando cambios perniciosos en la calidad del agua y en sus poblaciones biológicas.

Para el crecimiento de estas plantas se requieren macronutrientes como carbono, nitrógeno y fósforo y micronutrientes, como los metales pesados esenciales. De todos ellos, el único que no está presente en las aguas naturales limpias es el fósforo siendo, por tanto, el nutriente que controla la producción de microorganismos fotosintéticos (algas y cianobacterias).

A consecuencia de la eutrofización se altera el equilibrio del ecosistema, provocándose aperturas hacia el exterior en los ciclos de los elementos, perdiéndose oxígeno y nitrógeno hacia la atmósfera y carbono y fósforo en el sedimento.

Los problemas de eutrofización están directamente relacionados, no solo con el aporte de nutrientes, sino también con los gradientes de temperatura de la masa de agua a la que se vierten. A mayor cantidad de nutrientes mayor cantidad de materia vegetal producida, dando lugar a una sobresaturación del oxígeno en las capas superficiales del agua; parte del oxígeno que resulta de la fotosíntesis se difundirá hacia la atmósfera siguiendo un gradiente de concentración.

## 4 Legislación Vigente

### 4.1 Legislación en España y la Unión Europea

La legislación española en materia de vertidos de aguas residuales se plasma en la Ley de aguas 29/1985, de 2 de agosto. Dentro de ésta, se publicó el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (PD 8498/1986 y RD 927/1988) y conjuntamente con las Órdenes del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de 12 de noviembre de 1987, 13 de marzo 1989 y 28 de junio de 1991 constituyen el referente legal para establecer los límites a los cuales deben someterse las autorizaciones de vertidos de aguas residuales a cauce público.

La vía reglamentaria por la que quedan concretadas las autorizaciones de vertido, las instalaciones de depuración necesarias, los elementos de control, los límites exigidos en la composición del efluente y el importe del canon de vertido, a las que hace referencia la Ley de aguas, queda recogida en el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el *Reglamento del Dominio Público Hidráulico* que desarrolla los Títulos I, IV, V, VI, VII de la Ley de Aguas.

En el anexo al Título IV de dicho Reglamento se establecen los valores límite de los parámetros característicos que se deben considerar, como mínimo, en la estima del tratamiento de vertido. Entre los parámetros, aparecen los que interesan en este proyecto y que se presentan en la **Tabla 1.1**. La decisión sobre cuál es la tabla que afecta a una industria en particular, viene definida por el destino de sus vertidos.

**Tabla 1.1 Límites de vertidos aguas residuales (que interesan al proyecto). Real Decreto 849/1986**

PARAMETRO-UNIDAD	Nota	TABLA 1	TABLA 2	TABLA 3
pH	A	5,5-9,5	5,5-9,5	5,5-9,5
Sólidos en suspensión (mg/l)	B	300	150	80
Materias Sedimentables (ml/l)	C	2	1	0,5
Sólidos gruesos	D	Ausentes	Ausentes	Ausentes
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	E	300	60	40
DQO (mg/l)	F	500	200	160
Temperatura (°C)	G	3°	3°	3°
Fósforo total (mg/l) (*)	K	20	20	10
Amoníaco (mg/l) (*)	L	50	50	15
Nitrógeno nítrico (*)	L	20	12	10
Aceites y grasas (mg/l)	-	40	25	20

(\*) Los valores han sido modificados por la Directiva 91/271/CEE y RD 2116/1998

Las disposiciones legales que han aparecido con posterioridad al Real Decreto 849/1986 se refieren a normas y medidas a tomar en relación con la autorización, la regulación y el control de los vertidos, pero no modifican los valores límite de los vertidos referenciados en la Tabla 1.1.

Al ser integrantes de la Comunidad Económica Europea, se está obligado a cumplir con su normativa medioambiental. Esta normativa permite a los estados fijar sus propios límites dentro de ciertos márgenes, pero exige su obligado cumplimiento para industrias y municipios.

En 1995, el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se transpone al derecho interno español la Directiva 91/271/CEE, haciendo aparecer nuevos valores límites referentes al vertido de aguas residuales con presencia de nutrientes. Con la aprobación de este Decreto-Ley se asumen a escala nacional los límites de vertido para nutrientes negativos establecidos por la Comunidad Europea.

La Directiva 91/271/CEE tiene por objeto presentar las medidas necesarias en el ámbito comunitario para la recogida, el tratamiento y el vertido de las aguas residuales urbanas, y de las aguas residuales procedentes de determinados sectores industriales. Todo esto con el único objetivo de proteger el medio ambiente de los efectos negativos de los vertidos incontrolados.

Esta Directiva, considera que el medio ambiente, donde se verterán los efluentes de las plantas depuradoras, tienen unas zonas más susceptibles que otras a la presencia de nutrientes. Además establece sus criterios de tratamiento y calidad teniendo en cuenta sobre todos los conceptos. Basándose en esto, establece fecha límite para que los estados miembros de la Comunidad sometan sus aguas residuales, antes de ser vertidas, a un tratamiento secundario o a un proceso semejante.

Asimismo, la Directiva establece los criterios por los que los Estados miembros debieron haber definido sus zonas sensibles a más tardar el 31 de diciembre de 1993. Estos criterios se establecen en el Anexo II de dicha Directiva, en el cual se considera como zona sensible al medio acuático que se incluya en los siguientes grupos:

- Lagos de agua dulce naturales, otros medios de agua dulce, estuarios y aguas costeras que sean eutróficos o que podrían llegar a serlo en un futuro próximo si no se adoptan medidas de protección. Entre estos se consideran los siguientes elementos a tener en cuenta, a la hora de decidir el nutriente que será reducido con un tratamiento adicional.
  - Lagos y arroyos que desemboquen en lagos, embalses o bahías cerradas que tengan un intercambio de aguas escaso y en lo que, por lo tanto, pueden producirse una acumulación.
  - Estuarios, bahías y otras aguas costeras que tengan un intercambio escaso o que reciban una gran cantidad de nutrientes.
- Aguas dulces de superficie destinadas a la obtención de agua potable que podrían contener una concentración de nitratos superior a la que establecen las disposiciones pertinentes de la Directiva 75/440/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable de los Estados miembros, si no se toman medidas de protección.
- Zonas en las que sea necesario un tratamiento adicional al establecido en el artículo 4 para cumplir las directivas del Consejo.

Los vertidos realizados en zonas sensibles tienen asimismo que cumplir con los requisitos presentados en el Cuadro II (Anexo I) de la Directiva, que hacen referencia a la concentración máxima y al porcentaje mínimo de reducción admitidos para los parámetros de PT y NT. Además de cumplir con los requisitos presentados en el Cuadro I, del mismo anexo, referentes a la DBO<sub>5</sub>, la DQO y la MES.



## **4.2 Legislación en Cataluña**

La administración hidráulica catalana establece un marco de protección de las aguas continentales (superficiales, subterráneas y litorales) con el fin de garantizar una gestión equilibrada e integradora del dominio público hidráulico, paliar déficits y desequilibrios y prevenir el deterioro de las aguas promoviendo un uso sostenible de los recursos hídricos, y respetuoso con el medioambiente. Las competencias en materia hidráulica de la Generalitat de Cataluña las ejerce la Agencia Catalana del Agua (ACA, 2001), una entidad con derecho público adscrita a la "Junta de Sanejament" del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, cuyo objetivo es la gestión integral del ciclo del agua. La ACA fue creada por la Ley catalana 25/1998, de 31 de diciembre.

Las competencias del ACA son:

- En el ámbito de las cuencas internas de Cataluña, le corresponde a esta entidad elaborar y revisar los planes, los programas y los proyectos hidrológicos y realizar un seguimiento, administrar y controlar los aprovechamientos hidráulicos y los aspectos cualitativos y cuantitativos de las aguas y del dominio público hidráulico en general, incluido el otorgamiento de las autorizaciones y de las concesiones.
- En relación con las partes del territorio que corresponden a cuencas hidrográficas compartidas con otras comunidades autónomas, administrar y controlar los aprovechamientos hidráulicos, ejercer la función ejecutiva de policía del dominio público hidráulico y tramitar los expedientes que se refieren a este dominio, salvo el otorgamiento de las autorizaciones de agua.
- La promoción, construcción, explotación y el mantenimiento de las obras hidráulicas de competencia de la Generalitat de Cataluña.
- El control, la vigilancia e inspección de la red básica Ter-Llobregat y de las otras instalaciones hidráulicas que se le encarguen.
- La intervención administrativa y el censo de los aprovechamientos de las aguas superficiales y subterráneas existentes y de los vertidos que puedan afectar a las aguas superficiales, subterráneas y marítimas.
- El control de la calidad de las playas y de las aguas en general.
- El control de la contaminación de las aguas mediante la aplicación de un enfoque combinado, utilizando un control de la contaminación en la fuente basado en la fijación de valores límite de emisión y de objetivos de calidad del medio receptor.
- La gestión, recaudación, administración y distribución de los recursos económicos que le atribuye dicha ley y la elaboración de su presupuesto.
- La acción concertada y, si procede, la coordinación de las actuaciones de las administraciones competentes en materia de abastecimiento y saneamiento en el territorio de Cataluña.
- La promoción de entidades y asociaciones vinculadas al agua y el fomento de sus actividades.
- Obtención de la información necesaria sobre las personas físicas y jurídicas, públicas o privadas, para el ejercicio de las competencias que se le atribuyen.

- La ordenación de los servicios de abastecimiento en alta y de saneamiento.
- La propuesta al Gobierno de establecer limitaciones en el uso de las zonas inundables que se estiman necesarias para garantizar la seguridad de las personas y de los bienes.
- Las funciones y atribuciones que la legislación general otorga a los organismos de cuenca en los términos que establece la Ley.

La Ley 6/1999, de 12 de julio, tiene por objeto ordenar las competencias de la Generalitat y la de los entes locales en materia de aguas y obras hidráulicas. Asimismo, regula el ámbito de dichas competencias, la organización y el funcionamiento de la Administración hidráulica en Cataluña, a través de una actuación descentralizadora, coordinadora e integradora que debe comprender la preservación, la protección y la mejora del medio, y establecer un nuevo régimen de planificación del ciclo hidrológico.

Los límites que debe cumplir los vertidos procedentes de Instalaciones de tratamiento de aguas residuales, son regulados por ACA a través Real Decreto Ley 11/95 que se basa en la Directiva del Consejo 91/271.

Estos límites se hallan contenidos en su Reglamento Guía y son aplicados generalmente por otras entidades que gestionan depuradoras como consorcios, consejos, etc.

Otra normativa de aplicación es el Decreto 83/1996 de 5 de marzo, sobre las medidas de regulación de vertidos de aguas residuales y, más concretamente, su artículo 3, el cual clasifica los diferentes tipos de vertidos.

El artículo 92 de la ley de 29/1985 de 2 de agosto, de aguas, establece que todas las actividades susceptibles de provocar la contaminación o degradación del dominio público hidráulico y, en particular, del vertido de aguas residuales y productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales, requieran de su correspondiente autorización administrativa.

Igualmente, los artículos 56 y 57 de la Ley 22/1988 de 28 de julio de costas, sujetan a autorización administrativa todos los vertidos, cualquiera que sea el dominio público marítimo o terrestre donde se realizan.

El Decreto 286/1992 de modificación del procedimiento de determinación del Incremento de Tarifa de Saneamiento y Canon de Saneamiento para la medida directa de la carga contaminante establecida por el Decreto 320/1990 de 21 de diciembre introduce, a partir del 1 de enero de 1993, la obligación para los usuarios industriales de agua sujetos al tributo de saneamiento, de presentar la declaración de carga contaminante vertida de sus aguas residuales, con el objetivo de que la "Junta de Saneamiento" disponga de los datos necesarios para la determinación de los elementos que integran la base imponible y el tipo de tributo.

La Orden de 19 de mayo de 1995, por la cual se determinan las normas, prescripciones y métodos en relación con los establecimientos técnicos auxiliares de la "Junta de Saneamiento" en materia de inspección, vigilancia, control y análisis de calidad de las aguas.

La Orden de 27 de noviembre de 1998, por la cual se aprobaban los modelos MD-14 y MD-15 de la declaración de la carga contaminante vertida y establecen las normas de actuación de la "Junta de Saneamiento" en la valoración y corrección de los datos.

### 4.3 Resumen

En resumen la Directiva del Consejo de 21 de mayo de 1991 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (91/271/CEE) en su artículo 2 dice:

A efectos de la presente Directiva, se entenderá por:

3) « **Aguas residuales industriales** »: *todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de corriente pluvial.*

Además en su Anejo I indica:

#### **C. Aguas residuales industriales**

*Las aguas residuales industriales que entren en los sistemas colectores y en las instalaciones de tratamiento 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 de aguas residuales y los equipos correspondientes no se deterioren;*
- *garantizar que no se obstaculice el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y de lodos;*
- *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 otras Directivas comunitarias;*
- *garantizar que los lodos puedan evacuarse con completa seguridad de forma aceptable desde la perspectiva medioambiental.*

En su Anejo II determina los criterios para que los estados miembros determinen si la zona de vertido es “zona sensible” o bien “Zona menos sensible” que a su vez condiciona los parámetros de vertido.

Finalmente en su Anejo III indica a la industria cárnica como sector industrial que se asimila como agua residual urbana a efectos de su tratamiento.

A nivel estatal el Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, incorporó al ordenamiento interno aquellos preceptos de la Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, que requerían norma de rango legal.

A su vez el Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al **tratamiento** de las **aguas residuales** urbanas, incorporó al ordenamiento interno aquellos preceptos de la Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, que requerían norma de rango legal.

A su vez, el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del citado Real Decreto-ley, completó la incorporación de dicha Directiva, al determinar los requisitos técnicos que deberán cumplir los sistemas colectores y las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales, así como los requisitos de los vertidos

procedentes de instalaciones secundarias y de aquellos que vayan a realizarse en zonas sensibles y al regular el tratamiento previo de los vertidos de las aguas residuales industriales cuando éstos se realicen a sistemas de colectores o a instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas.

Posteriormente, la Comisión de las Comunidades Europeas consideró que el cuadro 2 del anejo I de la Directiva 91/271/CEE, relativo a los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización, planteaba problemas de interpretación en algunos Estados miembros por lo que, en fecha 27 de febrero de 1998, adoptó la Directiva 98/15/CE, por la que se modifica la anterior, en lo relativo a las especificaciones del cuadro citado.

Para incorporar al ordenamiento jurídico español la Directiva 98/15/CE, resulto necesario modificar el cuadro 2 del anexo I del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, lo que se llevó a cabo mediante el Real Decreto 2116/1998 por el cual el cuadro 2 del anexo I del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecían las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, quedo sustituido por el que figura en el anexo de este Real Decreto y que se transcribe a continuación.

Cuadro 2: requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo en un futuro próximo. Según la situación local, se podrá aplicar uno o los dos parámetros. Se aplicarán el valor de concentración o el por

<b>Parámetros de reducción</b>	<b>Concentración</b>	<b>Porcentaje mínimo (1)</b>	<b>Método de medida de referencia</b>
Fósforo total	2 mg/l P (de 10000 a 100000 h-e). 1 mg/l P (más de 100000 h-e).	80 %	Espectrofotometría de absorción molecular.
Nitrógeno total (2)	15 mg/l N (de 10000 a 100000 h-e) (3). 10 mg/l N (más de 100000 h-e) (3).	70-80 %	Espectrofotometría de absorción molecular

(1) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.

(2) Nitrógeno total equivalente a la suma de nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito.

(3) Estos valores de concentración constituyen medias anuales según el punto 3º del apartado A) 2 del anexo III. No obstante, los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, de conformidad con el apartado A) 1 del anexo III, que se obtiene el mismo nivel de protección. En ese caso, la media diaria no deberá superar los 20 mg/l de nitrógeno total para todas las muestras, cuando la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12 °C. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales.

En consecuencia en el efluente se considerará un máximo de 2 mg/l P y 15 mg/l de N total, además la DBO, DQO, pH, SS, materia grasa, etc. Usuales.

## **5 Acciones para la caracterización de del agua residual a tratar**

### **5.1 Muestro**

Con la finalidad de estimar los caudales de vertido y la contaminación de los mismos, se procederá a instalar un caudalímetro tras el pozo de bombeo existente, previo al tratamiento físico-químico igualmente existente, así como un toma de muestras en el mismo para realizar un estudio de tratabilidad del agua.

### **5.2 Acciones a realizar**

- Instalación y programación de toma muestras para análisis de la DQO de forma que se tome una muestra de 300 ml cada hora, durante al menos dos días
- Instalación un caudalímetro a la salida del bombeo con equipo de integración de datos..

### **5.3 Estimación del caudal de vertido**

Con los resultados obtenidos se estimará el caudal medio en m<sup>3</sup>/día.

El caudal promedio estimado se contrastará con la medición en el contador de agua consumida. A este valor se le restará el agua evaporada en los procesos (condensadores evaporativos, caldera de vapor, etc.).

A efectos de diseño de la EDAR un caudal estimado se le afectará de un coeficiente de seguridad de al menos 1,2 a fin de poder cubrir posible incrementos de producción futuros y disponer de suficiente margen de seguridad.

### **5.4 Estimación de la contaminación**

Por lo que respecta a la carga a depurar se analizarán:

En continuo en pozo bombeo:

- DQO

En laboratorio:

- DBO<sub>5</sub>
- SS
- Aceites y grasas
- N total



## **ÍNDICE**

1	Objeto.....	1
2	Caracterización típica de las aguas residuales .....	1
2.1	Constituyentes orgánicos .....	1
2.2	Constituyentes inorgánicos.....	2
2.3	Contenido sólido de las aguas residuales.....	3
2.4	Nutrientes.....	3
2.5	Microorganismos .....	4
2.5.1	Indicadores bacteriológicos .....	5
3	Efecto de los contaminantes en aguas continentales.....	5
3.1	Pérdida de la calidad de las aguas:.....	6
3.2	Materia orgánica biodegradable. Disminución del oxígeno:.....	6
3.3	Materia orgánica refractaria:.....	7
3.4	Presencia de metales. Toxicidad:.....	7
3.5	Incremento de nutrientes. Proceso de Eutrofización:.....	8
4	Legislación Vigente.....	9
4.1	Legislación en España y la Unión Europea .....	9
4.2	Legislación en Cataluña .....	11
4.3	Resumen.....	13
5	Acciones para la caracterización de del agua residual a tratar.....	15
5.1	Muestro .....	15
5.2	Acciones a realizar .....	15
5.3	Estimación del caudal de vertido .....	15
5.4	Estimación de la contaminación .....	15

## ANEJO NÚM. 02

---

### CONDICIONANTES DE CAUDAL Y PARÁMETROS CONTAMINANTES

---

#### ÍNDICE

1. Objeto .....	1
2. Acciones realizadas .....	1
3. Estimación del caudal de vertido .....	3
4. Estimación de la contaminación .....	3
5. Conclusión .....	4
6. Parámetros de vertido en zonas sensible .....	4



## ANEJO NÚM. 02

### CONDICIONANTES DE CAUDAL Y PARÁMETROS CONTAMINANTES

#### 1. OBJETO

Con la finalidad de estimar los caudales de vertido y la contaminación de los mismos, se procedió a realizar un muestreo mediante la instalación de un caudalímetro tras el pozo de bombeo y un toma muestras en el mismo para realizar un estudio de tratabilidad del agua con la medición de DQO en continuo. Otros parámetros se analizaron en laboratorio.

#### 2. ACCIONES REALIZADAS

En primer lugar se procedió a la programación y puesta en marcha de un toma muestras en el pozo de bombeo. Se dejó programado de forma que se tomara una muestra de 300 ml cada hora. Este programa quedó funcionando durante dos días consecutivos (50 h), de forma que se obtuvieron al menos 50 muestras a las que analizar la DQO.

Al mismo tiempo, técnicos de mantenimiento del matadero instalaron un caudalímetro justo a la salida del bombeo. Se comunicó el equipo con un Scada para recoger los datos durante los dos días de muestreo de forma que se pudiera con estos datos y con las DQO que analizaría, una integración de los mismos.

En el momento que se tuvo todo dispuesto para empezar a registrar y tomar muestras se realizó la calibración y puesta en marcha del caudalímetro.

Los resultados del caudal (Q) en m<sup>3</sup> y DQO en mg/l se exponen a continuación:

Martes				
Hora	Q m <sup>3</sup>	Q acumulado	DQO (mg/l)	DQO · Q
12:00	95,7	95,7	3152	301646
13:00	73,7	169,4	4768	351402
14:00	51,7	221,1	3235	167250
15:00	44	265,1	1150	50600
16:00	51,7	316,8	2560	132352
17:00	36,3	353,1	1850	67155
18:00	44	397,1	4359	191796
19:00	29,7	426,8	4520	134244
20:00	29,7	456,5	3814	113276
21:00	29,7	486,2	4533	134630
22:00	5,5	491,7	4105	22577,5
23:00	1,1	492,8	3300	3630
0:00	0	492,8	0	0
suma				1670558
DQO media ponderada (mg/l)				<b>3390</b>

Miércoles				
Hora	Q m <sup>3</sup>	Q acumulado	DQO mg/l	DQO · Q
1:00	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0
6:00	63	63	5290	333270
7:00	70	133	5432	380240
8:00	77	210	3609	277893
9:00	84	294	4449	373716
10:00	91	385	3625	329875
11:00	77	462	4678	360206
12:00	91	553	3017	274547
13:00	70	623	3679	257530
14:00	49	672	4879	239071
15:00	42	714	1250	52500
16:00	49	763	2289	112161
17:00	35	798	1516	53060
18:00	42	840	3673	154266
19:00	28	868	4219	118132
20:00	28	896	3336	93408
21:00	28	924	4473	125244
22:00	11,2	935,2	3705	41496
23:00	1,4	936,6	2150	3010
0:00	0	936,6	0	0
suma				3579625
DQO media ponderada mg/l				<b>3822</b>

Jueves				
Hora	Q m <sup>3</sup>	Q acumulado	DQO mg/l	DQO · Q
1:00	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0
6:00	65,6	65,6	3516	230650
7:00	73,2	138,8	3864	282845
8:00	80,8	219,6	3876	313181
9:00	88,4	308	3558	314527
10:00	95	403	3806	361570
11:00	80,8	483,8	2864	231411
12:00	95	578,8	3454	328130
13:00	73,2	652	4211	308245
14:00	51,3	703,3	4156	213203
suma				2583762
DQO media ponderada (mg/l)				<b>3674</b>

### 3. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE VERTIDO

Con estos resultados se estima el caudal en:

12:00 Martes-12:00 Miércoles	954,8 m <sup>3</sup> /día
12:00 Miércoles-12:00 Jueves	1053,4 m <sup>3</sup> /día
Promedio	1004,1 m <sup>3</sup> /día
Máximo caudal horario	95,7 m <sup>3</sup> /h

El caudal promedio estimado contrasta con el valor registrado en el tiempo por el matadero en sus mediciones de agua consumida, estimada en promedio del orden de 1.000 m<sup>3</sup>/día de lunes a viernes. A este valor hay que restarle el agua evaporada en los procesos (condensadores evaporativos, calderas de vapor, etc.) que se estima en no menos del 15%.

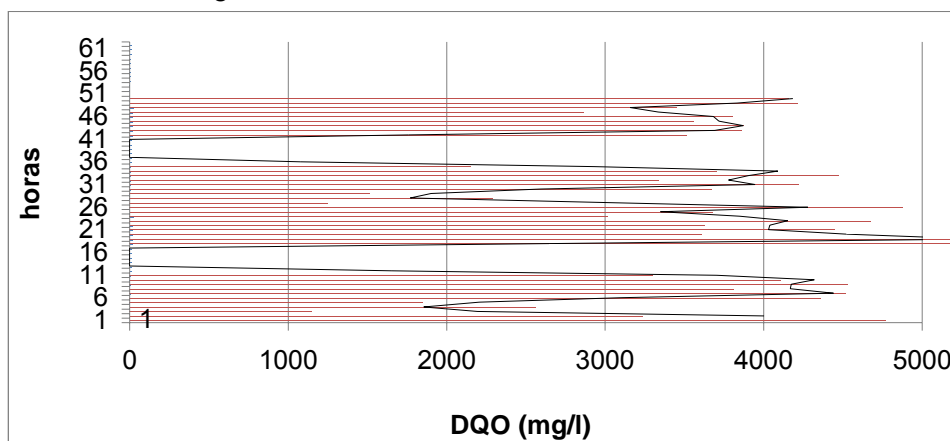
En consecuencia se adopta a efectos de diseño de la EDAR un caudal diario de 1200 m<sup>3</sup>/día que otorga un coeficiente de seguridad de 1,2- 1,4 según se estime o no las pérdidas, a fin de poder cubrir posible incrementos de producción futuros y disponer de suficiente margen de seguridad.

### 4. ESTIMACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Por lo que respecta a la carga a depurar medida como DQO se tiene:

DQO	
Martes	3390 mg/l
Miércoles	3822 mg/l
Jueves	3674 mg/l
Media	3629 mg/l
Máxima DQO	5432 mg/l

O lo que es lo mismo en registro continuo:



Y por último en cuanto a otros parámetros de contaminación, fueron analizadas en laboratorio varias muestras, resultando los siguientes valores medios y extremos:

PARAMETROS	Valores Medios	Valores extremos
Concentración N orgánico	310 ppm	240 - 364
Concentración amonio	75 ppm	62 - 110
Concentración S.S. (tamizada)	1.500 ppm	1.173 – 1.900
Concentración aceites y grasas	150 ppm	5,5 - 280
Materias inhibidoras	9,15	5,10 –12,00

## 5. CONCLUSIÓN

A los efectos del diseño se consideran los siguientes datos de partida:

PARAMETROS	Valores
Matanza diaria	De lunes a viernes, ocasionalmente sábados
Despiece diario	Si
Recuperación de sangre	95 %
Recuperación de plumas	95 %
Caudal diario medio	1200 m <sup>3</sup> /día
Caudal medio (Q <sub>16</sub> )	75 m <sup>3</sup> /h
Caudal punta (Q <sub>8</sub> )	150 m <sup>3</sup> /h
Caudal diario punta	1380 m <sup>3</sup> /día
Caudal diario de diseño	1380 m <sup>3</sup> /día
DQO adoptada	4400 ppm
DBO5 adoptada	2250 ppm
SS adoptada	1800 ppm
Ac.-grasas	300 ppm
Ntotal	385 ppm

**Vertido:** Uniforme a lo largo del año, pudiendo oscilar en  $\pm 15\%$  por condiciones de producción. (7 días a la semana = 365 días/año)

**Horario de producción:** 6:00 a 14 h matanza y limpieza líneas matanza  
14 a 21-22 h despieces y limpieza sala despiece

**Caudal máximo de vertido anual:** 1200 x 365 = 438.000 m<sup>3</sup>/año (previsión > 15 años)

## 6. PARÁMETROS DE VERTIDO EN ZONAS SENSIBLE

Las condiciones del vertido depurado que la ingeniería de detalle debe contemplar de acuerdo con lo especificado en Anejo 1 son:

PARAMETROS	Base legal	Objetivo diseño
pH	6 - 9	6 - 9
S.S.	≤ 80 ppm	35 ppm
DBO <sub>5</sub>	≤ 40 ppm	25 ppm
DQO	≤ 150 ppm	125 ppm
Amonio	≤ 5 ppm	≤ 5 ppm
Nitrógeno Total	≤ 15 ppm	≤ 15 ppm
FosforoTotal	≤ 2 ppm	≤ 2 ppm
Aceites y grasas	≤ 20 ppm	18 ppm

## ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	PROCESOS .....	1
3	PRETRATAMIENTO .....	1
3.1	Función .....	1
3.2	Componentes.....	2
3.2.1	Tamices.....	2
3.2.2	Desarenador .....	3
3.2.3	Desengrasadores.....	3
3.2.4	Depósito de homogeneización.....	4
4	TRATAMIENTO PRIMARIO O LÍNEA FÍSICO-QUÍMICA (DAF).....	4
4.1	Función .....	4
4.2	Tipos de sedimentación .....	5
4.3	Características de los decantadores.....	5
4.4	Tipos de sólidos en suspensión .....	6
4.5	Sedimentación de partículas floculadas proceso químico .....	6
4.5.1	Coagulación de una dispersión coloidal.....	6
4.6	Coagulación y floculación .....	6
4.6.1	Coagulantes .....	6
4.6.2	Coadyuvantes .....	7
4.7	Decantadores.....	7
5	TRATAMIENTO SECUNDARIO O LÍNEA BIOLÓGICA.....	8
5.1	Función .....	8
5.2	Estructura del ecosistema de los fangos activos .....	9
5.3	Estructura de la microfauna .....	10
5.4	El proceso de fangos activos .....	12
5.4.1	Descripción del proceso.....	12
5.4.1.1	Eliminación de N .....	13
5.4.1.2	Eliminación de P .....	14
5.5	Diseño de la EDAR por procesos biológicos .....	16
5.6	Línea de tratamiento de aguas .....	17
5.6.1	Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo .....	17
5.6.2	Reactor biológico secuencial (SBR).....	18

5.6.3	Funcionamiento.....	18
5.6.3.1	Oxigenación y agitación: Baterías de eyectores .....	20
5.6.3.2	La decantación: Decanter flotante.....	24
5.6.3.3	Aplicaciones del SBR.....	25
5.6.3.4	Ventajas/Limitaciones .....	25
5.7	Línea de tratamiento de fangos .....	26
5.7.1	Espesado de fangos: .....	28
5.7.2	Digestión de los fangos.....	29
5.7.2.1	Ventajas e inconvenientes de la digestión aerobia .....	29
5.7.2.2	Descripción del proceso .....	30
5.7.3	Deshidratación de fangos: .....	30
5.7.3.1	Acondicionamiento de los fangos. ....	31
5.7.3.2	Centrífugas.....	31
6	DEPÓSITOS.....	32
6.1	Depósitos de hormigón prefabricado .....	32
6.1.1	Descripción .....	32
6.1.2	Características Constructivas: .....	32
6.1.3	Construcción: .....	33
6.1.4	Aplicaciones.....	34
6.1.5	Ventajas/Limitaciones .....	34
6.1.6	Análisis de costes .....	35
6.2	Depósitos de acero inoxidable.....	35
6.2.1	Descripción .....	35
6.2.2	Materiales de formación del cuerpo del depósito.....	35
6.2.3	Construcción. ....	36
6.2.4	Análisis de costes .....	36
6.3	Depósitos de PRFV .....	36
6.3.1	Descripción. ....	36
6.3.2	Aplicación.....	37
6.4	Medición de caudales .....	37
7	CONCLUSIONES.....	38
7.1	Para el pretratamiento del agua bruta: .....	38
7.2	Para el tratamiento primario:.....	38
7.3	Para el tratamiento secundario (línea biológica):.....	38

7.4	Línea de tratamiento de lodos: .....	38
7.5	Construcción de depósitos:.....	38
7.6	Medición de caudales: .....	38
<b>APENDICE 1 DEL ANEJO 3.....</b>		<b>39</b>
<b>DIFERENCIAS ENTRE FLOTACIÓN Y DECANTACIÓN.....</b>		<b>39</b>
1	OBJETO .....	39
2	TRATAMIENTO PRIMARIO O FÍSICO - QUÍMICO .....	39
2.1	Decantación .....	39
2.1.1	Tipos de Decantadores.....	40
2.1.2	Parámetros de diseño.....	40
2.1.3	Fangos Producidos.....	40
2.1.4	Explotación.....	40
2.1.5	Aplicabilidad.....	40
2.2	Flotación por aire disuelto.....	40
2.2.1	Tipos de Flotadores .....	41
2.2.2	Parámetros de diseño.....	41
2.2.3	Fangos Producidos.....	41
2.2.4	Explotación.....	42
2.2.5	Aplicabilidad.....	42
3	PRODUCTOS QUÍMICOS.....	42
3.1	Coagulante.....	42
3.2	Floculante .....	43
4	TRATAMIENTO DE FANGO .....	43
4.1	Bombeo del fango en el decantador.....	44
4.2	Bombeo del fango en el Flotador.....	44
5	RESUMEN DIFERENCIAS ENTRE DECANTACIÓN Y FLOTACIÓN.....	44
6	SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO .....	45

## ANEJO NÚM. 03

---

### UNIDADES FUNCIONALES DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

---

#### 1 OBJETO

Es objeto de este anejo describir y preseleccionar las unidades funcionales y tecnologías disponibles en el mercado para la estación depuradora de aguas residuales (AR) que se pretende diseñar para el tratamiento de los efluentes producidos en los procesos de Matadero de Aves y Sala de Despiece anexa.

#### 2 PROCESOS

El tratamiento de los efluentes requiere las siguientes fases o etapas:

- Pretratamiento del agua bruta
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario (línea biológica)
- Tratamiento de fangos

#### 3 PRETRATAMIENTO

Antes de realizar cualquier tratamiento sobre las aguas residuales, éstas se someten a un pretratamiento que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas que tienen por objeto separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias que, por su naturaleza o tamaño, crearían problemas en los tratamientos posteriores.

En el caso de las aguas residuales procedentes de matadero, debido a las características de dichas aguas, es necesario incluir en el pretratamiento otras operaciones de carácter mecánico o químico, con el fin de mejorar su calidad y asegurar una mayor efectividad de los procesos posteriores.

##### 3.1 Función

Es el primer escalón de proceso de depuración del agua residual. Consiste en una eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos, cuya presencia en el afluente, procedente de matadero y sala de despiece, perturbaría el tratamiento total y el eficiente funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora. De este modo también se evita el incremento del mantenimiento necesario de dichos sistemas.

Se realizan procesos de depuración cuyos principios son netamente físicos como:

- **Separación de gruesos:** el agua pasa a través de unas rejillas que eliminan residuos de gran tamaño (abertura entre 5-15 cm.)
- **Separación de finos:** el agua pasa por rejillas finas o tamices que retienen sólidos de menor tamaño (abertura inferior a 1,5 cm).
- **Desarenado:** eliminación de arena y sustancias sólidas densas que se encuentran en suspensión. Debido a la naturaleza de las aguas de matadero y sala de despiece, junto a la red separativa existente (pluviales y residuales), no se precisa de este tratamiento.
- **Desengrasado:** debido a que las grasas y los aceites ascienden a la superficie pueden ser recogidas en un depósito. El agua que queda en el tanque pasa al tratamiento primario y las grasas flotantes pueden ser separadas y recogidas.



- **Homogeneización:** Consecuencia de las diferentes cargas (caudal y contaminación) de las aguas residuales a lo largo del día y para facilitar los procedimientos a realizar posteriormente e incrementar la efectividad de los equipos y, por consiguiente, de los tratamientos, se requiere dimensionar el adecuado volumen de un depósito que homogenice las cargas y lamine el caudal de tratamiento posterior al caudal de diseño.

### 3.2 Componentes

El pretratamiento puede estar integrado por:

- **Entrada general y canal de tamizado:** donde se dispondrá el equipo de tamizado que evacua los sólidos excedentes y envía el agua al pozo de bombeo general.
- **Desbaste: No se precisa**
- **Tamiz:** sistema de rejillas de paso muy fino y complementario al proceso de eliminación de residuos que puede proporcionar cierta reducción de sólidos en suspensión.
- **Desarenador:** no se precisa por las características del agua residual
- **Pozo general de bombeo:** Recibe las aguas tamizadas y las bombea al desengrase.
- **Desengrasador:** es necesario instalar una cámara de desengrasado por flotación con el fin de eliminar gran parte de las grasas en el efluente y estas no interfieran en los siguientes procesos de depuración biológica. Para alcanzar un alto rendimiento en la eliminación de grasas se precisa disponer bomba de cavitación (CAF) y puente barredor de sobrenadantes para su extracción.
- **Tanque de homogenización:** garantiza la homogeneidad de las aguas residuales que entran al proceso de depuración, además de regular y mantener un caudal constante en la instalación para los siguientes tratamientos.

#### 3.2.1 Tamices

El tamizado es un proceso afinado de exclusión de carne, huesos, plumas y otros sólidos gruesos de las aguas de desecho.

Las dimensiones de los tamices pueden variar en función de las necesidades y de las características del efluente. Se busca un sistema sencillo y autolimpiable y que permita sustituir, en algunos casos, los desbastes, la eliminación de arenas gruesas y hasta el 30% de grasas y sobrantes. Estos pueden clasificarse en:

- **Tamiz curvo estático:** de pendiente variable, cuando el ángulo del tamiz varía, se separan algunos fluidos y los sólidos en masa comienzan a rodar sobre la superficie, debido a la energía cinética residual; esta acción compacta los sólidos. Debido a la disposición de alambres transversales con curvas sinusoidales en el sentido del flujo proporciona una superficie relativamente no atascable con alto poder de filtrabilidad.
- **Tamiz rotativo:** consta de un tambor filtrante; un cuerpo de filtro, de acero inoxidable, donde se fija el tambor filtrante, mientras en la parte posterior dispone de un depósito receptor del líquido a tamizar. Una rasqueta limpiadora elimina los sólidos que quedan en la superficie del tambor. Un grupo de accionamiento va acoplado directamente sobre el eje del tambor. Puede disponer de un depósito receptor del líquido filtrado (de acero inoxidable), pero lo habitual es que la evacuación se realice por canal. Dispone de un tubo del

lavado en el interior del tambor, provisto de toberas que proyectan agua a presión sobre la cara interior del cilindro con el fin de garantizar una completa limpieza del sistema.

- **Tamiz sinfín:** es una máquina combinada para la separación de grandes cantidades de sólidos presentes en aguas residuales, también puede compactar y deshidratar parcialmente estos sólidos. Los sólidos en suspensión que transporta el líquido se depositan en una criba obstruyéndola, lo que provoca un aumento de nivel en la parte anterior de la misma y una disminución en la parte posterior. En ese momento empieza a funcionar la sinfín, que limpia la criba y levanta dicho material que a su vez es depositado en un contenedor. .

### **3.2.2 Desarenador**

La eliminación de arena y sólidos abrasivos de elevada densidad previene la abrasión y el desgaste de los equipos y mecanismos así como su posterior decantación en tuberías y canales o acumulación en procesos posteriores como la digestión. El problema de la arena se presenta en las instalaciones en donde existe recogida superficial de aguas de lluvia con el consiguiente arrastre de arenas especialmente durante las tormentas.

Debido a la separación de redes de evacuación (pluvial y residual) que se dispone y la naturaleza del agua residual, como ya se ha indicado, no se requiere este componente.

### **3.2.3 Desengrasadores**

La existencia de grasa en el efluente provoca múltiples problemas en la depuración. Causan obstrucciones en las rejillas finas; forman una capa superficial que dificulta la sedimentación en los decantadores, perturban el proceso de digestión de lodos y la DQO incrementa en entre un 8-15%.

Existen diferentes tipos de sistemas dependiendo del tipo de aceite o grasa a tratar, además de las concentraciones en las que se encuentre:

- Compuerta fija.
- Placa deflectora orientable.
- Tubo polivalente.
- Rasquetas de superficie.
- Bandas desengrasadoras.
- Tambores desengrasadores.
- **Sistema separación por flotación (CAF).**

Entre los citados el CAF es un sistema diseñado para producir microburbujas por cavitación. La cavitación en este caso consiste en la depresión que se produce en la impulsión de una turbina difusora que se encuentra sumergida en el agua residual que se quiere tratar. Al estar unida esa zona de depresión mediante una tubería con la atmósfera, se crea una diferencia de presión que aspira aire. La turbina difusora crea una gran turbulencia que convierte el caudal de aire en pequeñas microburbujas que son distribuidas por toda la masa líquida. Las microburbujas se adhieren a los sólidos en suspensión y grasas presentes en el agua residual, consiguiéndose elevados rendimientos de separación de grasas y aceites.

Los componentes básicos de un sistema de flotación son:

- Bomba de presurización

- Sistema de inyección de aire
- Tanque de retención (para conseguir el contacto aire-líquido) y flotación
- Puente rascador de natas sobrenadantes y sinfín evacuación a contenedor de grasas.

Se preselecciona dicho sistema por su elevado rendimiento en separación de grasas, que se sitúa entre 75 y 95%

Una vez desengrasado el efluente, es bombeado hacia la fase de homogeneización.

### **3.2.4 Depósito de homogeneización**

Cumplen dos funciones bien definidas:

- Homogeneización de los contaminantes que entran en la depuradora para evitar puntas de contaminación mediante una mezcla adecuada del influente con el volumen de agua almacenado.
- Regulación del caudal de entrada evitando los caudales punta o incluso conseguir un caudal de entrada constante durante 24 horas diarias.

Son de gran utilidad en aguas industriales donde laminan vertidos que pueden ser perjudiciales para las bacterias del tratamiento biológico o puntas de carga debidas a situaciones pasajeras como el lavado de las instalaciones al final del día.

También supone un gran ahorro en industrias que no funcionan 24h/día, como en el caso de los mataderos, transformando el caudal de vertido durante el turno de trabajo en un caudal regular y continuo durante todo el día y todos los días del año.

Es especialmente beneficiosa su utilización cuando se precisa de tratamiento biológico posterior, lo cual se da en múltiples sectores de la industria alimentaria.

Otra posible aplicación es la recogida del efluente de la depuradora cuando por alguna circunstancia no cumple con las especificaciones de vertido, para su posterior reprocesamiento.

Los principales problemas son la sedimentación de los sólidos en suspensión y la aparición de olores molestos. El primero se puede paliar con agitación mecánica, difusores de aire inatascables del tipo de burbujas gruesas o recirculación del efluente a través de boquillas eyectoras. Los olores se pueden combatir mediante el aporte de aire a través de soplantes.

La ejecución del depósito puede ser en hormigón o tanques metálicos cilíndricos verticales.

La optimización de la dimensión de los tratamientos posteriores tratamiento primarios físico-químico (DAF) y secundarios (reactores biológicos y decantación secundaria), se consigue regulando hidráulicamente la entrada en cuanto a los caudales se refiere.

La principal característica del diseño de estos depósitos será evitar que los sólidos decanten. Debe garantizarse una velocidad de circulación de las aguas retenidas igual o superior a 0,15 m/s y prever una dosificación de aire para mantener una concentración superior a los 0,2 mg/l de O<sub>2</sub>. En definitiva el depósito ha de ser aireado y agitado.

## **4 TRATAMIENTO PRIMARIO O LÍNEA FÍSICO-QUÍMICA**

### **4.1 Función**

Laminado al caudal de diseño, mediante el depósito de homogeneización, se requiere un proceso que separe las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento

a fin de disminuir la carga contaminante previa al tratamiento biológico. Se divide en dos etapas:

- Adición de productos químicos coagulantes en tanques de mezcla rápida donde se agitan enérgicamente por medio de electro agitadores, formándose flóculos de gran tamaño.
- Paso del caudal por un decantador primario donde los flóculos grandes sedimentan.

La mayoría de las sustancias que llevan las aguas en suspensión no se pueden retener, ya sea debido a su finura, a su densidad, en las rejillas, desarenadores y cámaras de grasas y tampoco por flotación a causa de ser más pesadas que el agua.

Mediante la reducción de la velocidad de la corriente por debajo de un valor determinado (en función de la eficacia deseada en la decantación) es el fundamento en la eliminación de un 50-60 por 100 de las materias en suspensión en las aguas residuales.

Dada la eliminación física también se consigue, a su vez, una rebaja en la cantidad de la DBO y una cierta depuración biológica por el arrastre de los microorganismos.

#### **4.2 Tipos de sedimentación**

- Sedimentación de partículas discretas: proceso de decantación, donde se separan aquellas partículas discretas que no han podido ser retenidas por los sistemas anteriores.
- Sedimentación de partículas indiscriminadas: corresponde a la acción que se realiza en los decantadores primarios, donde las partículas presentan todo tipo de tamaños, densidades y constituciones. No se puede determinar un solo tipo de partícula a sedimentar.
- Sedimentación de partículas floculadas y en floculación: se da principalmente en los decantadores secundarios de los tratamientos químicos y biológicos con el fin de convertir las partículas no sedimentables en floculadas sedimentables; aunque también se pueden dar en decantadores primarios con recirculación de fangos de los secundarios:
  - **Sedimentación por zonas:** la concentración de partículas es relativamente elevada.
  - **Sedimentación por compresión:** cuando las partículas se encuentran en contacto físico entre ellas.

#### **4.3 Características de los decantadores**

Los elementos fundamentales de un decantador primario son:

- **Entrada del afluente:** la corriente de alimentación debe difundirse homogéneamente por todo el tanque desde un primer momento.
- **Deflectores:** normalmente se sitúan en la entrada y la salida con el fin de suministrar la mejor repartición del caudal afluente además de retención de sustancias flotantes, grasas y espumas.
- **Vertedero de salida:** importante para el correcto funcionamiento de la clarificación. Para evitar el levantamiento de fangos es necesario mantener una velocidad menor de 10-12 m<sup>3</sup>/h/m.
- **Características geométricas de los decantadores:** deben adaptarse a la tipología de partículas que deben sedimentarse.

#### 4.4 Tipos de sólidos en suspensión

Entre los sólidos en suspensión en las aguas residuales:

- **Granulares:** sedimentan con velocidad uniforme e independientemente unos de otros.
- **Grumosos:** forman flóculos o grumos que adquieren una mayor velocidad de descenso.

#### 4.5 Sedimentación de partículas floculadas proceso químico

El proceso consiste en convertir partículas no sedimentables en partículas susceptibles de sedimentación. Se puede partir de las aguas decantadas previamente mediante procedimientos físicos o bien aplicando el proceso directamente a las aguas únicamente pretratadas.

Este proceso se aplica a partículas de pequeña dimensión formando una estructura coloidal estable.

##### 4.5.1 Coagulación de una dispersión coloidal

Consiste en neutralizar sus cargas eléctricas por lo que los coloides tienden a agregarse por acción de masas que obtienen el nombre de "flóculos" los cuales tienen una velocidad de sedimentación que permite separarlos por decantación en decantadores simples. Estos decantadores deben ir precedidos de cámaras de coagulación, seguidas de cámaras de floculación; producen una agitación suave con el fin de incrementar el contacto entre las partículas.

#### 4.6 Coagulación y floculación

Se puede conseguir una floculación mediante una simple agitación, además es posible introducir un coagulante para favorecer la eliminación de la contaminación coloidal. Se dan tres fenómenos, en primer lugar se da una neutralización de las cargas negativas de las impurezas con el ión coagulante; en segundo lugar está la reacción del coagulante y la formación de flóculos de óxido hidratado coloidal con carga positiva y por último se da la adsorción superficial de impurezas por flóculos. Posteriormente los coloides que se han convertido en flóculos incrementan de tamaño por contacto (coalescencia) debido a choques sucesivos.

Existen múltiples factores que influyen en este proceso, ya sea el tipo de coagulante, la cantidad del mismo, las características del agua (pH), el tiempo de mezcla y floculación, la temperatura del agua, la fuerza de agitación y la presencia de núcleos (partículas sólidas en suspensión).

##### 4.6.1 Coagulantes

Los coagulantes deben tener ciertas características como son tener la carga opuesta al coloide, la valencia debe ser lo más fuerte posible, además de ser altamente pesados. Se distinguen dos grandes grupos:

- **Coagulantes inorgánicos:** los más empleados son el sulfato de alúmina y las sales férricas.
  - **Sulfato de alúmina:** es un coagulante inorgánico, se trata de sulfato de aluminio hidratado; el elemento fundamental para la formación de flóculos es la formación de hidroxilos, que a su vez depende del pH.
  - **Cloruro férrico:** FeCl<sub>3</sub> en medio acuoso ligeramente básico reacciona con el ión hidróxido para formar flóculos de FeO(OH)<sup>-</sup>, que puede eliminar los materiales en suspensión

- **Coagulantes orgánicos (Polielectrolitos):** Los polielectrolitos naturales se consideran más coadyuvantes debido a que ayudan más a la floculación que a la coagulación. Por otro lado, el uso de polielectrolitos sintéticos está limitado por motivos sanitarios (cancerígenos).

#### **4.6.2 Coadyuvantes**

Son agentes auxiliares de coagulación que facilitan el primer proceso de la coagulación, es decir, la desestabilización de la estructura coloidal, aunque también se utilizan como material de soporte en la realización de la aglomeración de los coloides desestabilizados y formando aglomerados susceptibles de precipitar por gravedad. Podemos encontrar:

- **Coadyuvantes inorgánicos:** se utilizan para modificar el pH del agua y facilitar la actuación de los coagulantes; su presencia reduce la concentración de coagulante necesario; neutraliza las cargas y sirve como material de soporte y medio absorbente que facilita la aglomeración de flóculos.
- **Coadyuvantes orgánicos:** algunos provienen de productos naturales, mientras que otros son sintéticos.

#### **4.7 Decantadores**

El objetivo de la decantación primaria es, principalmente, la eliminación de sólidos en suspensión, aunque también elimina la materia orgánica o DBO contenida en los sólidos, sin embargo no tiene efectividad alguna con la DBO disuelta.

Consiste, básicamente, en retener el agua en una balsa para que decanten la mayor cantidad de sólidos decantables y separarlos en forma de fango. También se separan sólidos poco densos y aceites/grasas en la superficie del decantador.

La decantación tiene costes de operación muy inferiores a los tratamientos biológicos. Un beneficio adicional de la decantación primaria es que produce un cierto grado de homogeneización en el influente al biológico.

Los decantadores pueden ser estáticos o mecanizados en cuanto a su funcionamiento y circulares o rectangulares en cuanto a su forma. Los de tipo estático no tienen mecanismo de arrastre de fangos y son de pequeño diámetro con una pendiente mínima de 45° en el fondo.

Los decantadores estáticos y mecanizados son los más frecuentes para el proceso de clarificación final, además del depósito de decantación disponen de los siguientes elementos básicos:

- Mecanismo de barrido de fangos
- Mecanismo de arrastre de flotantes (arqueta de recogida situada en el interior del decantador desde donde salen por gravedad al exterior)
- Entrada de agua a través de ranuras en la columna central, incorpora una pantalla deflectora que provee una cámara tranquilizadora. A veces la campana dispone de ranuras que favorecen el paso de los flotantes.
- Salida de agua a través de un vertedero generalmente en diente de sierra y con deflector si se separan flotantes. El canal de recogida puede ser exterior o interior al decantador.

Los decantadores de tipo rectangular difieren de los circulares en los siguientes puntos:

- La recogida de fangos se realiza en un canal de fondo situado a la entrada de agua.

- Se arrastran mediante un sistema de cadenas con rasquetas transversales al flujo. También existen de puente móvil con una sola rasqueta pero con una capacidad de retirar fangos más reducida.
- Es la forma adecuada para tratamientos primarios de reducción de SS en suspensión por flotación tipo FAD.

En apéndice del presente anejo se estudia las diferencias fundamentales entre decantación y flotación según fase de proceso a realizar.

## 5 TRATAMIENTO SECUNDARIO O LÍNEA BIOLÓGICA

### 5.1 Función

Reduce la DBO de las aguas residuales mediante la asimilación de la materia orgánica por los microorganismos que la degradan en presencia de nutrientes y O<sub>2</sub>. El agua pasa por un decantador secundario y parte del fango se deposita en el fondo y parte pasa a la fase de digestión para mantener controlado el proceso.

Los microorganismos presentes en el sistema de fangos activos son del mismo tipo que los existentes en los sistemas naturales, pero con las especiales condiciones que se dan dentro del reactor biológico y el decantador.

Los componentes mayoritarios son las bacterias procariotas que se concentran hasta niveles superiores a los 10<sup>6</sup> individuos por mililitro. La mayoría de éstas son heterótrofos aerobios o facultativos, Gram negativos, móviles, de forma esférica, cilíndrica o helicoidal. Principalmente son originarios del tubo digestivo de los mamíferos.

Entre las bacterias heterótrofas más corrientes podemos destacar los géneros *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthobacter*, *Citromonas* y *Zoogle*.

También existen heterótrofos aerobios facultativos desnitrificantes y quimioautótrofos que oxidan el amonio (*Nitrosomonas*), los nitratos (*Nitrobacter*) o los sulfuros (*Thiothrix*).

La biomasa de los fangos activos presenta una característica especial, su capacidad para formar flóculos y decantar cuando se para la agitación. Ello se debe a la gran proporción de ciertas bacterias floculantes (*Zooglea*) ya que segregan polímeros extracelulares.

Este tipo de bacterias son seleccionadas en el sistema mediante la reinoculación constante que se les da desde la recirculación establecida entre el decantador secundario y el bioreactor.

Aunque la célula procariota es la unidad primordial de los procesos bioquímicos de depuración, en el caso de los fangos activos, el flóculo es quien toma el papel principal ya que tiene una gran influencia sobre operaciones como la deshidratación de los fangos, la incorporación de material coloidal al flóculo en forma de sólidos sedimentables, la eliminación de metales por absorción a los polímeros extracelulares, o la mayor resistencia de los microorganismos a compuestos tóxicos.

Queda claro que una gran parte de los problemas operativos del proceso biológico de las EDAR se deben a diferentes anomalías asociadas a la estructura del flóculo.

Los flóculos están formados principalmente por un conjunto de bacterias, con sus respectivos radicales, y unidos entre sí por el mucílago o polímero exocelular que retiene partículas inorgánicas y cationes divalentes. La consistencia final del flóculo es

principalmente debida a la presencia de bacterias filamentosas, las cuales conforman el esqueleto sobre el cual queda constituido.

En el flóculo está el origen de gradientes y microambientes diversos dentro de la aparente uniformidad del reactor; además, el flóculo, se considera la base física de un microsistema formado principalmente por bacterias pero, también tienen cabida protozoos, rotíferos, nemátodos y otros invertebrados. Estos últimos solo representan 5% de la biomasa total y su importancia parece secundaria aunque también facilitan el correcto funcionamiento del proceso.

Estos se alimentan de bacterias del líquido intersticial contribuyendo a la clarificación del agua y a la eliminación de patógenos. Segregan mucosas que ayudan a la floculación y, con su vigorosa movilidad, rompen los flóculos de medidas excesivas. Los protozoos también pueden rascar la superficie del flóculo y alimentarse de las bacterias arrancadas, provocando efectos positivos sobre esta biomasa bacteriana, la cual se renueva con más facilidad y se mantiene más activa.

En el proceso de depuración los flóculos biológicos, después de salir de un reactor biológico, son separados del agua depurada, en un decantador secundario. La cantidad de estos flóculos, que entran en el decantador, suele ser muy grande por lo que cualquier interferencia por sobrecarga hidráulica, cambio de densidad del flóculo, corrientes de convección o interferencias biológicas hacen que éste flóculo se fugue del decantador con el efluente, o bien, ascienda a la superficie, quedando retenido por la contención de flotantes.

Deben considerarse que si bien la mayor parte de las bacterias que forman la biomasa que depura el agua residual en un tratamiento biológico tienen forma unicelular, existen algunos microorganismos que presentan sucesiones de células, dando lugar a formas filamentosas.

Si la cantidad de estructuras filamentosas es elevada nos podemos hallar con dos tipos de problemas biológicos:

- Esponjamiento filamentosos o *Bulking*: las estructuras filamentosas interfieren, principalmente, en el decantador secundario.
- Espumamiento biológico o *Foaming*: los microorganismos filamentosos producen una espesa espuma coloreada (blanco y marrón), así como abundantes elementos flotantes en la decantación secundaria.

Un sistema de depuración por lodos activos es en realidad un ecosistema artificial donde los organismos vivos (biocenosis) están representados, en mayor o menor medida, por grupos de microorganismos que constituyen comunidades biológicas completas interrelacionadas entre sí y con el medio físico que les rodea en la planta depuradora (biótopo)

## 5.2 Estructura del ecosistema de los fangos activos

Cualquier ecosistema puede estructurarse en diferentes componentes:

- **Abióticos**: constituidos por el medio físico, es decir, la planta depuradora y las características particulares de la misma.
- **Bióticos**: representados por las comunidades de microorganismos descomponedores (bacterias, hongos y algunos protozoos flagelados) y consumidores (protozoos y metazoos).

También se puede entender un ecosistema de acuerdo a sus factores, los cuales pueden clasificarse como factores bióticos y abióticos.



Los factores abióticos son todas aquellas características del medio (composición del agua residual, concentración de oxígeno disuelto en el reactor, temperatura, carga orgánica de la planta) que pueden llegar a afectar a la distribución de los microorganismos en el sistema.

Entre los factores *bióticos* el ambiente físico-químico determina los límites entre los cuales los microorganismos pueden desarrollarse y los cambios que esto puede causar en el agua residual que está siendo tratada. La competencia por los nutrientes y el oxígeno junto con la depredación son los ejemplos más representativos de estas interrelaciones.

### 5.3 Estructura de la microfauna

- **Protozoos:** son los microorganismos más abundantes de la microfauna en los fangos activos, pudiendo llegar a alcanzar valores medios de 50.000 individuos por ml. en los reactores biológicos constituyendo, aproximadamente, el 5% del peso seco de los sólidos en suspensión del licor de mezcla.

Los protozoos están representados en el licor mezcla por flagelados, amebas y, sobre todo, ciliados.

Cada uno de estos grupos representa una función concreta del sistema y su aparición y abundancia reflejan las distintas condiciones físico-químicas existentes en los tanques de aireación, lo cual puede utilizarse como índice para valorar la eficiencia del proceso de depuración.

Los protozoos no constituyen un grupo natural, se trata de un grupo muy heterogéneo de organismos eucariota unicelulares, los cuales sólo pueden desarrollarse a expensas de la materia orgánica. Al ser muy sensibles a los elementos tóxicos son muy buenos indicadores del estado del proceso de depuración.

Los principales tipos de protozoos presentes en el sistema de fangos activos se pueden clasificar según flagelados, rizópodos y ciliados entre otros. También existen metazoos destacando, de entre ellos, el resto de los rotíferos y hasta se pueden hallar nemátodos y otros invertebrados.

- *Flagelados:* De tamaño pequeño (5-20 micrómetros), alargada, oval y de elevada movilidad mediante uno o más flagelos. No son abundantes cuando el proceso de depuración funciona de forma adecuada. Su elevada densidad en los reactores se relaciona con las primeras etapas de la puesta en marcha de la instalación, cuando las poblaciones estables de protozoos ciliados no se han desarrollado todavía. Algunas especies se alimentan de bacterias, mientras otras lo hacen de materia orgánica disuelta y una excesiva presencia en un fango estable es indicativo de una baja oxigenación del mismo, un choque tóxico o un exceso de carga orgánica.
- *Rizópodos (Amebas):* forma variada, de entre 20-40 micrómetros, se mueve mediante pseudópodos. También existen tecamebas que presentan un esqueleto o teca mineral. Se puede distinguir entre amebas desnudas, que suelen relacionarse con las cargas de entrada en la EDAR alta, y las amebas testáceas, que pueden aparecer en instalaciones con buena nitrificación y carga orgánica baja.
- *Ciliados:* grupo mayoritario de protozoos presentes en los fangos activos. Valores de hasta 10<sup>6</sup> ciliados por litro son habituales, mientras que

valores inferiores a 10<sup>4</sup> ciliados por litro es signo de una depuración insuficiente. Su presencia es de gran importancia en el proceso, ya que contribuyen directamente a la clarificación del efluente a través de dos actividades, la floculación y la depredación, siendo esta última la más importante. Su alimento principal son las bacterias patógenas, aunque al ser un grupo muy variado también lo son sus hábitos alimenticios, por lo que podemos encontrar desde micrógrafos bacteriódvoros hasta depredadores de otros ciliados. Se pueden hallar asociados al flóculo, fijados mediante un pedúnculo o sin unión física. Podemos clasificarlos en dos grandes categorías en función de su relación con el flóculo biológico:

- *Ciliados asociados al flóculo*: se dividen, a su vez, en pedunculados, que están estrechamente relacionados con el flóculo por la presencia de un órgano de fijación llamado pedúnculo y se alimentan desde protozoos ciliados hasta peritricos que, a su vez, se alimentan de bacterias libres, y reptantes, que utilizan estructuras de movimiento para moverse entorno del flóculo donde se alimentan de bacterias de la superficie de este.
- *Ciliados no asociados al flóculo*: ciliados nadadores que se encuentran libres entre los flóculos, normalmente salen con el efluente tratado.

Los ciliados pedunculados y reptantes son los más frecuentes cuando el tratamiento funciona correctamente, ya que el sistema está especialmente diseñado para la creación de flóculos, que son utilizados como sustrato de fijación por estos microorganismos. Su capacidad de fijación o de relación con el flóculo supone una ventaja adaptativa en este sistema y los que no la poseen son eliminados en el efluente.

Por el contrario, los ciliados nadadores no son constituyentes típicos de las comunidades estables, sino que aparecen durante la fase de colonización del mismo, cuando los flóculos están en vías de formación y no se han establecido aún los ciliados pedunculados y reptantes. Por consecuencia, la presencia dominante de ciliados nadadores en un lodo bien formado es indicio de anomalías en el proceso, como son una carga excesiva o un fango poco oxigenado. En ocasiones también puede estar relacionado con la entrada de vertidos tóxicos, ya que se eliminan las comunidades estables del proceso, presentando los reactores una situación semejante a la puesta en marcha.

- **Metazoos**: su presencia es menor que la de los protozoos.
  - *Nemátodos*: la mayoría son predadores de bacterias dispersas y protozoos, aunque también pueden aparecer algunas formas saprozoicas capaces de alimentarse de la materia orgánica disuelta e incluso de la materia de los flóculos.
  - *Rotíferos*: eliminan las bacterias dispersas y los protozoos. Algunas especies contribuyen a la formación del flóculo por secreción de mucus.

Los fangos activos pueden considerarse como un ecosistema extremo, sujeto a importantes fluctuaciones y con dependencia directa de una fuente externa de nutrientes.

Aunque falten los productores primarios, se dan muchas de las características típicas de los ecosistemas naturales; se establecen relaciones tróficas en diferentes niveles y la cantidad total de biomasa depende de la energía disponible (en este caso, la carga del efluente) para niveles tróficos más bajos (bacterias).

#### **5.4 El proceso de fangos activos**

Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Ardra y Lockett y su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia. Existen diversas versiones del proceso original, en nuestro caso nos decantamos por el de "AEREACION PROLONGADA CON RECIRCULACION DE LODOS", proceso que tiene una gran aceptación en el tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades principalmente por su gran efectividad entre el 75 y el 95%, y sencillez en su funcionamiento.

Los índices fundamentales, utilizados para conocer la bondad del proceso y su rendimiento, pueden reducirse a:

- Caudal a tratar
- Oxígeno disuelto
- Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)
- Demanda Química de oxígeno (DQO)
- Sólidos en suspensión fijos y volátiles.
- Contenido de nitrógeno amoniacal, nitroso, y total .
- Contenido de fósforo.
- Contenido de elementos tóxicos y/o inhibidores.
- Grasas.

##### **5.4.1 Descripción del proceso**

Desde el punto de vista de funcionamiento, el tratamiento biológico de aguas residuales mediante el proceso de fangos activados, se realiza a través de un tanque o reactor biológico, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión y se realiza la oxidación de la materia orgánica. El contenido del reactor se conoce con el nombre de "**líquido mezcla**".

El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de difusores o eyectores, que también sirven para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa.

Al cabo de un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las viejas se conduce hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada.

Una parte de las células sedimentadas se recircula para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que la otra parte se purga del sistema (fango en exceso).

En el proceso de fangos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que son los causantes de la descomposición de la materia orgánica del afluente. En el reactor, o tanque biológico, las bacterias aerobias o facultativas utilizan parte de la materia orgánica del agua residual con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en forma de células nuevas.

En el procesol de aireación prolongada todas las partículas que entran en el reactor biológico permanecen en el interior del mismo durante idéntico periodo de tiempo.

El agua procedente del tratamiento primario: Desengrase, homogenización y tratamiento físico-químico, pasa al tanque de aireación donde es mezclada con aire disuelto que fluye por los difusores siendo uniforme este suministro de aire a lo largo de toda la longitud del tanque. Durante el periodo de aireación se produce la absorción, floculación y oxidación de la materia orgánica. Los sólidos del fango activado se separan en un decantador secundario. Este proceso necesita de una carga orgánica reducida y un largo periodo de aireación.

Dadas las características del AR a tratar con niveles de N y P que hay que reducir, se precisa la eliminación de los mismos.

Para la *eliminación de nutrientes (N y P)* se recurre cada vez más al empleo de procesos biológicos, aunque en el caso de la eliminación del fósforo los procesos de precipitación química continúan siendo los de mayor aplicación.

#### 5.4.1.1 Eliminación de N

En la figura siguiente se aporta el balance de N en las aguas residuales urbanas asimilables a los vertidos del matadero que nos ocupa

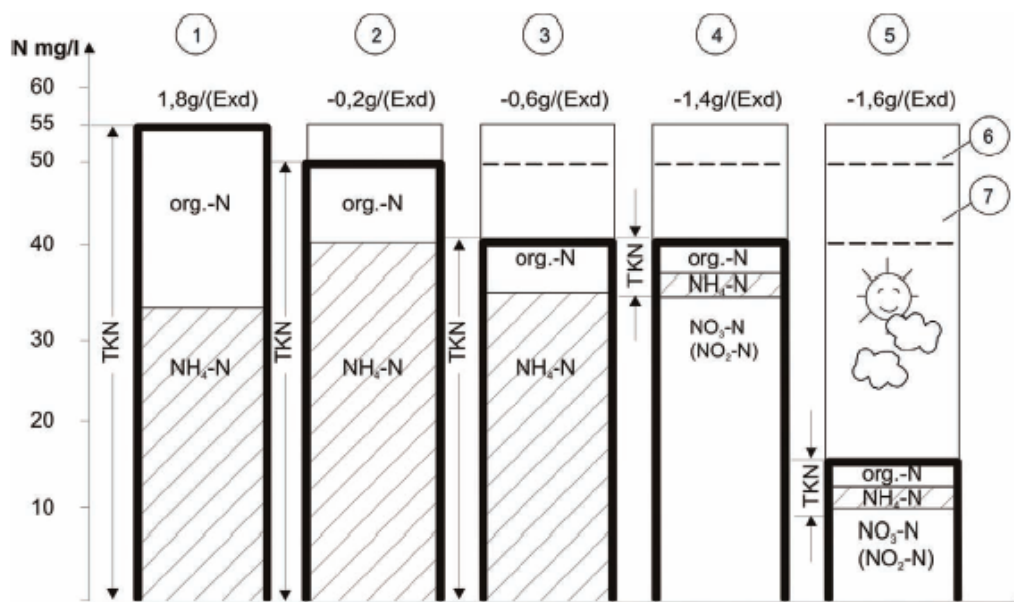


Fig. 1: Balance de nitrógeno en las aguas residuales [2]

- |   |  |
|---|--|
| 1 Agua residual bruta   | 5 Tratamiento biológico (con desnitrificación) |
| 2 Tratamiento mecánico  | 6 Lodo primario                                |
| 3 Tratamiento biológico<br>(degradación de carbono solamente) | 7 Lodo excedente                               |
| 4 Tratamiento biológico (con nitrificación)                   | /ExD = por habitante y día                     |

**Tras la etapa del tratamiento mecánico:** El proceso de amonificación continúa durante la etapa del tratamiento mecánico, con lo que todavía más nitrógeno orgánico se convierte en NH<sub>4</sub>-N. El lodo que se sedimenta durante el tratamiento primario contiene alrededor de 5 mg/l N que, por lo tanto, han sido eliminados del agua residual. Fig. 1, (2).

**Tras la etapa del tratamiento biológico (degradación del carbono solamente):** Prácticamente todo el nitrógeno está ahora presente como NH<sub>4</sub>-N y reduce sobremanera el oxígeno. En la etapa del tratamiento biológico, la materia orgánica se convierte en masa bacteriana y es extraída como lodo excedente. Para formar esta biomasa se necesitan aproximadamente 10 mg/l N, que serán eliminados del agua residual en este punto. Fig. 1, (3).

**Tras la etapa de nitrificación:** En el tanque de aireación, en presencia de abundante oxígeno, el NH<sub>4</sub>-N se oxida a nitrito (NO<sub>2</sub>-N) y después a nitrato (NO<sub>3</sub>-N). El nitrato actúa como nutriente en las aguas superficiales. Este proceso se llama nitrificación u oxidación por nitrógeno. Si el lodo ha envejecido lo suficiente o la carga de lodo DBO<sub>5</sub> es baja y las condiciones límite son favorables, el contenido de NH<sub>4</sub>-N en la salida es menor que 3 mg/l y, normalmente, incluso menor que 1 mg/l. El balance de N en el lodo cambia sólo ligeramente si la concentración de oxígeno en el tanque de aireación está por encima de 1 mg/l. Fig. 1, (4).

**Tras la desnitrificación:** En los tanques o zonas no aireados (anóxicos), a las bacterias ya no se les provee de oxígeno y por lo tanto se les fuerza a absorber el nitrato (NO<sub>3</sub>-N), que las mismas descomponen para respirar el oxígeno. Emiten el nitrógeno al agua como gas (N<sub>2</sub>), que escapa al aire. Este proceso se conoce como desnitrificación. Los compuestos de carbono fácilmente degradables juegan un papel importante en el mismo, ya que bien son directamente oxidados o adsorbidos, incorporados parcialmente y procesados más tarde. Fig.1, (5).

**TKN (Nitrógeno Kjeldahl).** Es la suma del nitrógeno orgánico y el nitrógeno amónico (N org. + NH<sub>4</sub>-N). Es de interés para la carga de nitrógeno en el agua residual bruta o después del tratamiento mecánico.

**Nitrógeno inorgánico (Ninorg):** De acuerdo con la Ley de Aguas y el Reglamento Hidráulico de Dominio Público y la Directiva 91/271/CEE, los vertidos de aguas residuales en las aguas superficiales deben pagar un impuesto por la totalidad del nitrógeno descargado, además del resto de contaminantes. De acuerdo con la legislación señalada, el nitrógeno inorgánico se define como la suma de NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N y NO<sub>2</sub>-N – es decir, el nitrógeno orgánico no está incluido. Una eficaz eliminación del nitrógeno ha de reducir el Ninorg por debajo de 5 mg/l.

**Nitrógeno total (TN):** Para distinguirlo del Ninorg en la salida, la suma del nitrógeno orgánico y el inorgánico se denomina nitrógeno total. La medida es especialmente importante tanto en la entrada como en la salida, donde el contenido de nitrógeno total (TN) no puede superar los 15 mg/l.

En consecuencia la eliminación del N requiere diseñar reactores donde se sucedan fases de aireación y de anoxia, con recirculación interna, para permitir los procesos señalados de nitrificación y desnitrificación.

#### **5.4.1.2 Eliminación de P**

En la naturaleza, el fósforo (P) sólo existe en forma de compuestos químicos. El compuesto más común es el fosfato (PO<sub>4</sub>) en forma de ortofosfato. El balance de fósforo de los compuestos de fósforo disueltos en el agua residual solamente puede calcularse convirtiendo los valores medidos para expresarlos en términos de fósforo. Los fosfatos vertidos a las aguas superficiales actúan como nutrientes de plantas. La Fig. 2 muestra las formas en las que el fósforo existe en las aguas residuales urbanas y cómo el contenido de fósforo se reduce durante las diferentes etapas del tratamiento del agua residual. Cargas adicionales potenciales – p. ej. del agua turbia formada durante el tratamiento de los fangos o la deshidratación mecánica de los lodos – no son tomadas en consideración; tampoco lo es el problema del fósforo que se redissuelve cuando el lodo excedente se convierte en anaerobio. Los altos niveles de

dilución debidos al agua de infiltración, que pueden reducir la concentración de fósforo, también son ignorados en el cálculo de este balance. Estos factores influyentes pueden variar de una planta a otra y complicarían esta simple representación que tan solo pretende visualizar los niveles de reducción según tratamientos.

La mayor parte del fósforo de las aguas residuales del matadero procede de detergentes, productos de limpieza y excreciones humanas. Se calcula, para el matadero en cuestión, que la carga de fósforo media diaria es de 30 mg/l.

**Entrada a la E.D.A.R:** La concentración de fósforo en el agua residual que se cita en la gráfica es para agua residual urbana, asumiendo una concentración media de 9 mg/l P [1], [3].

**Tras la etapa de tratamiento mecánico:** El fósforo ligado a los "screenings" y al lodo primario equivale a un contenido de fósforo de alrededor de 1 mg/l P, que será eliminado del agua residual. Con el tratamiento mecánico óptimo (p. ej., tamizado) se puede eliminar todavía más fósforo. Fig. 9, (2)

**Tras la etapa de tratamiento biológico (degradación de carbono solamente):** Durante el tratamiento biológico en el tanque de aireación, alrededor de 2 mg/l P se ligan al lodo excedente. Normalmente son atribuibles niveles de eficacia superiores a una creciente eliminación de bio-P. Fig. 2, (3).

**Tras la etapa de tratamiento biológico (con bio-P):** Con niveles superiores de eliminación de fósforo biológico (bio-P), que casi siempre están asociados a la desnitrificación, pueden eliminarse 4 mg/l P<sub>tot</sub> adicionales en el lodo excedente. En condiciones operativas favorables, y utilizando medidas selectivas de bio-P, pueden conseguirse reducciones todavía mayores. Fig. 2, (4).

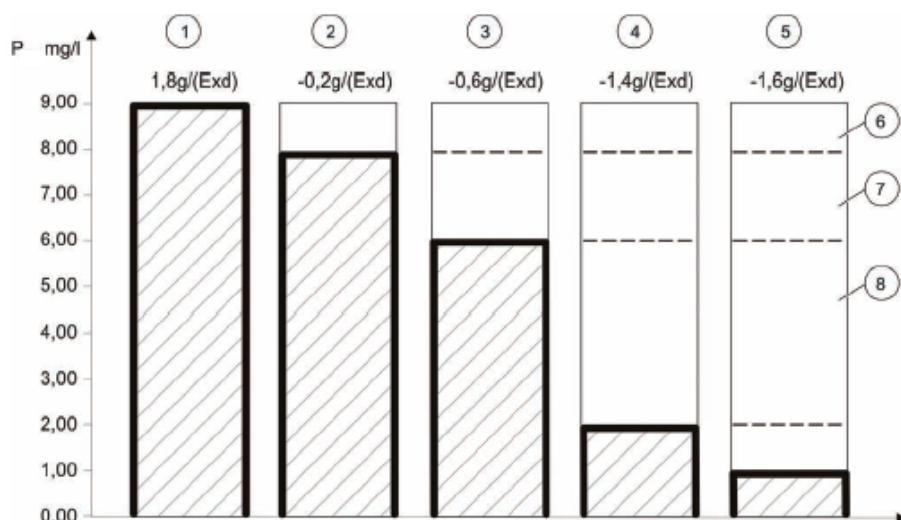


Fig 2 Balance de fósforo en aguas residuales [3]

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1 Agua residual bruta                                      | 5 Precipitación con Fe/Al  |
| 2 Tratamiento mecánico                                     | 6 Lodo primario            |
| 3 Tratamiento biológico (degradación de carbono solamente) | 7 Lodo excedente           |
| 4 Tratamiento biológico (con bio-P)                        | 8 Lodo excedente con bio-P |

**Tras la etapa de precipitación química.** Sólo una pequeña cantidad de fósforo permanece para la eliminación por precipitación química. Si se utilizan correctamente las diferentes posibilidades de proceso para precipitar fosfato y los diversos precipitantes disponibles, pueden obtenerse valores de salida que se encuentran por

debajo de  $P_{tot} = 1$  mg/l. Con la precipitación química, puede contarse con que los volúmenes de fango aumentarán un 20 a un 30 %, sea cual sea el método de precipitación utilizado.

**Fósforo total en la salida:** De acuerdo con los valores especificados en la Directiva 91/271/CEE, los municipios de más de 10.000 h-e deben asegurarse de que el valor de  $P_{tot}$  en la salida nunca pase de 2 mg/l; si el número de habitantes es superior a 100.000 h-e, el valor equivalente es 1 mg/l.

Al ser la carga prevista en el matadero de aves de menos de 10.000 h-e y estar asimilados sus vertidos al agua residual urbana, las condiciones de vertido han de ser de  $< 2$  mg/l  $P_{total}$ .

**Adición controlada de precipitante:** En general, puede decirse que las ventajas de una adición de precipitante bien controlada aumenta en proporción directa al grado de fluctuación y la magnitud de la carga de P. "Tanto como sea necesario, pero lo menos posible"; este lema permite una máxima fiabilidad asociada a una manipulación económicamente eficaz del precipitante.

#### **Conclusiones para eliminación de P:**

- Se precisa eliminar P hasta niveles  $< 2$  mg/l en el vertido final.
- Los tratamientos mecánicos y biológicos no permiten alcanzar dicho nivel si no se procede a disponer de un tratamiento químico.
- Si en el tratamiento primarios se utiliza, para disminuir la carga contaminante, DAF con reactivos (DAF-CR), la eliminación de P esta prácticamente asegurada.
- No así si dicho tratamiento es sin reactivos (DAF-SR), por lo que en este caso se debe prever dicho tratamiento químico previo a la decantación secundaria.

### **5.5 Diseño de la EDAR por procesos biológicos**

En definitiva se propone estudiar el diseño de la EDAR mediante procesos biológicos de depuración aerobia, que se detallan en anejo 04, y que requiere el conocimiento de las tecnologías disponibles para dos operaciones distintas:

- OXIDACIÓN BIOLÓGICA
- SEPARACIÓN SÓLIDO LÍQUIDO.

En la oxidación se provoca el desarrollo de un cultivo biológico, formado por muchos y diversos organismos que se agrupan en flóculos (fangos activados) y da lugar a lo que se define como Línea de tratamiento de aguas que requiere el diseño de un reactor biológico.

En la separación sólido-líquido, una vez oxidada la materia orgánica (MO), el licor mezcla requiere una decantación para permitir la separación agua- floculo y permitir la salida por un lado del agua depurada y clarificada y por otro la extracción de lodos para reinocular el reactor biológico así como los lodos en exceso que serán tratados y acondicionados para su eliminación.

En consecuencia se identifica:

- Línea de tratamiento de las aguas
- Línea de tratamiento de los fangos o lodos producidos en la línea de tratamiento de las aguas.

## 5.6 Línea de tratamiento de aguas

Básicamente, existen dos tipos de tratamientos biológicos aerobios:

- Procesos de Cultivo en Suspensión (**Fangos Activados**).
- Procesos de Cultivo Fijo (Lechos Bacterianos).

Este anejo, se centra en la definición de alternativas tecnológicas para el proceso de Fangos Activos, siendo los Lechos Bacterianos no considerados como alternativa.

El elemento esencial para producir la depuración deseada del AR son los **reactores biológicos**.

Si bien los procesos biológicos se estudian con más detalle en anejo 04, se adelanta las conclusiones del mismo a efectos de identificar tecnologías disponibles.

Para la tecnología a emplear en el reactor biológico de fangos activos se presentan dos opciones:

- Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo
- Reactor biológico secuencial (SBR)

### 5.6.1 Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo

Se considera como una de las alternativas a estudiar

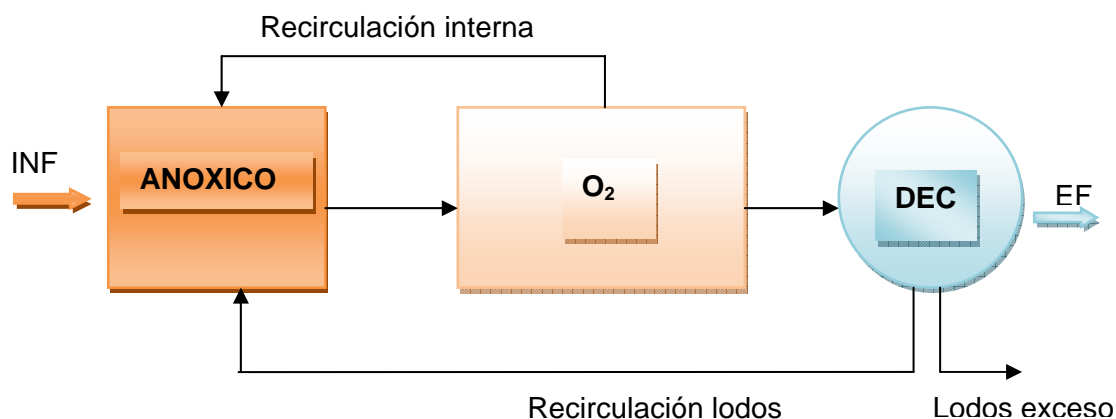
Este proceso requiere cargas no muy altas y tiempos de aireación prolongados.

Suele aplicarse a plantas pequeñas que tratan menos de 10000 habitantes-equivalentes, como es el caso de la EDAR que se pretende diseñar.

Sus instalaciones prescinden de decantación primaria, pasando el agua desde el pretratamiento directamente a la cuba de aireación, y pasando después por el decantador secundario.

El proceso es flexible encontrándose variaciones con un tratamiento primario para reducir grasas y SS y posteriormente pasar al tratamiento secundario.

En los sistemas de Aireación prolongada de baja carga todas las operaciones se realizan para un caudal de diseño constante y en distintos depósitos donde se realiza las funciones de reactor biológico (anaerobio, anóxico y aerobio según interese) y de sistema de separación y recirculación de fangos (decantadores). Un ciclo operativo básico, sería el siguiente:



Los equipos disponibles a utilizar se reducen a:

- Bombas para trasvase y recirculación de agua y fangos

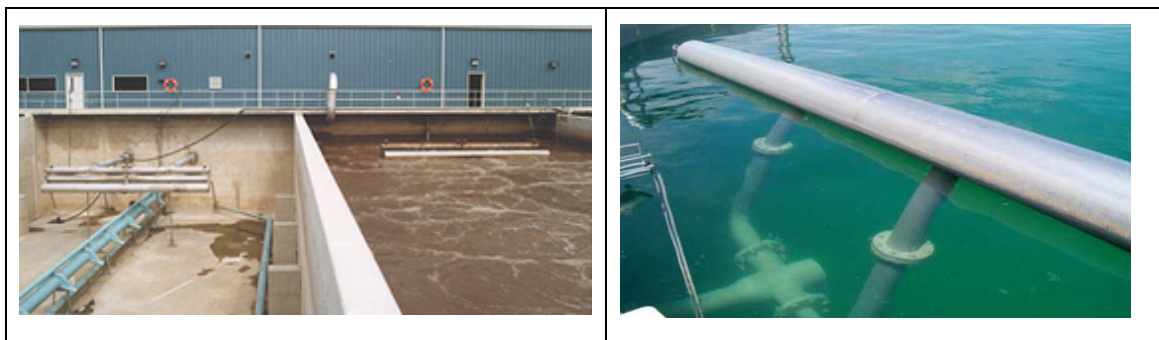


- Agitadores mecánicos para mantener el licor de mezcla en agitación tanto en el reactor óxico como en el anóxico.
- Soplantes para aportar oxígeno (aire) en el reactor de óxico
- Puente barredor y vertederos para el agua clarificada en el decantador secundario.
- Depósitos de hormigón ejecutados “*in situ*” o de tipo prefabricado

Dichos equipos serán convenientemente dimensionados en el estudio de esta alternativa.

### 5.6.2 Reactor biológico secuencial (SBR)

Los reactores biológicos secuenciales (SBR) de flujo discontinuo son un sistema de depuración biológica, que se pueden clasificar dentro de los sistemas aerobios de fangos activos. La diferencia con los sistemas de fangos activos clásicos en continuo, se basa en la variabilidad en el tiempo, todas las operaciones (anoxia, aireación, separación de fangos, etc) se realizan en el mismo tanque, temporizando las secuencias. En los clásicos cada etapa de la depuración, se realiza en un tanque distinto (aireación, anoxia, decantación...), en los SBR todas las etapas se realizan en el mismo tanque de forma secuencial (primero se realiza la anoxia, después la aireación, decantación...). Este tipo de reactor es en la actualidad la tendencia en depuración a nivel mundial (en España existen múltiples SBR en funcionamiento), tanto en urbanas como en industriales.



### 5.6.3 Funcionamiento

En los sistemas SBR todas las operaciones se realizan en el mismo tanque, que realiza las funciones de reactor biológico (anaerobio, anóxico y aerobio según nos interese) y de sistema de separación y recirculación de fangos (sustituye a los decantadores secundarios y flotadores que se utilizan en sistemas menos desarrollados) Un ciclo operativo básico sería el siguiente:



Aunque lo habitual en una industria es que se produzca diariamente un periodo de poco vertido, que es el que se aprovecha para realizar la decantación y extracción del agua depurada, un sistema SBR permite asumir un caudal afluente en continuo, existen varias alternativas: desde poner una balsa de homogeneización en cabecera, duplicar el número de reactores con lo que cuando uno está en decantación-extracción, el otro es el que está llenando, hasta estudiar la geometría del reactor para que la entrada de vertido no se mezcle con la salida del vertido depurado.

Las distintas fases, el número de ciclos y los tiempos se diseñan en función de los parámetros contaminantes y del rendimiento requerido, como norma media, se puede hablar de dos ciclos diarios de doce horas cada uno.

**Fase de llenado:** El vertido procedente del pretratamiento, entra en el reactor, estableciendo contacto con la biomasa que permanece del anterior ciclo. El tiempo de llenado es controlado de forma automática, interesando según el diseño que sea rápido o lento. La fase de llenado se puede subdividir en distintas etapas: anaeróbica, anóxica o aerobia según lo que se quiera conseguir (nitrificación, desnitrificación, eliminación de fósforo...). Esto se consigue fácilmente actuando sobre el sistema de aireación. El control del tiempo de llenado permite tener control sobre la decantabilidad del licor mezcla; una de las mayores ventajas de los sistemas SBR es el control sobre las bacterias filamentosas que producen las espumas y la flotación indeseada de fangos.

**Fase de aireación:** En esta fase se completa la eliminación de materia orgánica iniciada en la fase anterior y combinando etapas aireadas con etapas sólo con agitación (se sometería todo el volumen a anoxia), permitiendo alcanzar la eliminación de nutrientes deseada.

**Fase de decantación:** Tras una fase de reacción aeróbica, que elimina problemas de desnitrificaciones de fangos no deseadas, el sistema de aireación y agitación entra automáticamente en parada. El licor mezcla, tras algunos minutos, comienza a decantar por gravedad en el mismo reactor. Debido a la gran superficie de decantación del reactor y la ausencia de flujo por entrada de caudal, la decantación es altamente eficiente. Se produce un efecto positivo en la decantación pues el manto de fango en su caída, va incorporando los pequeños flóculos que encuentra en su camino, con lo que el vertido sobrenadante es de alta transparencia.

**Fase de vaciado del efluente:** Una vez conseguida la separación del efluente depurado y la biomasa, el primero se extrae del sistema, mediante un equipo especial (Decanter), que se encuentra flotando en la superficie del reactor. El diseño permite extraer el vertido sin crear corrientes de arrastre de fangos decantados. El Decanter está diseñado especialmente para que no se produzca salida de licor mezcla durante la fase de reacción. Este equipo se puede regular para un nivel preestablecido mínimo en el reactor.

**Fase de purga de fangos:** El fango concentrado en el fondo del reactor se puede purgar de forma que se controle la concentración de microorganismos que permanecen en el reactor. De esta forma se tiene un control completo sobre la edad de fango.

Para la eliminación de nitrógeno, según la concentración de entrada y el tipo (NTK, Nitratos,...) se disponen de varias estrategias de funcionamiento de los ciclos, alternando tanto en la fase de llenado, como en la de reacción, fases aerobias para nitrificación (paso de amonio a nitrito y de este a nitrato) y anóxicas para desnitrificar (paso de nitrato a nitrógeno gas). La eliminación de fósforo se realiza fácilmente en los sistemas SBR, sin necesidad de tratamiento químico ni filtraciones terciarias, incluyendo una fase anaerobia durante el llenado seguida de una fase de reacción aerobia. En un sistema clásico, para la eliminación de nutrientes serían necesarios varios reactores, frente a uno solo en el sistema SBR.

El equipo para realizar la operación de agitación/aireación consiste en un dispositivo de impulsión sumergido, provisto de una tubería de distribución de líquido, de la que de forma periódica salen unos eyectores, diseñados para que produzcan un efecto venturi, que consigue aspirar el aire introducido a través de otra tubería paralela. Este efecto de mezcla de líquido-aire, se potencia a partir de ciertas alturas de reacción,

con un grupo soplante. El sistema provoca una agitación y aireación desde el fondo del reactor. Si interesa producir sólo agitación (efecto anóxico), se corta el flujo de aire, con lo que se produce un chorro de licor mezcla, sin aire. El sistema de aireación puede ser en línea o circular, está compuesto por una serie de boquillas eyectoras montadas a uno o ambos lados de la tubería de distribución, con lo que se logra que la burbuja de aire suba en espiral, estando más tiempo en contacto con el licor mezcla y por tanto transfiriendo más oxígeno.

#### **5.6.3.1 Oxigenación y agitación: Baterías de eyectores**

Una batería de eyectores es un sistema de aireación/agitación que se basa en los principios de la aireación por mezcla en venturi. Tiene una gran eficiencia con bajos costes energéticos y pocos problemas de operación y mantenimiento.



La batería de eyectores realiza una mezcla de aire con el licor mezcla u otro líquido donde esté inmerso, proyectándolo en diversos chorros. Por una tubería recirculamos el licor mezcla, mediante una bomba de externa, impulsándolo a través de una serie de boquillas, donde se produce, mediante efecto venturi, la mezcla con el aire a presión que viene impulsado a través de otra tubería. El aire mezclado es propulsado en forma de finas burbujas hacia el fondo del tanque, donde al chocar se rompe en burbujas aún más finas. La distribución radial de las boquillas de los eyectores, permite crear un flujo helicoidal, lo que aumenta la transferencia de oxígeno, al estar la burbuja más tiempo transfiriendo oxígeno al licor mezcla. Como las tuberías de aire y líquido son independientes, en caso necesario (por ejemplo desnitrificación), parando la fuente de alimentación se puede agitar sin introducir oxígeno.

**Funcionamiento:** Cada batería de eyectores se fabrica de forma totalmente compacta, integrando las tuberías de aire, la de líquido y las boquillas de impulsión. Para conseguir el efecto de flujo helicoidal comentado anteriormente y conseguir una mayor agitación con menor gasto energético, las boquillas eyectoras se encuentran montadas en caras opuestas en cada una de las dos mitades de la batería. El diseño de las baterías consigue una distribución uniforme de la salida del chorro de líquido-aire. El líquido recirculado y el aire a baja presión se combinan en las boquillas y la mezcla resultante, en forma de finas burbujas, se descarga como un potente chorro en la zona inferior del tanque, consiguiendo ausencia de decantación.

Las baterías se fabrican en secciones de unos ocho metros de longitud. Las conexiones así como el colector de líquido, se diseñan y fabrican con transiciones suaves, de forma que se minimizan las pérdidas de carga. Tanto los colectores como los impulsores se fabrican en acero inoxidable AISI 304, con una alta resistencia a la corrosión. Las boquillas eyectoras tienen una circunferencia interior que va decreciendo, de tal forma que la velocidad del líquido impulsado va aumentando desde la cámara de mezcla primaria. Las uniones de cada una de las boquillas eyectoras se hacen de forma individual, todos los diámetros de las salidas y conexiones del venturi interno son siempre mayores a cinco centímetros, lo cual asegura la ausencia de

obstrucciones. Todas las uniones se realizan de forma suave y sin elementos protuberantes lo que impide el atascamiento de elementos extraños.

**Aplicaciones:** Estos sistemas se emplean para los procesos en los que sea necesario aireación/agitación, como por ejemplo en balsas de homogeneización y tanques biológicos (zonas anóxicas).

**Ventajas/Limitaciones:** Las principales ventajas que se consiguen con estos equipos son:

- **Separación de la agitación y de la aireación:** La bomba de recirculación está diseñada para mantener los sólidos en suspensión, mientras que la soplante puede regular su caudal para satisfacer las necesidades de oxígeno del tratamiento biológico, digestión de fangos u homogeneización del agua residual. De esta forma se puede agitar y/o airear con el mismo sistema, sin necesidad de colocar agitadores adicionales a los equipos de aireación. Esto no es posible en el resto de equipos como por ejemplo en los agitadores sumergibles ya que por si sólo no agitan apenas y siempre necesitan de agitadores en el mismo tanque. Tampoco es posible en difusores y turbinas, que necesitan de agitadores adicionales, si queremos alternar periodos anóxicos u óxicos.
- **Ahorro energético en aireación:** En aireación de reactores biológicos, un factor alpha de 0,9-1 frente a 0.3-0.4 de otros sistemas proporciona unos ahorros energéticos de un 40-50 %, según la altura utilizada y el tipo de agua residual. Al mismo tiempo el costo de las soplantes es menor, requieren menos espacio, y las tuberías de distribución de aire son de menor diámetro. Esto es aún más destacable en aguas residuales industriales con alta carga.

La aspiración de aire se hace a presión negativa (efecto venturi) en contra de otros sistemas que hay que romper una presión positiva (difusores).

- **Ahorro energético en agitación.** En agitación, como por ejemplo en balsas de homogeneización y en fangos activos (zonas anóxicas), permite conseguir ahorros de un 15-30% frente a agitadores mecánicos. Esto es debido a que la agitación se produce desde el fondo (0,5 m) y no a una distancia de un diámetro de hélice como en agitadores mecánicos.
- **Inferiores costos de mantenimiento:**
  - Los equipos mecánicos, especialmente las turbinas, al estar en una interfase aire-agua, sufren elevada corrosión, así como los aireadores sumergibles, de materiales metálicos, al encontrarse en agua con alto contenido en oxígeno.
  - Los difusores, principalmente los de membrana, deben ser estudiados frente a la agresión de los compuestos químicos presentes en las aguas residuales para garantizar su compatibilidad. Las grasas suelen deteriorarlos de forma importante.
  - Ausencia de atascamiento: Fundamentalmente frente a difusores cerámicos o de membrana. Estos difusores desarrollan "fouling" o proliferación biológica así como incrustaciones y precipitaciones de carbonatos que los atascan, necesiéndose continuas operaciones de limpieza.
  - Ausencia de roturas por vibración, como en el caso de la red de tuberías de los difusores, normalmente de pequeños diámetros y de fácil fractura.
  - Ausencia de partes móviles dentro del tanque, como ejes, cojinetes,

cierres, engranajes, que están sujetos a importantes desgastes y problemas de fatiga de materiales y por tanto a elevados costos de mantenimiento. En los eyectores sólo necesitan de supervisión las bombas normalmente externas a las balsas y soplantes, ambos equipos convencionales y de sencillo y escaso mantenimiento.

- Larga vida. Los difusores de membrana hay que reponerlos cada 5 años, así como las tuberías y los aireadores sumergibles. La batería de eyectores tienen una vida de más de 20 años.
- No son necesarias grúas o polipastos para la extracción de los equipos (aireadores y agitadores sumergibles y verticales, turbinas, etc.), ya que se pueden situar externamente a los tanques con total accesibilidad.
- No son necesarias plataformas por encima de las balsas para el acceso a los equipos mecánicos colocados en su interior (aireadores agitadores sumergibles o verticales, turbinas, etc.)
- **Ausencia de atascamientos.** En agitación de balsas de homogeneización, suele haber graves problemas de atascamientos en difusores tanto cerámicos como de membrana, principalmente debido a las grasas, sólidos y precipitaciones químicas. La limpieza de los difusores tanto cerámicos (limpieza periódica con reactivos además de calentamiento en hornos a elevadas temperaturas cuando el atascamiento es irreversible) como de membrana (extracción y limpieza manual con productos químicos) genera importantes gastos de mantenimiento

En reactores biológicos se producen en los difusores continuos atascamientos por agregaciones bacterianas. A pesar de que generalmente se habla de que los difusores se fabrican con sistemas antiretorno para que el agua residual no entre en la tubería de aire a través del difusor (válvulas especiales en cada difusor en el caso de cerámicos o la misma membrana en el caso de difusores de membrana) en realidad estos sistemas tienen una fiabilidad nula. El agua residual termina entrando en la tubería por alguno de los difusores que esté defectuoso (solo con que en uno de ellos falle el sistema antiretorno o esté roto) atascando los pequeños poros desde dentro y a favor de la corriente de aire, a menudo irreversiblemente. En estos casos, hasta que se opta por una limpieza, reposición o sustitución, se generan reducciones de aireación en el biológico que termina destruyendo la biomasa y por tanto el funcionamiento de la depuradora.

- **Ahorro de espacio.** Las baterías de eyectores son la solución ideal para tanques en altura (12m y superiores) con lo que se puede conseguir un importante ahorro de espacio frente por ejemplo a turbinas, cuya alturas máximas son de 4,75 m. (rápidas) y 6 m (lentas).
- **Mejora de rendimiento con la altura.** La eficiencia en la transferencia de oxígeno es proporcional a la altura, consiguiéndose un SOTE (*Standard oxygen transfer efficiency*) a 12 m de altura superior al doble que para unos difusores de burbuja fina a 4,5 m. El consumo energético por este concepto (Es decir los kW consumidos por cada kg de oxígeno suministrado) será por tanto un 50% inferior que el más eficiente de los sistemas convencionales (difusor de burbuja fina: SOTE=23-27% a 4,5 m/ Batería de Eyectores: SOTE= 61,2% a 12 m).
- **Drástica disminución de aerosoles, VOCs, espumas y olores.** Al utilizarse caudales de aire de hasta un 75% inferior que en los otros sistemas, el *stripping* de compuestos volátiles se reduce notablemente, así como el impacto ambiental de éstos. Esta situación es extrema en las turbinas, aunque en

difusores puede llegar a ser también importante. Al mismo tiempo, la posibilidad de construcción con poca superficie y en altura permite que la cubierta sea más económica que en los reactores convencionales. Esta cubierta es asimismo más viable al no existir partes móviles dentro del tanque y minimizarse la necesidad de mantenimiento interno de reactor.

- **Ausencia de zonas muertas y decantaciones.** Estas zonas normalmente se producen en el fondo de las balsas donde se airea con difusores y turbinas. La agitación dirigida desde el fondo evita las zonas muertas.
- **Posibilidad de inyección y control de pH, tomar muestras, y dosificación de reactivos en la recirculación.** Al disponerse de una tubería de recirculación en el tanque, externa a este, se cuenta con un lugar idóneo para dosificaciones y controles.
- **Posibilidad de regulación del caudal de aire.** Atendiendo, por ejemplo a un medidor de oxígeno disuelto, es posible regular el caudal de aire a las baterías sin bajar la transferencia de oxígeno (en los difusores el SOTE baja drásticamente al aumentar el caudal).
- **Ideal para procesos óxicos-anóxicos en un solo tanque.** Al poder funcionar con bajo caudal de aire, según la estrategia del punto anterior (al contrario que en los difusores), se consigue entrar en anoxia sin dificultad, y producir una adecuada alternancia óxico-anóxica. La posibilidad de alternar agitación (sólo funciona la bomba de recirculación) con la aireación (simultáneamente sopla y bomba de recirculación) facilita la realización de la nitrificación y desnitrificación en un solo tanque.
- **Superior concentraciones de sólidos en suspensión (fangos).** Mediante las baterías de eyectores es posible agitar y airear incluso fangos con elevadas concentraciones de sólidos en suspensión (fangos).
- **Construcción premontada en taller.** Solo es necesario anclar los soportes y atornillar las distintas baterías (normalmente inferior a 4), con lo que el costo de montaje es muy inferior al de los difusores.

Entre las **limitaciones** mencionar que es aconsejable que los tanques tengan una determinada altura para su óptimo rendimiento (altura de agua entre 4 y 7 m)



Detalle de un inyector



Batería de eyectores

**Separación de la agitación y de la aireación.** La bomba de recirculación debe estar diseñada para mantener los sólidos en suspensión, mientras que la soplante puede regular su caudal para satisfacer las necesidades de oxígeno del tratamiento biológico, digestión de fangos u homogeneización de agua residual. De esta forma se puede agitar y/o airear con el mismo sistema, sin necesidad de colocar agitadores adicionales a los equipos de aireación. Esto no es posible en el resto de equipos como por ejemplo en los agitadores sumergibles ya que por si sólo no agitan apenas y siempre necesitan de agitadores en el mismo tanque. Tampoco es posible en difusores y turbinas, que necesitan de agitadores adicionales, si se quiere alternar periodos anóxicos y óxicos. En las baterías tampoco es necesario un sobredimensionamiento de la soplante, para satisfacer la condición de mantenimiento de sólidos en suspensión

#### **5.6.3.2 La decantación: Decanter flotante**

El decanter flotante es un sistema de evacuación de agua tratada diseñado especialmente para los sistemas de tratamiento biológico secuenciales (S.B.R.), aunque su uso se puede hacer extensivo a otro tipo de aplicaciones.

Se trata de un colector construido en acero inoxidable, con diversas perforaciones, que se encuentra suspendido de un flotador, de modo que la toma de agua se realiza unos 30 cm. de la superficie. Dado que este colector se conecta a la tubería de salida mediante un codo articulado, tenemos un sistema de extracción que varía su posición siguiendo la variación de altura de la lámina de agua.

**Características Constructivas:** El cuerpo se realiza en acero inoxidable AISI 304. El flotador consiste en un relleno de poliuretano de densidad 40/50 kg /m<sup>3</sup>, dentro de un tubo de acero inoxidable AISI 304. A diferencia de otros equipos similares, dispone de una rótula en material plástico especialmente reforzado que le confiere alta resistencia frente a la fatiga. Los cables son de acero inoxidable con enganche para fijar el vertedero en su posición.

**Aplicaciones:** Este sistema de extracción se emplea, fundamentalmente, en sistemas biológicos de depuración tipo SBR, donde es preciso reducir al máximo el tiempo de reposo del ciclo. Así, transcurrido un cierto tiempo tras el comienzo de la decantación, podemos empezar a evacuar agua tratada, sin extraer fango alguno, mientras se sigue produciendo la decantación de los mismos.

### **5.6.3.3 Aplicaciones del SBR**

Este tipo de reactores se emplean en procesos biológicos, especialmente cuando se requiere una inversión baja, cuando el vertido tiene tendencia al crecimiento de bacterias filamentosas o cuando existen limitaciones de terreno, ya que todas las fases del proceso se realizan en un mismo tanque. Pueden emplearse tanto para afluentes discontinuos como continuos.

### **5.6.3.4 Ventajas/Limitaciones**

- Menor espacio requerido. Dada la ausencia de necesidad de decantadores primarios, cámaras anóxicas y anaerobias y decantadores secundarios, se produce un ahorro de espacio y de obra civil.
- Menor inversión. No sólo la inversión en obra civil es menor, también se produce un ahorro en equipos (bombas de recirculación de vertido, agitadores sumergibles, bombas de recirculación de fangos, puentes barredores, valvulería, etc.).
- Proceso totalmente automatizado. Con la implantación de sistemas automáticos, el control del sistema se hace de forma fácil.
- Menor coste de mantenimiento. No sólo por la ausencia de reactivos químicos, sino por la facilidad de manejo de la planta hay menores costos de personal de operación. Además podemos adecuarnos a periodos de baja carga, aireando sólo el tiempo necesario para la depuración, en un sistema en continuo hay que mantener siempre la aireación.
- Posibilidad de reprogramación por variaciones de carga contaminante. En los sistemas clásicos de fangos activados, los volúmenes de las balsas (anóxica, aerobia) y por tanto los tiempos de retención hidráulico, son fijos, en un sistema SBR podemos variar el tiempo de retención hidráulico con la programación de los ciclos, adecuándonos a variaciones de carga. Esto adquiere mayor importancia en la eliminación de nutrientes, al no tener que predefinir los volúmenes de las balsas anóxicas, sino que ajustamos el tiempo de anoxia justo a la desnitrificación necesaria.
- Posibilidad de realizar un control previo del vertido antes de su descarga. En caso de que algún parámetro no fuese adecuado (existen medidores in situ de la mayoría de los parámetros de interés) podríamos actuar sobre el ciclo, aumentando por ejemplo el tiempo de reacción.
- Impedimento de circuitos hidráulicos. El sistema SBR impide los circuitos hidráulicos, con garantía total de que todo el vertido ha sufrido el proceso de depuración, frente a la posibilidad de que en puntas de caudal, o en puntas de cargas, en los reactores en continuo se produzcan vertidos no suficientemente depurados.
- Menor salida de sólidos, ya que la decantación estática en un gran tanque es muchísimo más eficaz que en un sistema continuo, donde se suelen producir escapes de sólidos en momentos de puntas de caudal. El tanque en el que se produce la decantación, que es el mismo de reacción, es generalmente cinco veces más grande que un decantador convencional y además se produce de forma estática, sin un flujo de vertido ascendente que arrastre los flóculos que decantan.
- Selección de bacterias formadoras de flóculos frente a las filamentosas, siendo ésta una de las mejores ventajas de dicho sistema. Debido al llenado rápido se produce un aumento de la carga másica sobre el floculo (relación alimento-microorganismo) que permite a las bacterias floculantes un acumulo del



substrato en el citoplasma, frente a las filamentosas, incapaces de hacerlo. Cuando la carga másica desciende al final del ciclo, las bacterias filamentosas están en inferioridad para competir con las floculantes, que se alimentan de la comida acumulada y el fango posee unas condiciones de decantabilidad inmejorables. En un sistema SBR se simula temporalmente lo que se produce volumétricamente en un selector o en un flujo pistón, que como sabemos no dan los problemas de filamentosas que aparecen en un sistema de mezcla completa. Por ello un SBR proporciona un flóculo de mejor decantación y mayor calidad del efluente que un sistema continuo.

- El sistema SBR permite la modulación y ampliación desde una instalación inicial.
- Posibilidad de cumplir las normativas más exigentes en cuanto la eliminación biológica del nitrógeno y del fósforo. En la misma balsa se pueden conseguir condiciones anaeróbicas, anóxicas y aerobias, combinando los ciclos según la necesidad, lo cual nos permite la eliminación de nutrientes cuando sea necesario. Al eliminar el efecto de mezcla con el vertido entrante que se produce en un sistema en continuo, la calidad del efluente de un sistema SBR es máxima.
- Alta estabilidad del sistema. La alternancia de fases, el alto grado de control de los ciclos y las características de la microbiología hacen este sistema más estable a las variaciones.

Como desventaja, se requiere un nivel mayor de sofisticación (en comparación a los sistemas convencionales) de las unidades de programación temporal y controles, especialmente en sistemas de gran tamaño.



Reactor SBR.

## **5.7 Línea de tratamiento de fangos**

En el tratamiento de aguas residuales, cuyo objetivo principal es eliminar la contaminación antes de su vertido al cauce receptor, se generan una serie de subproductos denominados fangos, donde se concentra la contaminación eliminada, y cuyo tratamiento y evacuación puede ser problemática.

Las dos fuentes principales de producción de fangos son el tratamiento primario y secundario. Los sólidos sedimentados retirados del fondo de los decantadores primarios y secundarios son, en realidad, una mezcla acuosa de color y olor característicos llamada fango fresco.

Los fangos producidos en el tratamiento primario y secundario de la línea de agua de una EDAR presentan las siguientes características:

- Tienen una gran cantidad de agua (95-99%), por lo que ocupan un volumen importante y son de difícil manipulación.

- Tienen gran cantidad de materia orgánica, por lo que entran fácilmente en descomposición (putrefacción), produciendo malos olores.
- Poseen una gran cantidad de organismos patógenos, causantes de enfermedades.

Todo ello hace que deban tratarse con sumo cuidado y en su tratamiento deben darse tres fases, encaminadas a reducir al máximo los problemas anteriormente citados:

- Reducción del agua presente en los fangos para evitar el manejo de grandes volúmenes.
- Estabilización de la materia orgánica para evitar problemas de fermentación y putrefacción.
- Conseguir una textura adecuada para que resulten manejables y transportables.

Todo esto se realiza en la llamada **línea de fango**.

La cantidad y calidad de los lodos generados en la EDAR dependen, fundamentalmente, de:

- De las características del agua residual tratada, fundamentalmente DQO
- Del proceso de tratamiento empleado.

El origen y principales características de los fangos son:

**a) Fangos primarios:**

Se originan en la decantación primaria. Estos fangos no han sufrido un tratamiento biológico, no se han descompuesto, por lo que son altamente inestables y putrescibles. Al cabo de cierto tiempo producen mal olor.

Se considera en ellos un contenido de Sólidos en Suspensión (SS) de 90 gr/hab/d, de los cuales un 60% es decir, 54 gr/hab/d se consideran sedimentables.

Liberan fácilmente su agua de constitución y se espesan bien. Su contenido en humedad varía entre el 95-99%.

**b) Fangos biológicos:**

Se denominan comúnmente fangos en exceso y proceden del proceso de fangos activados.

Su materia orgánica está parcialmente descompuesta. Color marrón oscuro.

Tienen un olor a tierra húmeda no desagradable, pero en su descomposición posterior se hacen sépticos y producen olores desagradables.

Su contenido en humedad varía entre el 98-99,5% y son difíciles de concentrar.

Pueden espesarse directamente o enviarse a la decantación primaria, donde decantan conjuntamente con los fangos primarios, dando lugar a los Fangos Mixtos.

**c) Fangos digeridos aeróbicamente:**

Son fangos de color marrón oscuro. Tienen apariencia floculenta. Olor poco desagradable.

**d) Fangos de precipitación química:**

Su velocidad de descomposición es algo menor que la de los primarios. Color oscuro, algo rojizo si contienen mucho hierro por empleo de Fe Cl<sub>3</sub> como coagulante.

El olor puede ser desagradable, aunque no tanto como el de los fangos primarios

Ciñéndose a lo que se refiere exclusivamente al tratamiento de los lodos, es decir los residuos del tratamiento de las aguas residuales, los procesos más usuales aplicados para su disminución y eliminación, son los siguientes:

### **5.7.1 Espesado de fangos:**

Antes de proceder a la eliminación o estabilización de los lodos es conveniente, cuando no necesario, proceder a su espesado, del que resultan las siguientes ventajas

- Reducción del volumen, con el consiguiente ahorro en medios técnicos.
- Homogeneización de los lodos procedentes de varios decantadores.

Los fangos producidos en el tratamiento del agua poseen más del 95% de agua, por lo que ocupan volúmenes importantes, siendo por su naturaleza putrescibles. Ello hace necesario un tratamiento para modificar sus características y permitir unas condiciones tales que su evacuación y disposición final sean óptimas desde el punto de vista sanitario, medioambiental y de su manejo.

La etapa de espesamiento incluye, para reducir el volumen de los fangos mediante concentración o eliminación parcial de agua, los fangos activados que normalmente se bombean desde los tanques de decantación secundaria con un contenido de sólidos del 0.8% pueden espesarse hasta un contenido del 4% de sólidos, consiguiéndose de esta manera una reducción del volumen del fango a una quinta parte del volumen inicial. Con ello se obtienen una serie de ventajas:

- Reducción del volumen de los tanques posteriores al espesamiento, así como su equipamiento.
- Reducción de la cantidad de calor requerida para el calentamiento de los fangos en procesos tales como digestión anaerobia, secado térmico e incineración.
- Reducción y mejora de los rendimientos de los equipos de deshidratación.

Dos son los tipos más frecuentes de espesamientos:

- Espesamiento por gravedad
- Espesamiento por flotación

Además, existe el espesamiento por centrifugación, alternativa válida para cualquier tipo de fango, aunque está más indicada para concentrar fangos muy hidrófilos (que difícilmente liberan el agua que contienen), de difícil compactación.

El tipo de espesamiento a aplicar y su compactación dentro de la línea de fango, depende de la procedencia del fango a espesar y del tipo de tratamiento a efectuar:

a) El espesamiento por gravedad se utiliza para los fangos primarios y los mixtos, así como para los procedentes de una precipitación química, localizándose antes del proceso de la digestión anaerobia. En el caso de que la línea de tratamiento de los fangos incluya una estabilización aerobia de los mismos, el espesador se sitúa, generalmente, posterior a la misma ya que este proceso requiere para su buen funcionamiento concentraciones no muy elevadas, no superiores al 2-2,5%. Su diseño es generalmente circular.

b) La flotación puede estar indicada para concentrar los fangos biológicos procedentes del decantador secundario, también llamados fangos en exceso.

Los fangos en exceso se espesan mediante el sistema de flotación debido al bajo peso específico de los flóculos, y su débil capacidad para sedimentar y compactarse.

Hay cuatro variantes básicas de la operación de espesado: flotación por aire disuelto, flotación al vacío, flotación por dispersión de aire y flotación biológica.

Sin embargo, sólo la flotación por aire disuelto tiene utilización generalizada para el espesamiento de fangos.

Dado que este sistema se propone su utilización para el tratamiento primario, no se considera seleccionable.

c) La centrifugación tiene una aplicación limitada como sistema de espesado en una depuradora. Debe ser considerada como un tratamiento posterior para adecuado manejo de los lodos.

### **5.7.2 Digestión de los fangos**

La digestión aerobia de los sólidos se produce, sea o no intencionadamente en cualquiera de los casos de tratamiento secundario convencional. En el proceso de aireación prolongada, la digestión aerobia se continúa casi hasta el máximo límite obtenible de reducción de materia orgánica (volátil).

La aireación prolongada es un proceso biológico en el que se digieren por vía aerobia, es decir, en presencia de oxígeno. El fango en exceso producido se conduce, bien sólo o bien mezclado con los fangos primarios, al proceso de estabilización. El fango biológico tiene una gran cantidad de materia orgánica en forma de células y microorganismos que han estado oxidando la materia orgánica en el tratamiento secundario y que después de éste se encuentra en pequeña proporción. En la estabilización lo que se pretende es continuar la oxidación de la materia orgánica que, en este caso, es celular.

Dentro del metabolismo de los microorganismos podemos distinguir dos fases:

- La fase de **asimilación o síntesis**.
- La fase de **desasimilación o respiración endógena**.

Durante la primera fase los organismos consumen el alimento disponible creando nueva materia celular activa. Es la fase de crecimiento celular. Pero los organismos también necesitan respirar, moverse, y ejercer sus funciones vitales, para lo cual consumen reservas y, por tanto, parte de su propia biomasa. Esto constituye la segunda fase de su metabolismo, en la cual decrece su materia activa.

En el tratamiento secundario se desarrolla principalmente la primera fase y cuando los fangos (que son básicamente células) llegan a la estabilización aerobia se desarrolla fundamentalmente la fase de respiración endógena, para completar así la oxidación total de la materia orgánica que entró en la planta.

#### **5.7.2.1 Ventajas e inconvenientes de la digestión aerobia**

La estabilización aerobia se utiliza en procesos biológicos que no tienen tratamiento primario, como es el caso de la aireación prolongada a baja carga. En estos casos, la baja carga y los altos períodos de retención hacen que los fangos biológicos ya estén en parte estabilizados y, por tanto, las necesidades de oxígeno (O<sub>2</sub>) son menores, reduciéndose los costes de explotación. Además, en baja carga la producción de fangos es menor.

También se utiliza para fangos mixtos, pero en este caso se necesita un aporte de O<sub>2</sub> hasta 9 veces mayor que cuando se emplea sólo fango biológico. Esto hace que muchos países no utilicen la estabilización aerobia cuando existen fangos primarios. En cualquier caso, dado el alto coste económico, en España sólo se utiliza en poblaciones de 40-50.000 habitantes, aunque en otros países este límite es aún más bajo (hasta 10.000 habitantes en Inglaterra).

A continuación se resumen, las características de la digestión aerobia de fangos.

- Altos costes de funcionamiento.
- Produce un fango con alto contenido en agua, más difícil de secar posteriormente.
- Alta producción de fangos estabilizados.
- Tiene límite de carga que se puede tratar.
- Bajos costes de inversión en equipos.
- Produce sobrenadantes que suelen ser fáciles de tratar cuando se recirculan en la instalación.
- Reducción de materia orgánica en similares proporciones, pero con menores tiempos de retención.
- Produce pocos olores.
- Las tareas de control y limpieza presentan baja peligrosidad.

#### **5.7.2.2 Descripción del proceso**

Los tanques de digestión aerobia pueden ser circulares o rectangulares, de 5 a 6 metros de profundidad, sin cubierta o con cubierta (en el caso de climas fríos, para ayudar al mantenimiento de la temperatura). Los tanques van provistos de equipos de aireación de tipo turbina o difusores, para mantener las condiciones aerobias. Cada tanque tiene una turbina de alimentación de fangos a media profundidad y tras un tiempo de retención de aproximadamente 20 días, el fango estabilizado se conduce mediante otra tubería a un espesador. Los fangos espesados pueden o no ser recirculados, siendo lo primero lo más habitual. Esto permite aumentar los rendimientos. El sobrenadante es conducido a cabecera de planta.

- Digestión aerobia.- Por digestión o estabilización de los fangos de entienda la eliminación en presencia del aire de la parte fermentable de los lodos.
- Digestión anaerobia.- Es un proceso que tiene lugar en ausencia de aire, el oxígeno necesario se obtiene de la sustancia tratada, por el cual se los carbohidratos, proteínas y los aminoácidos y grasas se descomponen en metano y CO<sub>2</sub>.

#### **5.7.3 Deshidratación de fangos:**

Después que el fango ha pasado por el proceso de digestión, debe secarse y evacuarse.

El problema que se plantea es el de eliminar los fangos digeridos de la manera más práctica y menos costosa posible, aumentando el porcentaje de materia seca lo más posible para reducir su volumen al máximo. Con los métodos que se emplean se consiguen fangos deshidratados con un 20-40% en peso de materia seca.

El sistema de deshidratación empleado dependerá de las características de la E.D.A.R., del tipo de fango y del destino final de los mismos.

Hoy en día no se utilizan eras de secado por las necesidades de espacio que requieren, utilizándose sistemas mecánicos de secado o bien secado directo o indirecto.

Consiste en la eliminación del mayor porcentaje de agua de los lodos tratados, mediante alguno de los siguientes medios de secado mecánico:

- Filtración al vacío

- Centrifugación
- Filtro banda
- Filtro prensa

En general, en el caso de la deshidratación mecánica, los fangos deben ser previamente acondicionados, bien química bien térmicamente. De entre todos los citados solo se considera la centrifugación.

#### **5.7.3.1 Acondicionamiento de los fangos.**

El acondicionamiento se realiza para facilitar la pérdida de agua de los fangos durante el secado mecánico, haciéndolo más rápido, eficaz, y rentable económicamente. Consiste, básicamente, en romper la estabilidad de las partículas que están en el fango, aumentando su tamaño artificialmente.

Un acondicionamiento adecuado del fango es la base para un correcto funcionamiento del sistema de deshidratación.

##### **5.7.3.1.1 Acondicionamiento químico**

Los reactivos que se emplean pueden ser de origen mineral u orgánico. Normalmente, los reactivos minerales se adaptan mejor a una deshidratación por filtros de vacío y filtros prensa, y los reactivos orgánicos a la centrífuga y filtro banda.

La cal (CaO) y el cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>) son los reactivos minerales más empleados y conducen a la formación de un flóculo (aglomerado) relativamente fino y estable. También se suelen emplear sales ferrosas y varias sales de aluminio. Cuando se emplea cal y cloruro férrico, los porcentajes son, normalmente, del 30% y del 3-12%, respectivamente, con relación con las materias secas del fango.

Para conseguir una buena floculación (aglomeración) del fango, es necesario garantizar unos tiempos de maduración de 15-30 minutos.

Los polielectrolitos orgánicos pueden ser aniónicos o catiónicos. Los primeros son eficaces para el acondicionamiento de fangos fuertemente minerales (materia volátil/materia seca = 30-35%). Los segundos, para los fangos con elevado contenido de materia orgánica (materia volátil/materia seca = 50-75%) y para los mediamente mineralizados (materia volátil/materia seca = 35-45%).

Los polielectrolitos se suministran en forma de polvo o líquido muy viscoso (15-30% de producto activo). Para asegurar un buena mezcla con el fango conviene inyectarlo en forma de solución acuosa muy diluida (0,05-0,1%). Lo que se hace es preparar disoluciones madres al 0,3-1% de producto, que se diluyen instantáneamente y de forma continua antes de su inyección den el fango. Esta inyección es realizada en la tubería de llegada del fango al sistema de deshidratación.

Para los productos en polvo, caso más frecuente, la preparación de la solución madre comprende, en primer lugar, una fase de mojado o dispersión del producto. Esta dispersión debe hacerse con sumo cuidado para evitar la formación de grumos que tarden mucho tiempo en disolverse. Una vez preparada la solución madre, debe dejarse madurar durante una o dos horas.

##### **5.7.3.2 Centrífugas.**

Consiste esencialmente en un tambor cilíndrico-cónico que gira sobre un eje horizontal a gran velocidad. El fango a deshidratar se introduce en la cuba a través de la conexión de entrada por medio de la alimentación. En el interior del tambor, debido a la fuerza centrífuga producida por el giro de éste, la parte más pesada de la mezcla se

deposita en el interior, donde es arrastrada a la salida de los sólidos por un tornillo helicoidal que gira a distinta velocidad que el tambor.

La parte cilíndrica del tambor está destinada a la sedimentación de las partículas sólidas, mientras que la parte cónica produce un escurrido progresivo de las mismas, hasta llegar a la salida exenta de líquido libre. El agua, al tener un peso específico distinto al de los sólidos, ocupa dentro del tambor una zona distinta, formando un anillo interior al formado por los sólidos.

El líquido que sale de la centrífuga así como las aguas de limpieza de estos equipos se devuelve a cabecera de la línea de aguas, y la torta de fango pasa a un sinfín transportador que evacua a un contenedor en espera de su recogida según destino final del lodo espesado.

El recorrido de las fases sólidas y líquida entre el tambor y el cuerpo de tornillo se realiza en contra-corriente (la parte cilíndrica, el sólido y el líquido circulan en sentido en la parte cilíndrica).

Una gran parte de arenas en el fango aumenta la velocidad de desgaste de la centrífuga.

El caudal de alimentación, la profundidad del depósito del fango, la velocidad de giro de la centrífuga y otros factores determinan el estado de la torta descargada y la calidad del líquido centrifugado.

## **6 DEPÓSITOS**

Se presentan las opciones constructivas de los depósitos según material a emplear:

- a) Depósitos en hormigón, con dos opciones:
  - i. Ejecutados "*in situ*"
  - ii. De tipo prefabricado en taller y montado en obra.
- b) Depósitos metálicos de acero galvanizado o acero inoxidable AISI 304
- c) Depósitos de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)

De los ejecutados "*in situ*" solo se requiere su cálculo y definición constructiva mientras que para los de tipo prefabricado se aporta sus características y análisis de coste comparativo.

### **6.1 Depósitos de hormigón prefabricado**

#### **6.1.1 Descripción**

El sistema es un sencillo concepto de construcción de depósitos con paneles prefabricados de hormigón. Los paneles contienen armadura vertical pretensada, además de las armaduras pasivas en horizontal y en vertical, de todo ello resulta que, tanto el hormigón como las juntas y por tanto los depósitos, están tensados tanto vertical como perimetralmente, lo que permite llegar hasta 14 m de altura y volúmenes desde 60 a 30.000 m<sup>3</sup>, garantizando la total ausencia de fugas. Estas mejoras hacen que los depósitos estén muy bien provistos para resistir diferentes casos y combinaciones de cargas y permita garantizar su total impermeabilidad

#### **6.1.2 Características Constructivas:**

Los paneles normales están fabricados en un molde continuo, en cuyos extremos hay unos terminales que posibilitan el anclaje de los cables pretensados del armado vertical de los paneles. Los laterales del molde, abatibles y continuos, son de aluminio extrusionado de forma especial que permite el acoplamiento entre paneles y ajustables

en el ángulo correspondiente al ángulo entre paneles. Durante la fabricación se incorporan, en el interior de los paneles, tubos de plástico, por donde pasan los cables de tensado horizontal perimetral, en su extremo unos conos para facilitar el enfilamiento de los mismos y en la base de las nervaduras verticales unos tornillos para afinar la nivelación.

- Hormigón de los paneles: Clase de resistencia HP-40. Cemento: Pórtland II 42,5 R (Resistencia a sulfatos y baja alcalinidad según demanda). Relación Agua/Cemento:  $\leq 0,40$  cumpliendo con los requerimientos de EHE 2008
- Mortero para juntas: Resistencia: 40 MPa Cemento: Cemento Pórtland II / A-L 42.5 R, certificado SP 10 13 14 Relación Agua/Cemento: 0,45 cumpliendo con los requerimientos de EHE 2008
- Tendones horizontales de pretensado: Monotendones de 7 cables engrasados dentro de una cubierta de plástico. El acero debe cumplir los requerimientos de EHE 2008, UNE 36094:97 y UNE 7321:88 (Normativa Europea: prEN 10138-3)
- Tendones de pretensado vertical en los paneles: Monotendones de 7 cables debiendo cumplir los requerimientos de EHE 2008, UNE 36094:97 y UNE 7321:88 (Normativa Europea: prEN 10138-3).
- Armaduras pasivas: Las propiedades del acero deben cumplir lo dispuesto en EHE 2008, UNE 36094:97 y UNE 362740:88 (Normativa Europea EN 10080).

### **6.1.3 Construcción:**

Los paneles se montan sobre una losa de fondo construida "*in situ*", el perímetro de la losa es poligonal con un eslabón interior correspondiendo el lado del polígono del eslabón interior a la medida interior del panel. En los vértices del polígono se colocan sobre mortero, planchas de acero donde se apoyan las nervaduras verticales de los paneles, a través de los tornillos de nivelación, para evitar desniveles entre paneles y posibles atascos de los cables. Se aplican dos cordones de masa de sellado a lo largo de la arista interior y exterior de uno de los lados de la junta vertical, para impedir fugas del hormigón líquido inyectado en el interior de las juntas.

*Colocación y primer tensado de los cables.* La colocación de los cables se realiza a través de una máquina rotativa impulsora. La colocación de los cables sigue siempre el mismo sentido debido al cono de plástico para facilitar el enfilamiento. La tolerancia máxima de nivel entre paneles es de 3 mm. Los cables están lubricados dentro de una vaina de plástico. El tensado de los cables se realiza en dos o tres fases, dependiendo de la dimensión del depósito.

*Hormigonado del zuncho perimetral y de unión con la losa de fondo.* Después de la colocación de los cables, se vierte el hormigón para la riostra de unión con la losa de fondo, entre el encofrado empleado en la construcción de la misma y el eslabón interior, rebosando el hormigón por debajo de los paneles.

*Inyección de las juntas verticales.* El hormigón se inyecta desde la base de cada uno de los paneles mediante un conducto curvo de metal (incorporado durante la fabricación de los paneles) que comunica con la junta vertical. La presión de la bomba se regula a 10 bar, y el hormigón inyectado se distribuye en vertical y en horizontal al estar comunicados las juntas verticales y los orificios horizontales. El sellado superior de la junta vertical se realiza por medio de una plancha de acero que tiene una válvula que permite la salida del aire pero se sella cuando rebosa el hormigón. El hormigón de inyección es de una mezcla especial para obtener una mayor maleabilidad, de fácil fluidez sin disgregación para conseguir una resistencia final HA-40.



*Tensado final.* Cuando el hormigón inyectado en la junta alcanza la resistencia pretendida, se ejecuta el tensado final de acuerdo con los valores de la tabla de resultados de tensado. Después del tensado final una funda de protección llena de masa lubricante se coloca en las cabezas de los anclajes y se sella con mortero.

#### **6.1.4 Aplicaciones**

En tratamientos de aguas residuales, estos tanques o depósitos pueden usarse en los siguientes casos: Homogeneización, Reactores biológicos, Sedimentación, Decantadores y Espesadores.

#### **6.1.5 Ventajas/Limitaciones**

Entre sus principales características destacan su gran resistencia a la corrosión, ausencia total de fugas, resisten diferentes casos y combinaciones de cargas, amplia capacidad.

Como limitación resaltar que están limitados en altura hasta 7 m.



Depósito de hormigón prefabricado



Depósito de hormigón prefabricado



Depósito de hormigón prefabricado en construcción

### **6.1.6 Análisis de costes**

A partir de los precios ofertados para distintas capacidades, diámetro y altura, se ha modelizado una función coste-capacidad con la finalidad de disponer de la valoración de cualquier depósito y en concreto de las dimensiones que se precisaran según diseño.

En anejo 11 se aporta el cálculo de esta función de coste.

## **6.2 Depósitos de acero inoxidable**

### **6.2.1 Descripción**

Los aceros inoxidables son aleaciones a base de hierro, cromo, carbono y otros elementos, principalmente, el níquel, el molibdeno, el manganeso, el silicio, el titanio, etc., que les confieren una resistencia particular a algunos tipos de corrosión.

La norma EN 10088 define a los aceros inoxidables como aquellas aleaciones férricas que contienen cromo en una proporción mínima del 10,5%.

ITC utiliza normalmente los aceros inoxidables austeníticos.

Los aceros inoxidables austeníticos tienen una estructura cristalina cúbica de cara centrada. Además de cromo en cantidad superior al 16%, contienen más de un 6% de níquel, elemento que favorece la cristalización austenítica.

Estos aceros inoxidables presentan una resistencia óptima a la corrosión, por lo que se adaptan perfectamente al tratamiento de aguas.

Se utiliza normalmente las calidades 1.4301 (AISI 304) que se usan a gran escala en todos los campos y 1.4404 (AISI 306) para el caso especial de ataque por cloruros.

### **6.2.2 Materiales de formación del cuerpo del depósito**

El formato estándar de todas las chapas que se utilizan es de 2.500 mm x 1.250 mm, el espesor varía en función de las dimensiones del depósito y cálculos, pudiendo estar comprendido entre 2 y 12 mm.

Todas las chapas son mecanizadas en talleres consiguiendo el formato final deseado y siempre con maquinaria de estampación en frío.

Las chapas llevan una fila de taladros en cada extremo horizontal y dos filas de taladros en cada extremo vertical.

Los taladros son de Ø 13 mm preparados para tornillos M-12.

### **6.2.3 Construcción.**

Generalmente son de construcción aérea.

Requerimientos del terreno: Para toda construcción el terreno debe tener una resistencia mínima de 1,5 Kg./cm<sup>2</sup>



Esta se efectúa en dos fases que crean una unidad de carga muerta, lo que permite el equilibrio del conjunto (cuerpo del depósito + base de hormigón) frente a la acción del viento cuando el tanque está vacío y asume las tensiones cuando está en plena carga.

1ª Fase: Soporte: Corrige cualquier fallo en la unidad del terreno y garantiza la uniformidad y resistencia de la base.

2ª Fase: Sellado: Se ejecuta una vez completado el montaje del depósito. Consiste en una capa de hormigón armado e hidrófugo de 350 kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón. El espesor será de 150 mm en el interior y de 250 mm en el escalón perimetral exterior.

### **6.2.4 Análisis de costes**

A partir de los precios ofertados para distintas capacidades, diámetro y altura, se ha modelizado una función coste-capacidad con la finalidad de disponer de la valoración de cualquier depósito y en concreto de las dimensiones que se precisaran según diseño.

En anejo11 se aporta el cálculo de esta función de coste para este tipo de depósitos.

## **6.3 Depósitos de PRFV**

### **6.3.1 Descripción.**

Los depósitos fabricados en PRFV siguen las normas UNE-EN 976, UNE 5396 y UNE 53990, lo que les confiere total estabilidad ante la corrosión, un verdadero problema en los tanques de aireación de materiales clásicos (hormigón, acero inoxidable).

Equipos fabricados en PRFV, garantizan una mayor duración, buen grado de aislamiento térmico, con ausencia total de corrosiones, inmunes a corrientes parásitas, y perfectamente estancas. La flexibilidad del diseño modular, permite una instalación a medida de cada necesidad.

El sistema de fabricación utiliza principalmente un sistema de moldeo por enrollamiento y proyección simultánea, que permite una homogeneidad total en las características químicas y mecánicas.

Siguiendo las indicaciones de las UNE citadas, el estratificado posee una barrera interior de gel-coat enriquecido como protección química. La pared estructural del equipo, está compuesta por hilo de roving unidireccional y aporte de hilos cortados entre el roving, de forma que soporta las distintas acciones mecánicas sin que las barreras químicas sufran ningún tipo de deterioro o daño. Como medida de protección

extra, el depósito está terminado con una capa similar en características a la barrera interior.

### **6.3.2 Aplicación.**

Alta resistencia química ante los agentes corrosivos. En este sentido se convierte en un elemento de construcción ideal para los depósitos con agentes corrosivos para el tratamiento químico de aguas en plantas de depuración, debido a la fuerte capacidad corrosiva de los reactivos (FeCl<sub>3</sub>, OHNa; polielectrolitos)

En consecuencia se preseleccionan este tipo de depósitos para almacenamiento de reactivos y sus disoluciones para el tratamiento químico del agua residual (primario), eliminación de P, y deshidratación de fangos.

## **6.4 Medición de caudales**

Un sistema completo de medición de caudal consta de dos elementos:

- Sensor o detector: están afectados por el flujo
- Dispositivo convertidor: traduce la señal o lectura, desde el sensor hasta el elemento en el que se registran las mediciones.

Tipos de aparatos de medición de caudales y su aplicación:

- Flujo en lámina libre: para canales abiertos o en conducciones parcialmente llenas, la determinación del caudal se lleva a cabo midiendo la pérdida de carga generada por la introducción de una obstrucción en la conducción, tal como un estrangulamiento o una placa vertedero, o por medida de la sección mojada y de la velocidad de flujo asociada. El más utilizado es el aforador Parshall.
- Conducciones en carga: existen tres tipos de cargas para realizar esta medición
  - Introducción de una obstrucción para crear una pérdida de carga o diferencial de presión.
  - Medición de los efectos que provoca el fluido en movimiento
  - Medida de unidades incrementales de volumen de fluido

Criterios de selección de los aparatos de medición: los principales factores que hay que tener en cuenta en la elección de aparato de medición de caudales son:

- Tipo de aplicación
- Dimensionamiento correcto
- Composición del fluido
- Precisión
- Perdidas de carga

En consecuencia, si el vertido final del efluente tratado se realiza por gravedad, el equipo a seleccionar será el canal Parshall con sensor para medición del flujo.

Por el contrario si el vertido se realiza encarga la medición se efectuará mediante caudalímetro.

## **7 CONCLUSIONES**

A efectos de los cálculos de diseño posteriores se preseleccionan las siguientes tecnologías:

### **7.1 Para el pretratamiento del agua bruta:**

- Tamiz sinfín
- Desengrase por sistema de separación por flotación (CAF)
- Depósito de homogenización aireado y agitado mediante batería de eyectores.
- Materiales a utilizar en la construcción de los depósitos:
  - Hormigón in situ para canal de tamizado y pozo de bombeo
  - Para la cámara de desengrase y depósito homogenización se atenderá, como para el conjunto de depósitos a realizar, la justificación económica.

### **7.2 Para el tratamiento primario:**

- Línea físico-química con dos opciones a valorar económicamente:
  - Flotación sin reactivos
  - Flotación con reactivos
  - Reactivos a emplear: Cloruro férrico o sulfato de alúmina.

### **7.3 Para el tratamiento secundario (línea biológica):**

- Proceso de fangos activos
- Con eliminación de N y P
- Línea de tratamiento de agua con dos opciones de diseño:
  - Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo.
  - Reactor biológico secuencial (SBR)
- Agitación y oxigenación: Batería de eyectores mediante bomba y soplantes.
- Decantación según tipo de reactor biológico adoptado.

### **7.4 Línea de tratamiento de lodos:**

- Espesamiento por gravedad.
- Opción de digestión de fangos.
- Deshidratación mediante centrífuga y adición de polielectrolitos.

### **7.5 Construcción de depósitos:**

- De hormigón
  - In situ
  - Prefabricados
- Opción de metálicos (inox AISI304)
- De poliéster reforzado para almacenamiento y procesado de reactivos.

### **7.6 Medición de caudales:**

- Aforador Parshall para vertido final
- Caudalímetro para mediciones en carga.

## APENDICE 1 DEL ANEJO 3

---

### Diferencias entre flotación y decantación

---

#### 1 OBJETO

En este apéndice se pretende analizar el funcionamiento básico de los flotadores y decantadores con el mismo objetivo para ambos equipos, es decir entender la mecánica que utiliza cada sistema en la reducción de los sólidos en suspensión contenidos en el agua y poder alcanzar un criterio de elección dependiendo de las necesidades en la industria.

#### 2 TRATAMIENTO PRIMARIO O FÍSICO - QUÍMICO

Uno de los pasos más importantes en los procesos convencionales de depuración de Aguas Residuales (AR) es la eliminación de sólidos en suspensión (SS) y partículas coloidales que se mantienen de forma estable en el agua. Esto se consigue en los tratamientos primarios.

Si este proceso se potencia con reactivos se habla de tratamiento físico-químico.

Dentro de estos SS pueden distinguirse:

- Sólidos Sedimentables. Son los que sedimentan al dejar el AR en condiciones de reposo durante una hora.
- Sólidos Flotantes. Son los que flotan de forma natural al dejar el AR en reposo durante una hora.
- Sólidos Coloidales. Son los que tienen un tamaño de 0,001 y 10 micras no se aprecian a simple vista, pero constituyen la causa principal de la turbiedad. Debido a la gran estabilidad en el agua, resulta imposible separarlos por decantación, flotación o filtración. Esta estabilidad se debe a que poseen cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, generalmente negativas, que generan fuerzas de repulsión entre ellas y les impide aglomerarse para sedimentar o flotar.

Como en general parte de los sólidos en suspensión están constituidas por materia orgánica, una consecuencia atribuible al Tratamiento Primario es la reducción de la DBO y de la DQO

El grado de reducción de estos índices de contaminación depende del proceso utilizado y las características del AR.

Aunque Existen múltiples procesos que se pueden considerar dentro del tratamiento primario los principales se pueden clasificar según:

- Separación Sólido Líquido.
- **Sedimentación, también llamada decantación Primaria.**
- **Flotación.**
- Proceso mixto, Decantación – Flotación

Se describe a continuación la decantación y la flotación que se quiere comparar

#### 2.1 Decantación

El objetivo de la decantación es la reducción de los SS bajo la exclusiva acción de la gravedad. Por tanto solo se puede pretender la eliminación de los sólidos sedimentables y las materias flotantes.

En la decantación primaria, las partículas tienen ciertas características que producen la floculación durante la sedimentación. Así, al chocar una partícula con otra, ambas se unen formando una nueva partícula de mayor tamaño, aumentando su velocidad de sedimentación.

### **2.1.1 Tipos de Decantadores.**

Existen múltiples de decantadores reales, pero refiriéndonos solo a su tipología física destacan:

- Decantador circular
- Decantador Rectangular o de planta cuadrada.

### **2.1.2 Parámetros de diseño.**

A - Velocidad Ascensional o Carga superficial. Es el caudal del fluido dividido por la superficie del depósito de decantación. Este será el único parámetro de sedimentación de las partículas discretas.

B - Tiempo de retención. Es el volumen del depósito dividido por el caudal.

C - Además de estos parámetros, hay que tener en cuenta las características del agua residual. En la decantación los factores básicos son la concentración de los SS y las características floculantes de los mismos. El rendimiento de reducción, aumenta al aumentar la concentración de los S.S.

### **2.1.3 Fangos Producidos.**

La concentración del fango decantado suele estar entorno al 1% y en las mejores ocasiones del 1,5 %

El fango flotado está formado por grasas y espumas de poca concentración.

### **2.1.4 Explotación**

Dentro de los problemas propios de la explotación, el principal consiste en la temporización de la purga de fangos. Con éste se regula la extracción del fango. Si el **Caudal de purga** es excesivo, la concentración de fangos resultará muy baja, perjudicando al posterior tratamiento de fango. Si el caudal es pequeño, los fangos se van acumulando en el decantador, lo que puede suponer una disminución del rendimiento y la entrada de los fangos en fase de anaerobiosis con la consiguiente posibilidad de malos olores y flotación de fangos decantados. Parecidas consecuencias pueden suponer la adopción de excesivos intervalos de tiempo entre purgas.

### **2.1.5 Aplicabilidad.**

La utilidad de la decantación viene condicionada fundamentalmente por dos factores:

- Conseguir el mayor grado de depuración. Salida de agua clarificada.
- Tipo de tratamiento de fangos adoptado en la depuración. Salida del fango.

## **2.2 Flotación por aire disuelto.**

La flotación por aire disuelto además de eliminar materia sólida y/o líquida de densidad inferior a la del agua, es capaz de eliminar sólidos de densidad superior.

Todo flotador dispone además de una purga de decantados, a través de la cual se eliminan las partículas pesadas.

El proceso de Flotación por Aire Disuelto (FAD) consiste en la creación de microburbujas de aire en el seno del Agua Residual, las cuales se unen a las

partículas a eliminar formando agregados capaces de flotar por tener una densidad inferior a la del agua.

Por tanto, se puede decir que el objetivo de este proceso en el tratamiento primario es doble, reducción de materias flotantes y reducción de SS.

La creación de microburbujas en el proceso se realiza a través de los siguientes pasos.

- Presurización de un flujo de agua.
- Disolución de aire en dicho flujo sobresaturándolo.
- Despresurización a presión atmosférica, con lo que el exceso disuelto por encima del de saturación se libera en forma de microburbujas.

### **2.2.1 Tipos de Flotadores**

Al igual que los Decantadores por su forma pueden ser:

- Flotador circular
- Flotador rectangular.

Por proceso, estos pueden ser:

- FAD T: se sobresatura el caudal total.
- FAD P: se sobresatura parte de del caudal
- FAD R: Se sobresatura agua del efluente, recirculando a la alimentación.

Cada uno de los procesos tiene sus ventajas e inconvenientes.

FAD T- El saturador está ubicado a la entrada del flotador, y es alimentado con el total del A.R. perdiendo parte de eficacia en la saturación del fluido y exigiendo un mantenimiento importante de los equipos.

FAD P – Toma parte del agua sucia presurizándola, por lo que el mantenimiento de los equipos es menos importante ya que el equipo de presurización es de menor tamaño y en consecuencia de menor coste.

FAD R - Utiliza un flujo de agua clarificada, con lo que optimiza el diseño y el mantenimiento del sistema de presurización siendo el coste de mantenimiento mínimo. Por otro lado, al sumar el caudal de alimentación con el de presurización se diluye la concentración a la entrada del flotador, aumenta el caudal de alimentación a tratar y en consecuencia el tamaño del flotador.

### **2.2.2 Parámetros de diseño.**

- Velocidad Ascensional o Carga superficial. Es el caudal del fluido dividido por la superficie del Flotador.
- Tasa de Presurización: Es el porcentaje de flujo presurizado respecto al caudal de agua bruta. A su vez, el caudal presurizado es función de los S.S
- A diferencia del decantador, las características floculantes naturales del AR no es un factor determinante. Ya que la separación de los sólidos suspendidos en el agua bruta depende sobre todo de la tensión superficial de la micro burbuja y de la capacidad ascensional.

### **2.2.3 Fangos Producidos.**

El fango que se sitúa flotando sobre un lecho húmedo se denomina también nata. Sobre esta nata actúa la fuerza del aire liberado del seno del fluido, provocando un efecto de sustentación que ayuda a que el fango escurra parte del agua contenida,



esto sumado a que se encuentra en contacto con el aire da como resultado unas concentraciones del 3 al 12%.

#### **2.2.4 Explotación**

La extracción de lodo se realiza de forma mecánica, de forma que el deslizamiento de la nata en el interior de los recogedores en ocasiones suele ser dificultosa.

Existen varios métodos para retirar el fango flotado.

- En continuo: El recogedor retira sin parar, a una velocidad regulada la nata suspendida sobre la superficie. (3 – 4%)
- Por temporización: Cada cierto tiempo el recogedor barre la superficie del flotador eliminando casi la totalidad del fango que se encuentra en la superficie. (4 – 6%)
- Por nivel de fango: Se consigna un espesor de fango para efectuar el recogido de la nata. (6 – 12%)
- En el flotador no se produce la anaerobiosis y en consecuencia los malos olores

#### **2.2.5 Aplicabilidad.**

- En el caso de incidencia importante de vertidos industriales no tratados (Refinerías, papeleras, pinturas, conservas de carnes, laminación,...)
- Cuando el vertido se realiza al mar puede llegar a cumplir las limitaciones del vertido sin necesidad de tratamiento biológico.
- Dada su gran versatilidad, puede ser muy útil en los casos de grandes variaciones de vertido según temporadas.
- El espesamiento del exceso de fangos activos del tratamiento biológico puede obviarse realizándose en el mismo FAD.

### **3 PRODUCTOS QUÍMICOS.**

El tratamiento físico químico, compuesto por una fase de coagulación, otra de floculación, tiene como objetivo la alteración del estado físico de estas sustancias mediante la adición de productos químicos para convertirlas en partículas capaces de ser separadas por sedimentación o flotación.

Concretamente consiste en adicionar compuestos para neutralizar la carga del coloide y romper su estabilidad. En el primer paso, la coagulación, se desestabilizan los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de partículas de mayor tamaño. Posteriormente, en la floculación, se unen los coágulos para aumentar su volumen.

#### **3.1 Coagulante**

El proceso de coagulación se basa en añadir al agua un electrolito, llamado coagulante, el cual es habitualmente una sal de hierro o aluminio. Su forma de actuación es la liberación de iones positivos capaces de atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga o, mediante la formación de productos de baja solubilidad que precipitan arrastrando los coloides.

La optimización del proceso de coagulación depende de tres factores determinantes; pH, agitación y tipo de coagulante. EL pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Para cada electrolito existe un margen de trabajo, fuera del cual se desaprovecha el producto y disminuye el rendimiento del proceso. Para la corrección de los márgenes de trabajo, es posible la adición de coadyuvantes.

Por otro lado, la agitación de la mezcla permitirá una distribución homogénea de los reactivos antes de que comience a formarse el coágulo.

Teniendo en cuenta que el tiempo de coagulación es muy corto, esta mezcla debe realizarse en el menor tiempo posible mediante la aplicación de agitación mecánica.

### **3.2 Floculante**

La floculación, pretende unificar los coágulos formados en grandes partículas. Para ello, se introduce un agente floculante y se somete el agua a tratar a una agitación muy lenta, que asegure la mezcla de los reactivos a la vez que no rompe los floculos formados.

Los floculantes empleados pueden ser minerales, como por ejemplo, la sílice activada, u orgánicos, caracterizados ambos por ser macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular. Los de origen sintético se obtienen a partir de monómeros simples sintéticos y, los naturales, de menor eficacia, se obtienen a partir de extractos de algas, almidones y derivados de la celulosa.

Los más empleados son los minerales, también denominados **polielectrolitos** por sus cargas eléctricas. Según su naturaleza serán no iónicos, aniónicos o catiónicos y su elección dependerá siempre de ensayos de laboratorio.

Los floculantes minerales actúan de forma similar a los coagulantes; rebajando la carga de las partículas para desestabilizarlas y unir las, o mediante la formación de puentes entre las partículas para crear un gran polímero que decanta por aumento de densidad.

Todo este proceso se estimula por una correcta floculación, una agitación lenta y temperaturas ambientales medias o altas.

En la práctica, estos procesos se realizan habitualmente en cámaras separadas. La adición de coagulantes se efectúa en un mezclador rápido o coagulador dotado de hélice o turbina con unos tiempos de retención de 20 segundos a 5 minutos. La floculación puede tener lugar en un floculador provisto de un sistema de agitación lenta o en el interior de un decantador, en el que, finalmente, se recogen en su fondo troncocónico los fangos decantados mediante un sistema de rasquetas y bomba de fangos. El agua clarificada se elimina por la parte superior del decantador y se conduce al siguiente paso en su depuración, el tratamiento secundario o biológico.

Para pequeñas depuradoras, existe la posibilidad de realizar todo el proceso en un mismo decantador separado anularmente en tres zonas, además de contar con un sistema de recirculación de fangos para mejorar el crecimiento de las partículas y facilitar su sedimentación. No es el caso.

En la actualidad la práctica totalidad de las depuradoras de aguas residuales emplean estos sistemas de tratamiento, existiendo una serie de diseños de cámaras de mezcla y decantadores bastante estandarizados, Las mayores diferencias entre equipos se encuentran entre los compactos, que realizan todas las funciones en una misma cámara y, en los tratamientos de aguas más específicas, como por ejemplo, las aguas residuales industriales.

Se considera una sola cámara para la flotación con y sin reactivos (FAD) también llamado DAF (acrónimo de las siglas anglosajonas)

## **4 TRATAMIENTO DE FANGO**

Un fango primario bien espesado contendrá de 4% a 8% de sólidos secos. Las condiciones que puedan afectar a la concentración de los fangos son la densidad específica, el tamaño y forma de la partícula y la temperatura.

#### 4.1 Bombeo del fango en el decantador.

El fango acumulado en el fondo del Decantador hay que quitarlo con frecuencia, y esto se hace en la mayoría de los casos por medio de bombas u otro sistema de limpieza mecanizada. Los tanques de limpieza mecanizada no necesitan ponerse fuera de servicio para su limpieza. En los decantadores primarios se pueden desarrollar rápidamente condiciones sépticas si el fango no se extrae a intervalos regulares. El intervalo más adecuado depende de muchas circunstancias y puede variar desde 30 minutos a 8 horas, y en algunos casos hasta incluso 24 horas. La experiencia será la que dicte la frecuencia de extracción más apropiada. La septicidad de los fangos se puede reconocer cuando la gasificación de los fangos hace que floten en la superficie del agua grandes aglomeraciones de ellos. El fango séptico es generalmente maloliente y ácido.

Si es posible, hay que eliminar el exceso de agua de los lodos a causa de sus efectos sobre el volumen de fango bombeado y sobre la operación del digestor.

Los caudales de extracción deben ser bajos, con objeto de impedir la salida de demasiada agua con el fango. Si las muestras dan un fango de poca densidad hay que detener el bombeo en la mayoría de las ocasiones, tras el decantador hay que colocar un espesador de fangos, para aumentar la concentración deseada.

#### 4.2 Bombeo del fango en el Flotador.

El fango flotado de alta concentración suspendido sobre el lecho de agua y a cierta altura es extraído de forma mecánica y luego por gravedad. El fango decantado se extrae a través de válvula de deformación elástica temporizada.

### 5 RESUMEN DIFERENCIAS ENTRE DECANTACIÓN Y FLOTACIÓN

Parámetro	DECANTADOR	FLOTADOR
Tiempo de Retención V/Q	Entre 1 y 1,5 horas	Entre 4 y 10 minutos
Rendimiento	Depende de los Sólidos. A mayor S.S mejor rendimiento	Depende de la tasa de Presurización
Concentración de Fangos Producidos	Entre 1 y 1,5 %.Para el deshidratado de los fangos es necesario un espesamiento de estos	Mayor del 8%. En la mayoría de los casos no es necesario un espesamiento de los fangos para su posterior deshidratado.
Volumen de fango producido. Para 1000 ppm a la entrada	6,6 % del caudal de alimentación. Consumo energético moderado para el trasegado del fango	1,25 % del caudal de alimentación Consumo energético bajo para el trasegado del fango.
Tiempo de Purga	Muy variable y discontinúa	Extracción continua y constante
Exceso de fango en el clarificador	Reduce el rendimiento del Decantador. Hay que reajustar los tiempos de purga. Peligro anaerobiosis. Mal olor y flotados indeseados. A mayor	Aumenta el caudal de extracción. El exceso de fango flotado aumenta el rendimiento de la micro burbuja. No existe anaerobiosis.

	cantidad de fango acumulado en el decantador, menor es el tiempo de estancia del fluido.	
Clarificación	Existe el fenómeno de BULKING. Algas filamentosas que impiden la decantación.	No le afecta el fenómeno de BULKING.
Superficie del clarificador	1,25 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x h	7 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x h
Altura del clarificador	Mas de 2,5 metros	Menos de 1 metro
Superficie del clarificador por 100 m <sup>3</sup> de alimentación	80 m <sup>3</sup>	14 m <sup>3</sup> + la recirculación 20% ~ 17 m <sup>3</sup>
Volumen del clarificador	80 x 2,5 metros = 200 m <sup>3</sup>	17 x 1 metro = 17 m <sup>3</sup>
Potencia instalada	Menor en el Decantador	Mayor en el Flotador
Consumo producto químico	Menor en el Decantador	Mayor en el Flotador
Superficie de terreno ocupado	Mayor en el Decantador	4 veces menor en el Flotador
Transporte de la instalación	Casi nula	Se puede reubicar

## 6 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO

Atendiendo a lo anteriormente expuesto se propone la preselección de:

- Tratamiento por aire disuelto (FAD) para el efluente a la salida del depósito de homogenización con la finalidad de disminución de la carga contaminante del efluente pretratado y homogenizado antes de su entrada al reactor biológico.

Este tratamiento puede ser potenciado mediante la adición de coagulantes químicos inorgánicos (Cl<sub>3</sub>Fe) u orgánicos (polielectrolitos) por lo que se presentan dos opciones:

- A) Con adición de reactivos (FAD-CR)
- B) Sin adición de reactivos (FAD-SR)

Considerando el elevado gasto de explotación que pueden tener los reactivos así como los gastos de inversión en equipos, estas dos opciones serán evaluadas a nivel económico para la toma de decisión.

A su vez según tipo de reactor biológico que se adopte.

- Decantación secundaria para el efluente a la salida del reactor biológico a fin de clarificar el vertido antes de su salida general.

Esta opción es obligada para el caso de diseño de reactor biológico en continuo, no así en el caso del reactor secuencial (SBR).

Además si la opción finalmente adoptada es sin reactivos (SR), se requerirá disponer previamente a la decantación secundaria, de equipos para adicionar coagulante inorgánico a fin de asegurar los niveles de P a la salida.



## ANEJO 4: FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS

### ÍNDICE

<b>1</b>	<b>OBJETO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS</b> .....	<b>1</b>
3.1	Los procesos de oxidación biológica.....	2
3.1.1	<i>Reacciones de síntesis o asimilación</i> .....	2
3.1.2	<i>Reacciones de oxidación y Respiración endógena</i> .....	3
3.1.3	<i>Microorganismos más importantes</i> .....	3
3.2	Factores que intervienen en la oxidación biológica.....	4
3.3	Los procesos de Nitrificación-Desnitrificación .....	5
3.3.1	<i>El proceso de Nitrificación</i> .....	5
3.3.2	<i>El proceso de desnitrificación</i> .....	5
<b>4</b>	<b>EL PROCESO DE FANGOS ACTIVADOS</b> .....	<b>6</b>
4.1	Principios de funcionamiento .....	6
4.2	Control de procesos en el sistema de fangos activados.....	7
4.2.1	<i>Parámetros operacionales</i> .....	7
4.2.2	<i>Parámetros de control</i> .....	8
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS Y REGISTRO DE DATOS</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>TIPOS DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS</b> .....	<b>10</b>
6.1	Procesos convencionales .....	10
6.1.1	<i>Flujo pistón</i> .....	10
6.1.2	<i>Mezcla completa</i> .....	11
6.1.3	<i>Alimentación escalonada</i> .....	11
6.2	Aireación prolongada .....	12
6.3	Canales de oxidación.....	13
6.3.1	<i>Carrusel</i> .....	13
6.3.2	<i>Proceso orbal:</i> .....	13
6.4	Procesos de bioabsorción .....	14
6.4.1	<i>Contacto-estabilización</i> .....	14
6.4.2	<i>Proceso de doble etapa</i> .....	15
6.5	Sistemas de oxígeno puro .....	16
<b>7</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE FANGOS ACTIVOS</b> .....	<b>16</b>
7.1	Cuba de aireación.....	18
7.2	Decantadores secundarios o clarificadores .....	18
7.2.1	<i>Decantadores circulares de rasquetas</i> .....	18
7.2.2	<i>Decantadores rectangulares de rasquetas</i> .....	18
7.2.3	<i>Decantadores de succión</i> .....	19
<b>8</b>	<b>CAUSAS Y PROBLEMAS HABITUALES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DEL PROCESO</b> .....	<b>19</b>
8.1	Causas de aparición de problemas.....	19
8.1.1	<i>Variaciones en el sistema colector</i> .....	19
8.1.2	<i>Variaciones en el funcionamiento</i> .....	19
8.2	Problemas habituales.....	20
8.2.1	<i>Cambios en el caudal y características de las aguas residuales</i> .....	20
8.2.2	<i>Presencia en el digestor de fangos de un sobrenadante con excesiva carga de sólidos</i> 20	
8.2.3	<i>Subida de fangos por gasificación</i> .....	20
8.2.4	<i>Esponjamiento de los fangos</i> .....	21
<b>9</b>	<b>INTRODUCCIÓN A LA BIOINDICACION COMO PARÁMETRO DE MANTENIMIENTO</b>	<b>21</b>
<b>10</b>	<b>SINTESIS Y CONCLUSIÓN</b> .....	<b>23</b>

## ANEJO NÚM. 04

---

### FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS

---

#### 1 OBJETO

Es objeto del presente anejo conocer los procesos biológicos de depuración de las aguas residuales de tipo aerobio y preseleccionar las alternativas tecnológicas a emplear.

#### 2 INTRODUCCIÓN

Cuando las aguas residuales de tipo industrial, como el caso que ocupa el presente proyecto, entran en una Estación Depuradora, sufren un pretratamiento en el que se retiran los sólidos y gruesos de gran tamaño, así como las arenas y grasas. A continuación, el agua pasa al denominado tratamiento primario, donde se eliminan sólidos en suspensión fácilmente sedimentables y parte de materia orgánica.

La materia orgánica que queda disuelta y en suspensión así como el resto de las partículas sólidas que no se han eliminado en los tratamientos anteriores, son eliminadas mediante los denominados "**Procesos Biológicos de Depuración Aerobia**", que en la línea de aguas constituyen los **tratamientos secundarios**.

Se pueden definir los "Procesos Biológicos de Depuración Aerobia", como aquellos realizados por determinado grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que en presencia de oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación. La unión de materia orgánica, bacterias y sustancias minerales forma los flóculos y el conjunto de flóculos es lo se conoce como fango biológico.

Los objetivos que persigue este tipo de tratamiento son la transformación de la materia orgánica y la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables. En el caso de algunas aguas residuales urbanas, también se persigue la eliminación de Nitrógeno y de Fósforo. Por último, conseguimos además la disminución de los microorganismos patógenos y fecales que habitan el agua residual.

Básicamente, existen dos tipos de tratamientos biológicos aerobios:

- Procesos de Cultivo en Suspensión (Fangos Activados).
- Procesos de Cultivo Fijo (Lechos Bacterianos).

Este anejo, se centra en como suceden los mecanismos de depuración biológica aerobia y más concretamente en el proceso de **Fangos Activos**, siendo los Lechos Bacterianos no considerados como alternativa.

#### 3 FUNDAMENTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS AEROBIOS

Los tratamientos biológicos tienen como principal objeto la eliminación de la materia orgánica de las aguas residuales.

Otros usos, no menos importantes son:

- a) Eliminación de N<sub>2</sub> por medio de la oxidación del nitrógeno amoniacal, nitrificación-desnitrificación.
- b) Eliminación del fósforo.

- c) Eliminación de patógenos (balsas de maduración en lagunas).
- d) Eliminación de metales y tóxicos

La materia orgánica es eliminada del agua por acción de los seres vivos, que la emplean como fuente de alimento, produciendo nueva materia celular además de obtener la energía necesaria para su supervivencia.

En función de la fuente de carbono utilizada se clasifican en autótrofos (carbono mineral) y heterótrofos (carbono como materia orgánica).

En los procesos biológicos intervienen todo tipo de organismos, según las condiciones de operación de la instalación y el influente, se producirá el predominio de un tipo frente a otro.

Una vez, el sistema biológico, asimila la Materia Orgánica (MO) presente en el agua residual, se puede decir que el problema se reduce a un problema de separación de sólidos del agua.

Para conseguir este objetivo se emplean diversos sistemas. En general, se emplean procesos físicos: decantación, filtros y membranas.

Por último comentar que el control de la presencia de sustancias tóxicas en los efluentes finales y la falta de recursos hídricos hacen necesario optimizar, cada vez más, los procesos hasta límites capaces de garantizar aguas de calidad en las cuencas receptoras.

Los procesos biológicos comprenden varios tipos de tecnologías que emplean características específicas de cada tipo de microorganismo para conseguir la eliminación de la contaminación presente en las aguas.

Los más ampliamente utilizados son los procesos Aerobios.

### **3.1 Los procesos de oxidación biológica**

La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo con la siguiente reacción:

*Materia orgánica + Microorganismos + Nutrientes + O<sub>2</sub> → Productos Finales + Nuevos microorganismos + Energía*

Para que lo anteriormente expuesto se produzca, son necesarias dos tipos de reacciones fundamentales totalmente acopladas: de síntesis o asimilación y de respiración endógena u oxidación.

#### **3.1.1 Reacciones de síntesis o asimilación**

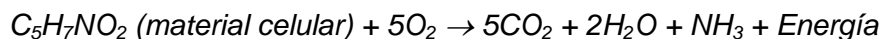
Consisten en la incorporación del alimento (materia orgánica y nutrientes) al interior de los microorganismos. Estos microorganismos al obtener suficiente alimento no engordan, sino que forman nuevos microorganismos reproduciéndose rápidamente. Parte de este alimento es utilizado como fuente de Energía. La reacción que ocurre es la siguiente:

*CHNO (materia orgánica) + O<sub>2</sub> + Bacterias + Energía → C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> (sustancias del interior bacteriano)*



### 3.1.2 Reacciones de oxidación y Respiración endógena

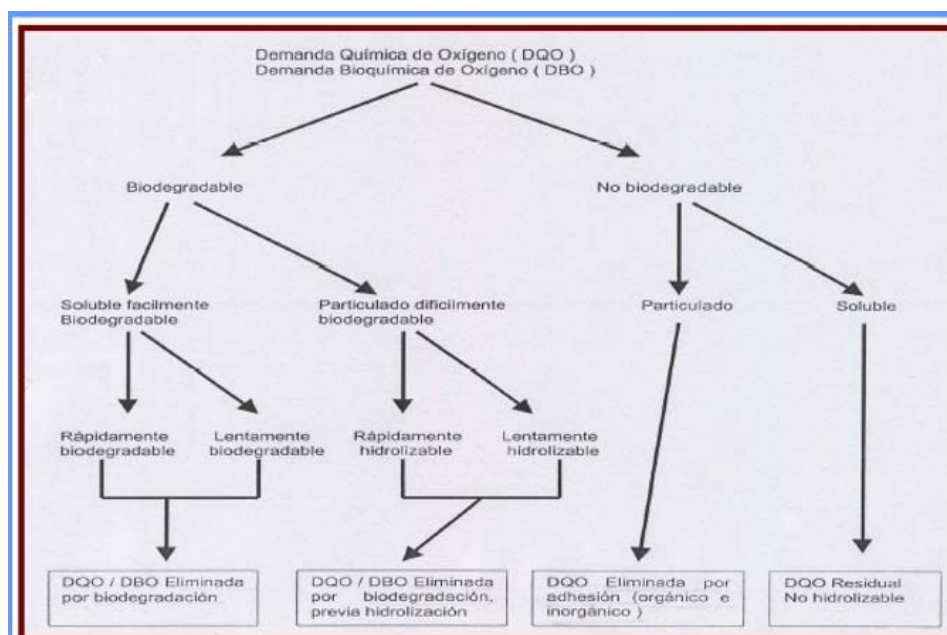
Los microorganismos al igual que nosotros, necesitan de Energía para poder realizar sus funciones vitales (moverse, comer etc.), dicha energía la obtienen transformando la materia orgánica asimilada y aquella acumulada en forma de sustancias de reserva en gases, agua y nuevos productos de acuerdo con la siguiente reacción:



Como se puede observar, después de un tiempo de contacto suficiente entre la materia orgánica del agua residual y los microorganismos (bacterias), la materia orgánica del medio disminuye considerablemente transformándose en nuevas células, gases y otros productos. Este nuevo cultivo microbiano seguirá actuando sobre el agua residual.

A todo este conjunto de reacciones se les denomina de oxidación biológica, porque los microorganismos necesitan de oxígeno para realizarlas.

Ahora bien, no toda la materia orgánica (MO) es biodegradable, el esquema siguiente muestra las distintas fracciones de la DQO.



### 3.1.3 Microorganismos más importantes

En este proceso intervienen una gran diversidad de microorganismos que constituyen un ecosistema con identidad propia dentro del reactor. Del estudio de este ecosistema se obtiene información de gran importancia que permitirá realizar un adecuado control del sistema. Los principales microorganismos presentes en un proceso Aerobio de fangos activos son:

**BACTERIAS:** Constituyen el 95% de la biomasa (formadoras de floculo, filamentosas, nitrificantes, etc.)

**HONGOS:** Son poco comunes en los sistemas de tratamientos de aguas residuales urbanas. Su presencia en abundancia se asocia, por lo general, a condiciones de pH demasiado bajos. Pueden ser usuales en procesos industriales.

**PROTOZOOS:** Son heterótrofos, y se encuentran libremente en la naturaleza, son predadores de las bacterias, son: Flagelados, Rizópodos (Amebas), Ciliados (pedunculados, libre nadadores, libres reptantes, suctores, etc.).

**ALGAS:** Su importancia estriba, no tanto por su capacidad de depuración sino por su capacidad fotosintética, aportando oxígeno. Por ser autótrofas permiten el aumento de la MO sintetizando el carbono mineral.

**METAZOOS:** Son animales pluricelulares, muy abundantes en los sistemas que emplean soporte fijo. Se alimentan de sustrato y de bacterias. (Rotíferos, Nematodos, Oligoquetos, etc.).

### **3.2 Factores que intervienen en la oxidación biológica**

Los factores principales que hay que tener en cuenta para que se produzcan las reacciones biológicas y por tanto, la depuración del agua residual (AR) son:

**Las características del sustrato:** Las características físico-químicas del agua residual, determinan el mejor o peor desarrollo de los microorganismos en este sistema, existiendo compuestos contaminantes que son degradables biológicamente y otros que no lo son.

**Los nutrientes:** El interior celular, aparte de C, H y O, elementos característicos de la materia orgánica, contiene otros elementos como son el N, P, S, Ca, Mg etc., denominados nutrientes y que a pesar de que muchos de ellos se encuentran en el organismo sólo en pequeñas cantidades, son fundamentales para el desarrollo de la síntesis biológica.

Se ha determinado a nivel medio que los microorganismos para sobrevivir necesitan por cada 1000 g de C, 43 de N y 6 de P, y que en las aguas residuales urbanas existen por cada 1000 g de C, 200 g de N y 16 g de P.

Si se compara lo que necesitan los microorganismos para sobrevivir, con las cantidades existentes de dichos elementos en el agua residual, podemos concluir que a título general dichos microorganismos pueden desarrollarse en el agua residual perfectamente.

Es interesante comentar que en el caso de determinadas aguas con vertidos industriales, las proporciones de dichos elementos no están equilibradas, siendo necesario a veces dosificar N y P en el agua, para que pueda darse el desarrollo bacteriano y exista depuración biológica, si bien los vertidos del presente proyecto están asimilados ala aguas residuales urbanas.

**Aportación de Oxígeno:** Como se ha indicado, para el desarrollo de las reacciones biológicas es necesario un medio aerobio, es decir, con oxígeno suficiente que permita el desarrollo y la respiración de los microorganismos aerobios.

**Temperatura:** A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad con que los microorganismos degradan la materia orgánica, pero a partir de los 37 °C, dichos organismos mueren por degradación de las proteínas del protoplasma celular.

La velocidad de reacción es función de la temperatura y viene dada por la expresión:

$$K_T = K_{20} \cdot \varepsilon^{(T-20)}$$

$K_T$  = velocidad de reacción a T °C

$K_{20}$  = velocidad de reacción a 20 °C

$\varepsilon$  = coeficiente de actividad - temperatura (1,0 - 1,4)

T = temperatura en ° C

Las temperaturas del emplazamiento son ideales para el desarrollo óptimo de los procesos de depuración biológica.

**Salinidad:** El contenido en sales disueltas no suele ser problemático para el desarrollo bacteriano en el proceso de fangos activos hasta concentraciones de 3 a 4 g/l. En los procesos de cultivos fijos (lechos bacterianos), la influencia es aún menor, no afectando valores que no superen los 15 g/l. Sin embargo, existen multitud de grupos bacterianos capaces de vivir en aguas saladas, de forma que si a tu sistema de depuración le das tiempo de adaptación, pueden desarrollarse bastante bien dichos grupos microbianos a concentraciones salinas superiores.

**Tóxicos o inhibidores:** Existen una serie de sustancias orgánicas e inorgánicas que, a ciertas concentraciones, inhiben o impiden los procesos biológicos. Este tipo de sustancias, entre las que se encuentran los metales pesados, ejercen un efecto perjudicial sobre los microorganismos encargados de depurar el agua y por tanto, no deben de entrar en las plantas depuradoras con el agua residual, o si entran deben de hacerlo en concentraciones muy bajas. No es el caso del AR que nos ocupa.

Todos estos factores mencionados son de gran importancia, y deben de ser controlados si queremos obtener un rendimiento eficaz de depuración por parte de los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica del agua residual.

### **3.3 Los procesos de Nitrificación-Desnitrificación**

Son procesos llevados a cabo por determinados grupos de microorganismos bacterianos que se utilizan en aquellas plantas de tratamiento de aguas residuales, donde aparte de la eliminación de la materia orgánica se persigue la eliminación de nitrógeno.

La eliminación de la materia nitrogenada es necesaria cuando el efluente de la EDAR va a ir bien a embalses o masas de agua utilizadas para captación de aguas potables, bien a las denominadas por ley como zonas sensibles.

#### **3.3.1 El proceso de Nitrificación**

La nitrificación es el proceso en el que el nitrógeno orgánico y amoniacal se oxida, transformándose primero en nitrito y, posteriormente en **nitrato**.

Estas reacciones las llevan a cabo bacterias muy especializadas, diferentes de aquellas que se encargan de degradar la materia orgánica del medio.

Este tipo de bacterias, se reproducen mas lentamente y son muy sensibles a los cambios de su medio habitual.

A su vez, necesitan de un aporte de oxígeno suplementario para que sean capaces de desarrollar las reacciones anteriormente mencionadas, de esta forma en las cubas de aireación de fangos activados necesitan de un nivel de oxígeno de al menos **2 mg/l**.

#### **3.3.2 El proceso de desnitrificación**

La desnitrificación consiste en el paso de los nitratos a nitrógeno atmosférico, por la acción de un grupo de bacterias llamadas desnitrificantes. Dicha forma de nitrógeno

tenderá a salir a la atmósfera, consiguiéndose así, la eliminación de nitrógeno en el agua.

Para que las bacterias desnitrificantes actúen, es necesario que el agua tenga bastante carga de materia orgánica, una fuente de nitratos elevada, muy poco oxígeno libre y un pH situado entre 7 y 8.

El oxígeno asociado a los nitratos es la única fuente de oxígeno necesaria para llevar a cabo sus funciones vitales. De esta forma los niveles de oxígeno libre en el medio donde actúan deben de ser inferiores a los **0,2 mg/l**.

Es interesante comentar que el tiempo mínimo de contacto entre el agua y las bacterias desnitrificantes debe de ser suficiente para que se produzcan las reacciones deseadas, estimándose un tiempo mínimo de 1,5 horas a caudal medio.

## **4 EL PROCESO DE FANGOS ACTIVADOS**

El proceso de fangos activados es un sistema de tratamiento de las aguas residuales en el que se mantiene un cultivo biológico formado por diversos tipos de microorganismos y el agua residual a tratar. Los microorganismos se alimentarán de las sustancias que lleva el agua residual para generar más microorganismos y en el proceso se forman unas partículas fácilmente decantables que se denominan flóculos y que en conjunto constituyen los denominados fangos activos o biológicos.

### **4.1 Principios de funcionamiento**

En el proceso de fangos activados pueden distinguirse dos operaciones claramente diferenciadas: la **oxidación biológica** y la **separación sólido-líquido**.

La primera tiene lugar en el denominado reactor biológico o cuba de aireación, donde vamos a mantener el cultivo biológico en contacto con el agua residual. El cultivo biológico, denominado **licor de mezcla**, está formado por gran número de microorganismos agrupados en flóculos conjuntamente con materia orgánica y sustancias minerales. Dichos microorganismos transforman la materia orgánica mediante las reacciones de oxidación biológica anteriormente mencionadas.

La población de microorganismos debe de mantenerse a un determinado nivel, concentración de **sólidos en suspensión en el licor de mezcla (SSLM)**, para llegar a un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos necesarios para que se elimine dicha carga.

En esta fase del proceso que ocurre en la cuba de aireación, es necesario un sistema de aireación y agitación, que provoque el oxígeno necesario para la acción depuradora de las bacterias aerobias, que permita la homogenización de la cuba y por tanto que todo el alimento llegue igual a todos los organismos y que evite la sedimentación de los flóculos y el fango.

Una vez que la materia orgánica ha sido suficientemente oxidada, lo que requiere un **tiempo de retención** del agua en el reactor, el licor mezcla pasará al denominado **decantador secundario** o clarificador. Aquí, el agua con fango se deja reposar y por tanto, los fangos floculados tienden a sedimentarse, consiguiéndose separar el agua clarificada de los fangos.

El agua clarificada constituye el efluente que se vierte al cauce y parte de los fangos floculados son recirculados de nuevo al reactor biológico para mantener en el mismo una concentración suficiente de organismos. El excedente de fangos, se extrae del sistema y se evacua hacia el tratamiento de fangos.

## 4.2 Control de procesos en el sistema de fangos activados

Los aspectos a tener en cuenta en el diseño son:

- 1.- Parámetros del proceso
- 2.- Características del efluente
- 3.- Factores de carga y rendimiento del proceso
- 4.- Selección del tipo de tratamiento
- 5.- Dimensiones del reactor
- 6.- Necesidades de oxígeno y sistemas de aireación
- 7.- Producción de fangos en exceso
- 8.- Necesidades de recirculación
- 9.- Dimensionado del clarificador o decantador secundario.

### 4.2.1 Parámetros operacionales

Son una serie de parámetros que se han de tener en cuenta a la hora de diseñar la cuba de aireación y el clarificador, siendo a su vez controlados para mantener un óptimo funcionamiento de la planta. Dichos parámetros son:

**Carga másica:** Es la relación que existe entre la carga de materia orgánica que entra en el reactor biológico por unidad de tiempo, y la masa de microorganismos existentes en el mismo. Se expresa como:

$$C_m = Q \cdot S_o / V \cdot X$$

Donde:

Q = caudal de entrada;

S<sub>o</sub> = DBO<sub>5</sub> de entrada;

V = volumen;

X = sólidos en suspensión volátiles del licor de mezcla (SSV) de la cuba de aireación.

**Edad del fango:** Es la relación entre la masa de fangos existentes en la cuba de aireación y la masa de fangos en exceso extraídos por unidad de tiempo. Se expresa como:

$$E = V \cdot X / Q_p \cdot X_p$$

Q<sub>p</sub> = caudal de la purga de fangos;

X<sub>p</sub> = SSV de la purga de fangos (fangos en exceso).

**Carga volumétrica:** Es la relación entre la masa de materia orgánica que entra en el reactor por unidad de tiempo, y el volumen de la cuba. Se expresa como:

$$C_v = Q \cdot S_o / V$$

**Rendimiento:** Es la relación que existe entre la masa de materia orgánica eliminada y la del influente que entra en el reactor biológico. Se expresa en %.

$$R = S_o - S / S_o$$

S = DBO<sub>5</sub> de la salida del decantador secundario.

#### **4.2.2 Parámetros de control**

Existen una serie de variables que hay que controlar para asegurarnos de que el proceso de fangos activos funciona bien. Entre estas variables se encuentran:

**La calidad exigida al efluente:** La calidad que el Organismo Gestor de Cuenca exija al agua de salida, va a determinar tanto el funcionamiento del proceso como el control del mismo. Si se requiere un alto grado de tratamiento, el proceso deberá estar muy controlado y probablemente se requiera de un tratamiento adicional. Dicha calidad deberá ser determinada a través de las analíticas realizadas por laboratorio y muestreo tal como se ha mostrado en **anejo 2**.

**Características del agua residual a tratar:** Los caudales y características del influente, se encuentran fuera del campo de actuación del operador, siendo competencia del laboratorio y de las autoridades municipales que controlan los residuos que se vierten en el sistema colector, evitando que determinadas industrias viertan residuos tóxicos para los microorganismos que trabajan en la cuba de aireación.

**Cantidad de microorganismos activos que se necesitan en el tratamiento:** La proporción entre la cantidad de microorganismos activos y el alimento disponible, es un parámetro decisivo en el control del proceso. Si esta proporción no es equilibrada, aparecerán serios problemas en planta. El número de organismos aumenta también al aumentar la carga de materia orgánica (alimento) y el tiempo de permanencia en la cuba de aireación (edad del fango). El operador deberá eliminar el exceso de microorganismos (fangos en exceso o purga de fangos) para mantener el número óptimo de trabajadores para el tratamiento eficaz de las aguas.

Por otra parte, es fundamental proceder a una recirculación de fangos desde el decantador hasta la cuba de aireación, para mantener una concentración de organismos suficiente, ya que si no se irían eliminando y se acabaría con un lavado del tanque.

El fango del decantador debe extraerse tan pronto como se forme la manta de fangos, ya que de permanecer en él, pueden darse fenómenos que hagan que el fango flote. El sistema de bombeo de fangos, por tanto, debe encontrarse en condiciones óptimas para actuar cuando se le necesite.

Para conocer la concentración de microorganismos del licor de mezcla y de los fangos de recirculación, se determinará el nivel de sólidos volátiles en ambos.

**Nivel de Oxígeno disuelto:** El oxígeno que se aporte a la cuba de aireación debe de ser suficiente para que, los microorganismos puedan respirar y se pueda oxidar la materia orgánica.

La relación cantidad de oxígeno / cantidad de alimento debe estar regulada y mantenerse estable. Una descompensación en un sentido o en otro, puede dar lugar a una aparición de organismos filamentosos que tienden a flotar en el decantador secundario, alterando totalmente la separación sólido-líquido y tendiendo a ser lavados con el efluente.

El nivel de oxígeno disuelto suele medirse con sensores que dan información inmediata de las cantidades de oxígeno en cuba, a partir de esta información los sistemas de agitación y de aireación se ponen en marcha o se paran.

La agitación debe estar bien controlada, para que el oxígeno y el alimento se distribuyan homogéneamente por toda la cuba.

**Tiempo de retención:** Para que se pueda dar el proceso de oxidación biológica, es necesario que los microorganismos permanezcan un tiempo de contacto suficiente con las aguas residuales. Este tiempo de retención es uno de los parámetros que hay que tener en cuenta para diseñar las cubas, ya que en relación con el caudal a tratar y el tiempo que debe permanecer el caudal en la cuba, calcularemos el volumen de la misma.

**Índice volumétrico de fangos:** Se define como el volumen en ml ocupado por un gramo de sólidos en suspensión del licor de mezcla, tras una sedimentación de 30 minutos en una probeta de 1000 ml. Por lo tanto, tomamos 1 litro de licor mezcla y lo ponemos a sedimentar durante 30 minutos, apuntamos el volumen que ocupa el fango y hacemos la relación:

$$IVF = \text{ml sólidos sedimentables} * 1000 / \text{ppm de SSLM}$$

Este valor da el comportamiento de los fangos en el decantador. Si el valor es menor de 100 implica fangos con desarrollo de organismos que sedimentan bien y por tanto buena separación sólido-líquido. Si el valor es superior, se han desarrollado organismos filamentosos con mala sedimentación, lo que lleva a una descompensación en el funcionamiento del sistema.

## **5 ANÁLISIS Y REGISTRO DE DATOS**

Las lecturas de datos que se citan a continuación y su registro diario, pueden ayudar al personal que trabaja en la Planta a determinar cuales son las condiciones de control que optimizan el rendimiento de la Estación de Tratamiento, contrastando el funcionamiento de la misma con los datos registrados.

Estos datos también pueden servirnos como indicadores de diversos problemas así como de la causa de los mismos.

Es necesario hacer un registro de:

- Sólidos en suspensión totales y volátiles en:
  - Efluente primario
  - Licor de mezcla
  - Recirculación de fangos
  - Efluente de salida
- DBO, DQO o TOC en:
  - Efluente primario
  - Efluente de salida
- Oxígeno disuelto: es fundamental la instalación de sensores en la cuba de aireación.
- Sólidos decantables en:
  - Licor de mezcla
  - Agua de salida
- Temperatura: lectura de sensores en la cuba de aireación.
- pH: lectura de sensores en la cuba de aireación o determinación "in situ".
- Coliformes en:
  - Entrada al biológico
  - Salida del biológico

- Nitrógeno y Fósforo total en:
  - Agua de entrada
  - Agua de salida

También será necesario registrar los siguientes datos:

- Caudal de entrada
- Kilogramos de sólidos volátiles en cuba de aireación
- Kilogramos de DQO en la entrada al biológico
- Kilogramos de fangos en exceso evacuados
- Caudal de recirculación de fangos
- Caudal de purga
- Kilogramos de sólidos de fangos evacuados al digestor
- Coste energético

Pero el control de la instalación no solo consiste en la revisión constante y diaria de las condiciones de proceso, sino que también es preciso realizar un mantenimiento efectivo de los equipos, para que estos estén siempre en óptimas condiciones de operatividad.

Además de todo esto, la vista, el olfato y la propia experiencia, aportan datos suficientes como para reconocer los problemas, el posible origen de los mismos y la solución más eficaz.

## **6 TIPOS DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS**

En función de los objetivos de calidad requeridos en el efluente, la depuración puede consistir en la eliminación de la materia orgánica carbonada, o también llevar asociada la reducción de la materia nitrogenada.

Según el objetivo de la EDAR se diseñan instalaciones encaminadas a la eliminación de materia orgánica o modificaciones asociadas a dichas instalaciones con el fin de eliminar nitrógeno y en su caso fósforo.

De esta forma podemos distinguir distintos tipos de procesos, entre los que se encuentran los descritos a continuación.

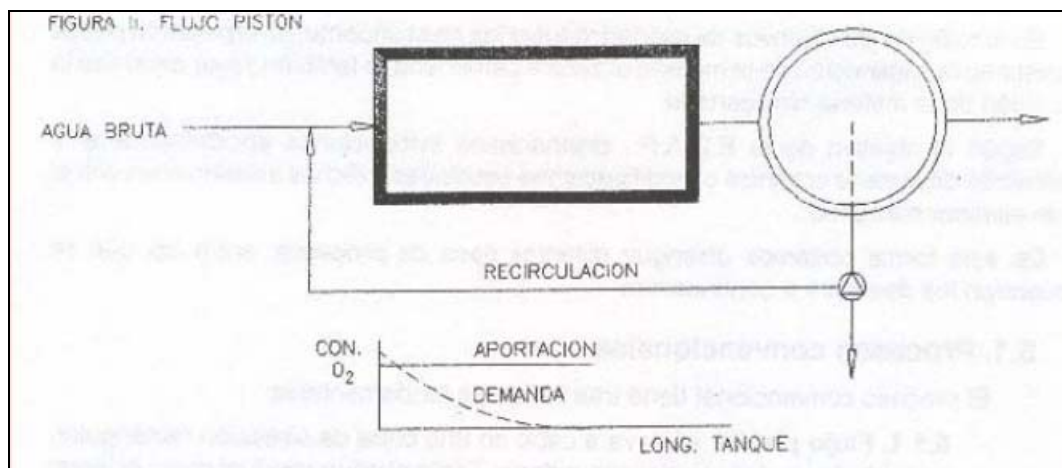
### **6.1 Procesos convencionales**

El proceso convencional tiene tres variantes fundamentales:

#### **6.1.1 Flujo pistón**

Se lleva a cabo en una cuba de aireación rectangular, seguida de un decantador secundario. Tanto el agua residual como el fango recirculado desde el decantador, entran en la cuba por un extremo y son aireados por un período de 6 horas, tiempo en el que se produce la adsorción, floculación y oxidación de la materia orgánica.



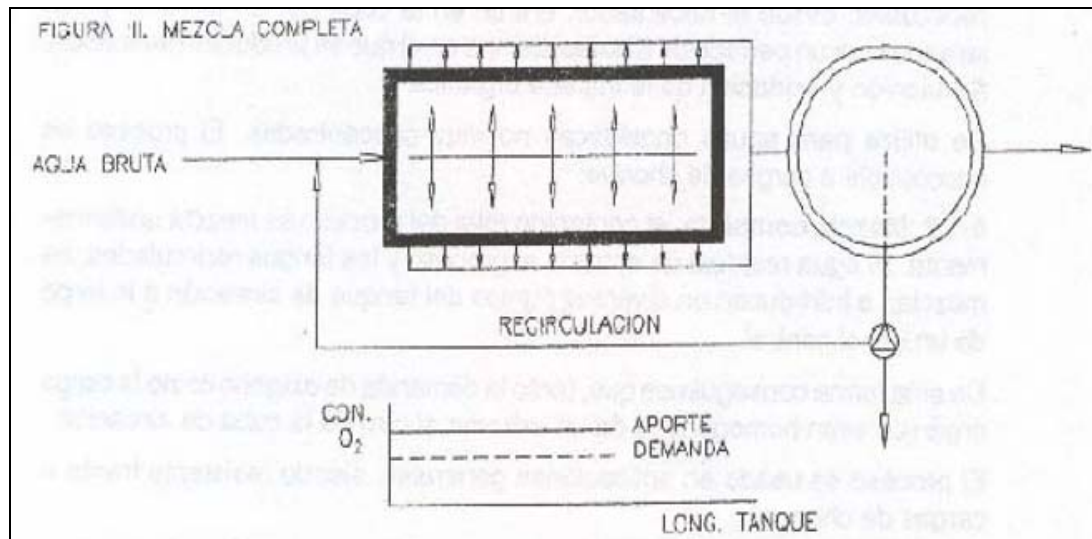


Se utiliza para aguas domésticas no muy concentradas. El proceso es susceptible a cargas de choque.

### 6.1.2 Mezcla completa

El contenido total del proceso se mezcla uniformemente. El agua residual de entrada al proceso y los fangos recirculados, se mezclan e introducen en diversos puntos del tanque de aireación a lo largo de un canal central.

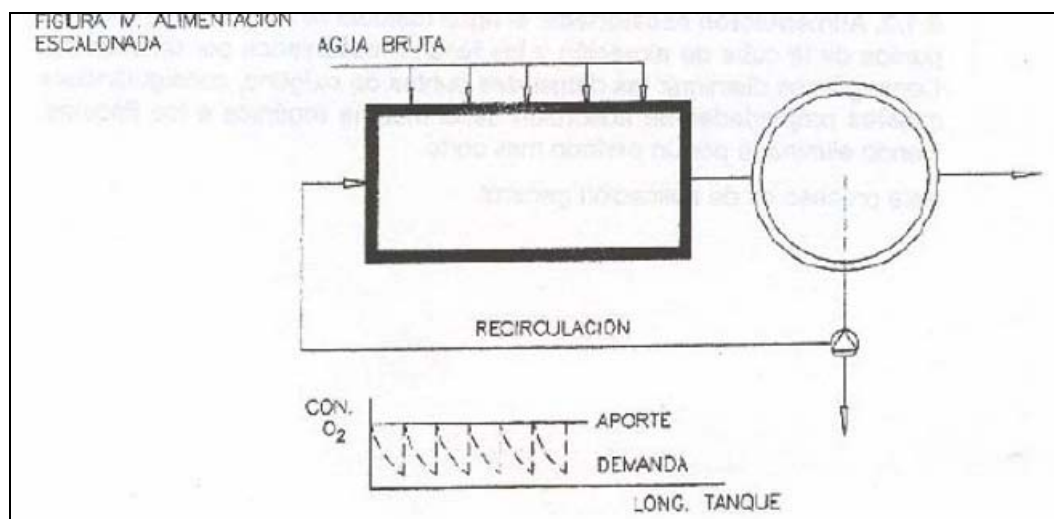
De esta forma conseguimos que, tanto la demanda de oxígeno como la carga orgánica sean homogéneas de un extremo al otro de la cuba de aireación.



El proceso es usado en aplicaciones generales, siendo resistente frente a cargas de choque.

### 6.1.3 Alimentación escalonada

El agua residual se introduce en distintos puntos de la cuba de aireación y los fangos recirculados por un extremo. Conseguimos disminuir las demandas punta de oxígeno, consiguiéndose mejores propiedades de adsorción de la materia orgánica a los flocos, siendo eliminada por un período más corto.



La alimentación escalonada es una modificación del proceso de flujo en pistón convencional en la que el agua residual decantada se introduce en diferentes puntos del canal para conseguir un valor de la relación F/M uniforme, lo cual permite reducir la demanda de oxígeno punta. Normalmente se suelen emplear tres o más canales paralelos. Una de las ventajas importantes de este proceso es la flexibilidad de operación.

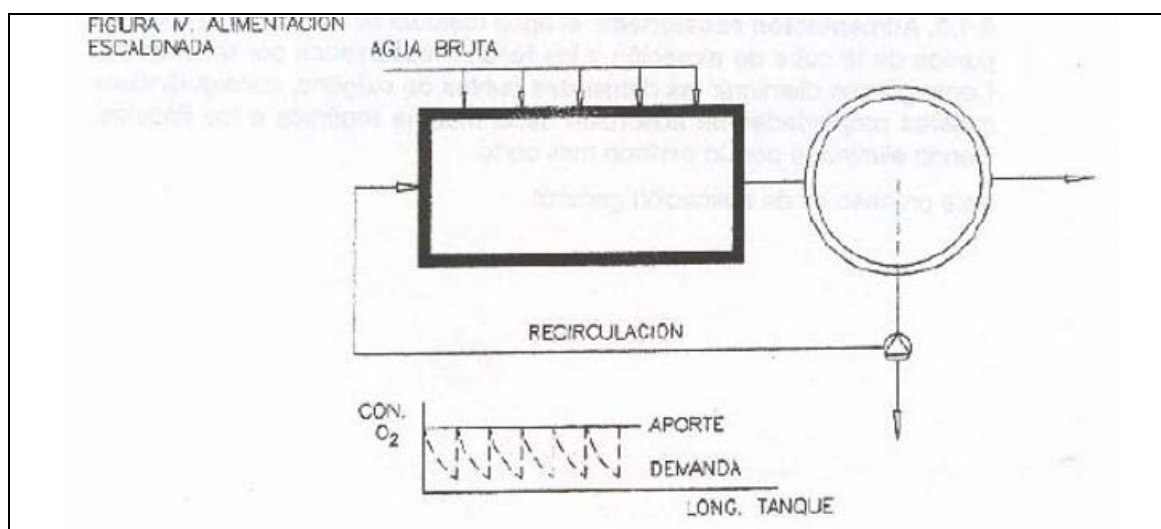
Este proceso es de aplicación general.

## 6.2 Aireación prolongada

Este proceso requiere cargas no muy altas y tiempos de aireación prolongados.

Suele aplicarse a plantas pequeñas que tratan menos de 10000 habitantes-equivalentes, como es el caso de la EDAR que se pretende diseñar.

Sus instalaciones prescinden de decantación primaria, pasando el agua desde el pretratamiento directamente a la cuba de aireación, y pasando después por el decantador secundario.



El proceso es flexible frente a variaciones de carga.

### 6.3 Canales de oxidación

La oxidación biológica tiene lugar en un canal circular cerrado, provisto de aireadores superficiales horizontales (rotores que provocan la aireación y circulación de los fangos).

Cuando se diseñó este tipo de procesos, era discontinuo, funcionando el canal como reactor biológico y decantador alternativamente. Actualmente funciona de forma continua, estando el canal seguido de un clarificador.

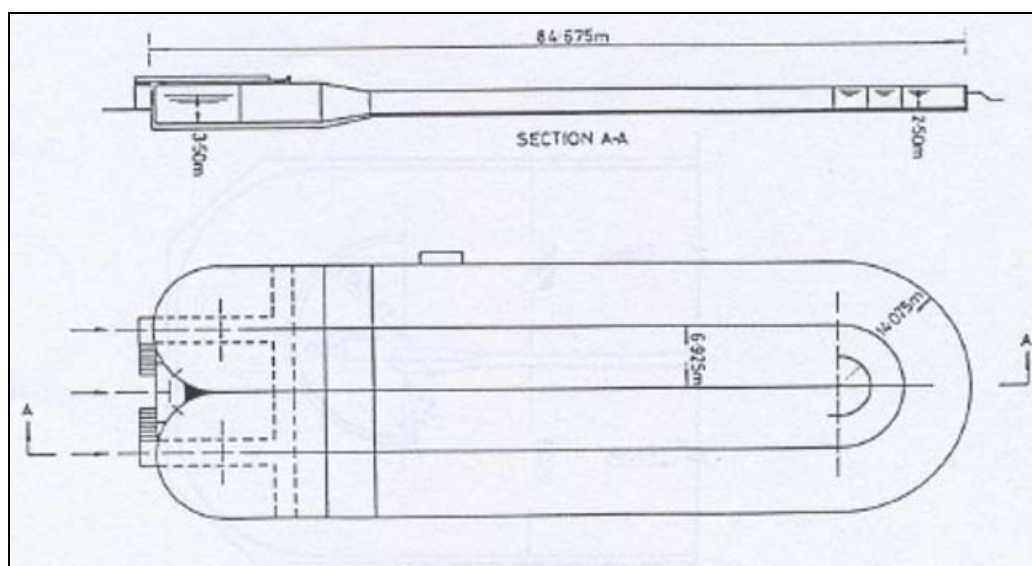
Generalmente se diseña para tratar una baja carga, si bien funciona excelentemente a media carga y es flexible a las variaciones.

Debido a la geometría de los canales, podemos obtener zonas más oxigenadas con nitrificación y zonas muy poco oxigenadas con desnitrificación, por lo que es un sistema bueno para eliminar materia orgánica y nitrógeno.

Existen diversas variantes de este tipo de sistemas, entre las que encontramos:

#### 6.3.1 Carrusel

En este sistema el tanque de aireación tiene configuración de canal, pero en lugar de rotores utiliza aireadores de eje vertical instalados frente al tanque divisorio, lo que permite interceptar el régimen de corrientes y utilizar la potencia aplicada en transferir oxígeno y conseguir un flujo continuo de fangos en el canal suficiente para evitar la sedimentación.



Con esta variante, podemos conseguir profundidades del tanque de hasta 4 metros.

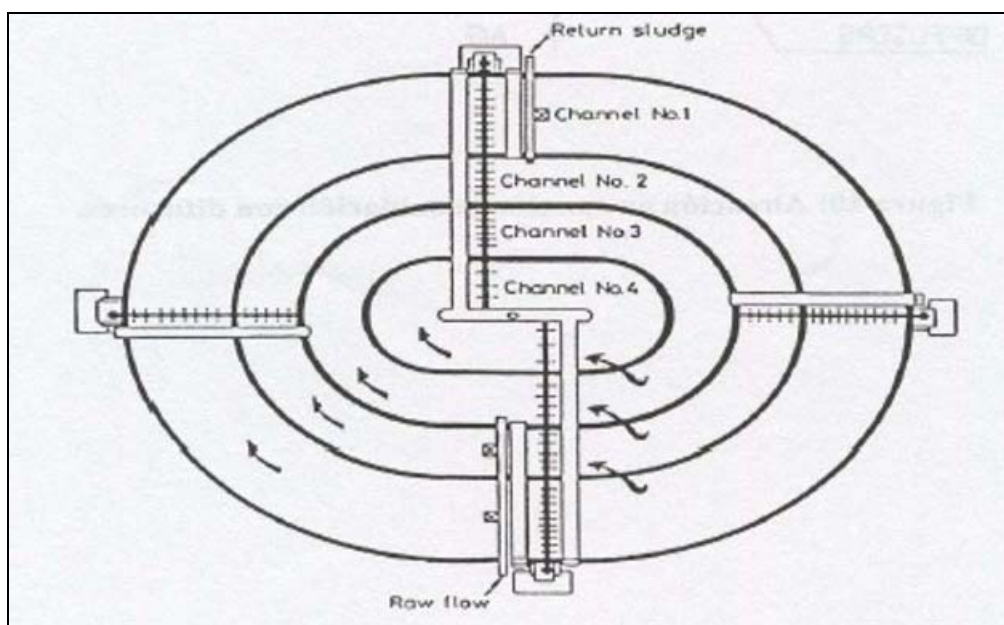
Si asociamos zonas del tanque con poco oxígeno y alta carga, conseguimos eliminar nitrógeno.

#### 6.3.2 Proceso orbital:

Este sistema consiste en una serie de canales concéntricos, en los que las cantidades de oxígeno suministrado varían de un canal a otro.

El agua pasa, inicialmente, al canal periférico y a través de pasos sumergidos, va circulando de un canal a otro para llegar finalmente a un decantador.

La característica principal del sistema orbal es el diferente grado de oxigenación que se mantiene en los distintos canales, típicamente operando en 0, 1 y 2 ppm de oxígeno disuelto en el primer, segundo y tercer canal respectivamente.



El sistema es idóneo para procesos de nitrificación-desnitrificación, ya que el agua entra en el primer canal y el fango allí existente empieza a degradar la materia orgánica, empezando a desarrollarse bacterias desnitrificantes (zona de poco oxígeno), posteriormente el agua va pasando por los canales mas oxigenados donde va sufriendo procesos de oxidación biológica y nitrificación. El licor mezcla se recircula del tercer al primer canal, permitiendo que los nitratos formados sean transformados en nitrógeno atmosférico por las bacterias desnitrificantes.

#### **6.4 Procesos de bioabsorción**

La bioabsorción es el fenómeno mediante el cual la materia orgánica se adhiere a la superficie de los flóculos y es degradada por las bacterias allí existentes.

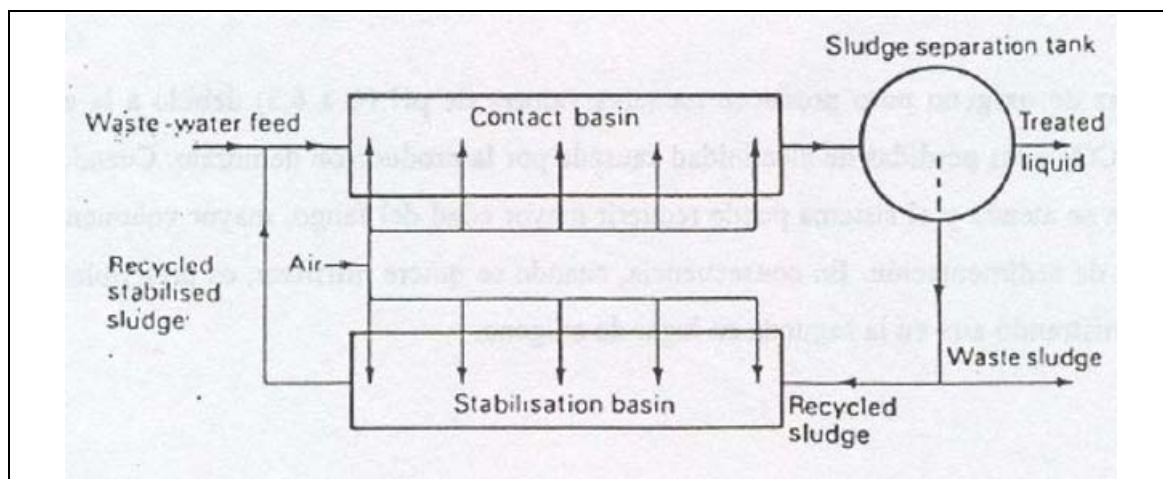
Este fenómeno es mas acusado cuanto mejor funciona un fango activo y presenta flóculos muy bien formados.

Podemos distinguir dos tipos de procesos de fangos activos que aprovechan las propiedades bioadsorbentes de los flóculos.

##### **6.4.1 Contacto-estabilización**

La alimentación por agua residual del proceso biológico tiene lugar en dos etapas que se desarrollan en cubas separadas.

La primera es la fase de adsorción que se desarrolla en la primera cuba durante 20-60 minutos. En ella se adsorben en los flóculos una buena parte de la materia orgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual. A continuación el agua pasa a un clarificador y el fango decantado pasa a la segunda cuba de aireación donde se le da tiempo suficiente para que se produzca la oxidación de la materia orgánica por las bacterias.



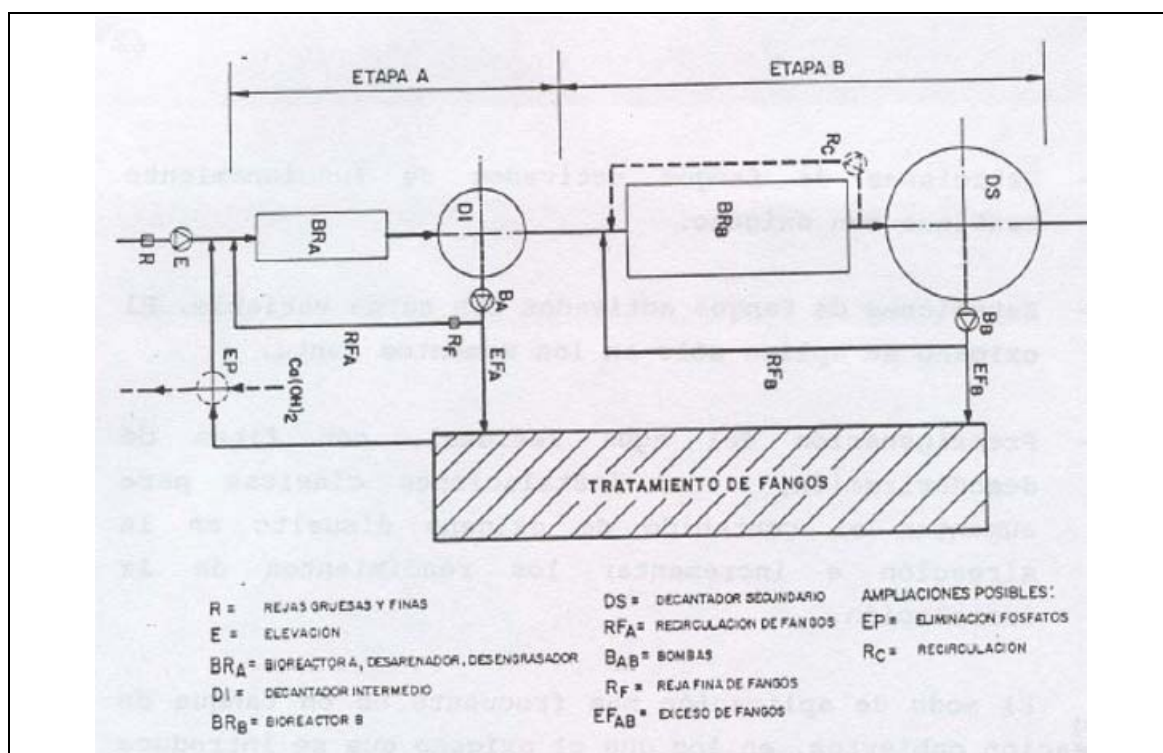
Este tipo de proceso es muy flexible y se utiliza muchas veces como ampliación de plantas existentes.

#### 6.4.2 Proceso de doble etapa

Consiste en realizar una depuración biológica en dos etapas, cada una de las cuales presenta reactor biológico y decantador secundario.

En la primera etapa se alimenta la primera cuba con cargas elevadas, con un corto período de oxigenación, lo que favorece el desarrollo de microorganismos resistentes a elevadas cargas y sustancias tóxicas favoreciéndose las propiedades adsorbentes de los flocúlos.

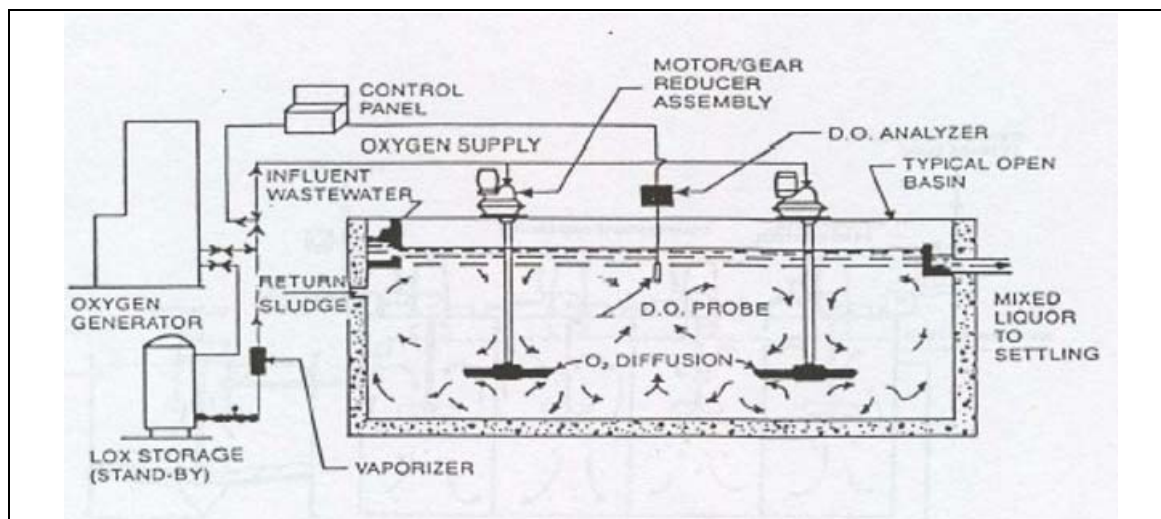
En la segunda etapa, se establece una carga media o baja, con un alto contenido en oxígeno, funcionando de forma similar a los procesos convencionales, predominando la oxidación biológica.



Este sistema es interesante para aguas residuales con fuertes variaciones de carga, pH, componentes tóxicos etc., es decir aguas residuales con fuerte componente industrial.

## 6.5 Sistemas de oxígeno puro

Son similares a los procesos convencionales solo que en lugar de aire utilizamos oxígeno puro. El oxígeno puro es mas caro, sin embargo, conseguimos las mismas cantidades de oxígeno en cuba con un menor consumo energético. El oxígeno puede ser recirculado.



El oxígeno puro suele utilizarse con diversas finalidades:

- Estaciones de fangos activos de funcionamiento continuo.
- Estaciones de fangos activos con carga variable, aplicándose solo el oxígeno en los momentos punta.
- Preoxigenación del agua residual, con fines de desodorización o en instalaciones clásicas para aumentar el contenido de oxígeno disuelto e incrementar los rendimientos de depuración.

## 7 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE FANGOS ACTIVOS

Nace en 1882 con los primeros ensayos de aireación de efluentes. La publicación de su definición se realizó en Gran Bretaña por Arden y Locketten 1914.

Se pueden distinguir dos operaciones distintas: **OXIDACIÓN BIOLÓGICA Y SEPARACIÓN SÓLIDO LÍQUIDO.**

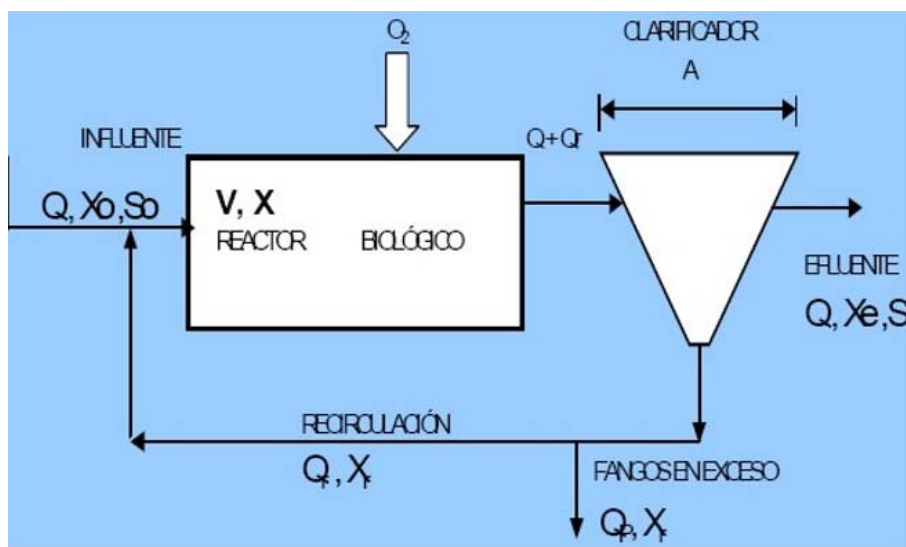
**OXIDACIÓN:** Se provoca el desarrollo de un cultivo biológico, formado por muchos y diversos microorganismos que se agrupan en flóculos (fangos activados).

- Las bacterias se multiplican rápidamente y al principio están libres en el líquido, pero más tarde se aglutinan para formar el floculo. Se considera que la floculación está causada por exopolímeros de origen natural segregados en la superficie celular de las bacterias.
- Se considera que este material polimérico se produce en la fase endógena de crecimiento (crecimiento con limitación de carbono).
- En el reactor biológico, la población bacteriana (Licor Mezcla, MLSS) se mantiene en un determinado nivel, para establecer un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos.

- El tratamiento necesita un sistema de aireación y agitación para el aporte del oxígeno y capacidad de homogenización necesario que mantenga la acción depuradora de las bacterias aerobias.

SEPARACIÓN SÓLIDO LÍQUIDO: Una vez oxidada la MO, el licor mezcla se envía a un decantador (decantador secundario), para permitir la separación agua-floculo.

- Por último, es necesaria realizar una recirculación, a la cabecera del reactor biológico, del los sólidos decantados en los clarificadores secundarios, con el fin de mantener constante la población bacteriana.
- El excedente de bacterias generado en el proceso se extraen del sistema hacia la línea de fangos para controlar la concentración de  $\mu$ -organismos presentes en el reactor.



PARÁMETROS DE CONTROL DEL SISTEMA BIOLÓGICO			
Nº	DESCRIPCIÓN	PARAMETRO	UNIDAD
1	AGUA DE ENTRADA	Caudal	m <sup>3</sup> /h
		Sólidos Suspendidos	mg/L
		DBO	gr O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
		DQO	gr O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
2	REACTOR	MLSS	mg/L
		MLVSS	mg/L
		IVF	mL/g
		Análisis Microscópico	-----
		Cm (F/M) o Edad (MCRT)	(d <sup>-1</sup> ) ó (d)
	Oxígeno disuelto	mg/L	
3	CLARIFICADOR	Carga Superficial de Sólidos	Kg MLSS/(m <sup>2</sup> xh)
		Carga Hidráulica	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> xh)
		Lecho de Fangos	m
4	AGUA TRATADA	Sólidos Suspendidos (MES)	mg/L
		DBO	gr O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
		DQO	gr O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
		Turbidez	NTU
5	FANGOS EN EXCESO	Caudal	m <sup>3</sup> /h
		MLSS ó % Concentración	(mg/L) ó %
6	RECIRCULACIÓN	Caudal	m <sup>3</sup> /h
		MLSS ó % Concentración	(mg/L) ó %

## **7.1 Cuba de aireación**

Las cubas son, generalmente, abiertas y construidas de hormigón armado.

La configuración hidráulica debe garantizar que frente a las normales variaciones de caudal, la altura del licor de mezcla no variará en más de 30 cm.

La guarda hidráulica debe de ser suficiente, para evitar las proyecciones de fangos y espumas.

El sistema de aireación puede ser por turbinas o por difusores, y se deben de tomar las precauciones necesarias para evitar los ruidos molestos producidos por los sistemas de aporte de aire.

Para plantas pequeñas, la regulación en la oxigenación, puede ser mediante arranque y parada de los equipos mediante temporizadores. Para plantas grandes, la regulación debe ser obligatoriamente en función del oxígeno disuelto del reactor biológico.

Resulta interesante disponer de un dispositivo de control de espumas, que puede consistir en boquillas pulverizadoras montadas a lo largo del borde superior del tanque de aireación.

## **7.2 Decantadores secundarios o clarificadores**

Existen tres tipos fundamentales:

### **7.2.1 Decantadores circulares de rasquetas**

Son decantadores de forma circular con sistema de barrido de fangos radial.

Las rasquetas de barrido de fangos, conviene que no formen una sola unidad y que sean fácilmente desmontables y extraíbles.

El sistema de arrastre de fangos se desplazará a la velocidad de 120 m/h (perimetral).

La pendiente de solera es del 4 al 10% y el calado de borde entre 2,5 y 3,5 m.

El decantador dispondrá de un sistema de recogida superficial de espumas y flotantes.

Se recomienda que existan paletas de espesamiento en el pozo central de recogida de los fangos.

### **7.2.2 Decantadores rectangulares de rasquetas**

Presentan la ventaja de permitir una implantación más compacta de todo el tratamiento biológico.

La profundidad suele estar comprendida entre 2,5 y 4 m, siendo la pendiente de solera aproximadamente del 1%.

La velocidad máxima de arrastre de fangos es de 60 m/h.

El pozo de recogida de fangos se diseña de forma que los fangos no estén retenidos más de 5 horas (válido también para los decantadores circulares).

Los carros móviles deben tener fácil acceso y un sistema de paro frente a obstáculos.

Presentan sistemas de recogida de espumas y flotantes.



### **7.2.3 Decantadores de succión**

Se instalan para decantadores con un diámetro superior a 35 m, recomendándose la recogida de fangos por succión y la evacuación de los fangos se hace mediante un sifón.

Al igual que los anteriores presenta un sistema de recogida de espumas y flotantes.

Todos los tipos de decantadores presentan bombas para la evacuación de fangos y para su recirculación a las cubas de aireación. Los sistemas de extracción de fangos son regulables y controlables mediante temporizadores programables.

## **8 CAUSAS Y PROBLEMAS HABITUALES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DEL PROCESO**

### **8.1 Causas de aparición de problemas**

Los caudales y la composición de las aguas residuales varían a lo largo del día. El operador debe de intentar mantener el proceso en situación estable y debe de hacer frente a las variaciones de caudal y carga para conseguir un efluente de calidad.

Las variaciones que pueden afectar el funcionamiento de la instalación pueden tener dos orígenes: el sistema colector y la propia depuradora.

#### **8.1.1 Variaciones en el sistema colector**

Pueden ser debidas a:

- Sistemas de alcantarillado unitario: en épocas de lluvia, la estación depuradora recibe un caudal superior al habitual lo que plantea diversos problemas como son un menor tiempo de residencia del agua en las unidades de tratamiento, mayor arrastre de sólidos y aumento de la carga orgánica debido al arrastre de residuos acumulados en las alcantarillas. No es este el caso en estudio dado que la industria de matadero de aves dispone de **red separativa** pluvial y residual.
- Usuarios del sistema: los vertidos de las industrias producen variaciones tanto en el caudal como en las características de las aguas residuales que llegan a la planta depuradora. Este punto se ha de controlar para poder tomar las medidas oportunas.
- Mantenimiento del sistema colector: conocer anticipadamente estas actividades nos puede ahorrar muchos problemas. Por ejemplo si se pone en funcionamiento una estación elevadora que lleva mucho tiempo sin funcionar, grandes volúmenes de aguas sépticas pueden producir cargas de choque en el tratamiento, ocurriendo lo mismo cuando se desatasquen tuberías o se conecten tuberías nuevas al sistema.

#### **8.1.2 Variaciones en el funcionamiento**

Para determinar si la estación depuradora está descargando un efluente de calidad, hay que revisar los análisis de laboratorio. Si no se logra la calidad deseada hay que determinar que factores han provocado la disminución del rendimiento del proceso. Dichos factores pueden ser:

- Influyente de mayor carga o de características difíciles de tratar.
- Concentración inadecuada de microorganismos en el aireador.
- Evacuación excesiva o insuficiente de fangos en exceso.

- Caudal de recirculación de fangos inadecuado.
- Excesivo tiempo de permanencia de fangos en el decantador.
- Disminución o exceso de oxígeno en la cuba de aireación.
- Falta de homogeneidad en la cuba por una agitación deficiente.

## **8.2 Problemas habituales**

### **8.2.1 Cambios en el caudal y características de las aguas residuales**

El operador deberá estar siempre alerta frente a la posibilidad de que se viertan tóxicos, a los vertidos accidentales y frente a las tormentas o cualquier otro factor que pueda causar una variación en el caudal del influente o en sus características.

Para compensar los excesos de sólidos y aumento de caudal en épocas de lluvia, reajuste los caudales de recirculación y purga de fangos para mantener la máxima concentración de fangos activos en la cuba de aireación.

Los cambios en las características de las aguas residuales por vertidos industriales pueden ser puntuales o estacionales. Intente mantener buena relación con los gerentes de las fábricas y consiga que le comuniquen cualquier cambio que pueda ocasionar problemas. Intente convencerles de que descarguen los vertidos anormales poco a poco y no de una vez.

### **8.2.2 Presencia en el digestor de fangos de un sobrenadante con excesiva carga de sólidos**

Los sobrenadantes de la digestión y el espesamiento de fangos son enviados al tratamiento primario. Esta recirculación de sobrenadantes debe ser lenta y realizarse durante periodos de baja carga.

Normalmente los sólidos que salen del digestor de fangos, presentan una elevada demanda de oxígeno inmediata y contienen gran cantidad de sólidos coloidales y disueltos de bajo contenido volátil. Si estos sólidos pasan a la cuba de aireación, se produce en la cuba una demanda de oxígeno superior a la habitual, por lo que, es necesario regular la aireación. Además se han de regular los caudales de purga y recirculación con mucho cuidado, ya que la concentración en sólidos inertes (no biológicos) aumenta y si purgamos excesivamente podemos lavar de microorganismos el reactor biológico.

En este caso, se deben mantener los sólidos en el digestor de fangos más tiempo y aumentar la concentración de sólidos en los fangos enviados al digestor.

### **8.2.3 Subida de fangos por gasificación**

No se debe confundir la gasificación con el problema de formación de fangos esponjosos o de espumas. En la gasificación, los fangos se sedimentan y compactan de forma satisfactoria en el fondo del decantador, pero luego suben hasta la superficie en forma de pequeñas partículas, siendo lavados con el efluente. Esto suele ir acompañado de una fina espuma, que aparece en la superficie del decantador.

Los fangos suben porque se producen gases en ellos que tienden a elevarlos a la superficie. La gasificación puede deberse a varios fenómenos, como son la formación de nitrógeno atmosférico y otros tipos de gases. Suele ser debido a un excesivo tiempo de retención de los fangos en el decantador secundario, agotándose el oxígeno que llevan y propiciándose el desarrollo de bacterias que producen los gases anteriormente mencionados. Por ello, los decantadores deben de estar provistos de deflectores y recogedores de flotantes, evitando que los fangos ascendentes se incorporen a la línea de aguas.

### 8.2.4 Esponjamiento de los fangos

Esponjamiento es el término que se aplica cuando los fangos biológicos muestran una velocidad de sedimentación muy lenta. Esto hace que en decantador secundario no de tiempo para que se produzca la separación sólido-líquido. El manto de fangos en el clarificador se hace mayor y asciende hasta pasar sobre los vertederos, saliendo con el efluente.

Se considera que existen distintos factores que favorecen el esponjamiento de los fangos. Entre ellos una descompensación alimento y cantidad de organismos, un exceso o defecto de oxígeno disuelto en la cuba, pH bajos, una relación poco equilibrada de nutrientes etc.

Es necesario por tanto, que la cuba de aireación tenga condiciones de funcionamiento equilibradas, siendo necesario vigilar para evitar este tipo de problemas:

**La edad del fango:** ya que fangos demasiado jóvenes favorecen el esponjamiento. Vigile los sólidos que llegan al tanque y regule cuidadosamente el caudal de evacuación de fangos.

**Nivel de oxígeno disuelto:** evita que se produzcan niveles demasiado bajos o altos de oxígeno en la cuba, ya que esto favorecería el desarrollo de microorganismos filamentosos que tienden a flotar.

**Tiempo de aireación:** el esponjamiento por un período de aireación excesivamente corto, suele ser consecuencia de un defecto en el proyecto de la planta, a no ser que en ésta se haya adquirido la costumbre de mantener un volumen excesivo de recirculación de fangos. Si es así, se reduce el caudal de recirculación y se aumenta la purga de fangos, hasta estabilizar el proceso.

**Presencia de organismos filamentosos:** los organismos filamentosos presentan graves problemas, pues aparecen mucho más rápidamente de lo que desaparecen. Tienden a flotar descompensando totalmente el funcionamiento de los fangos en el decantador secundario. Suelen desarrollarse masivamente cuando existe una descompensación en la relación carga de la cuba / oxígeno disuelto en ella. Dependiendo de que la descompensación vaya en un sentido u otro, se desarrollarán organismos diferentes que se manifiestan en fenómenos distintos que reciben diferentes nombres (espumas y *bulking*).

**Otros:** Existen otro tipo de factores que estimulan también el desarrollo masivo de estos organismos como son: la calidad del agua residual a tratar, la presencia de putrefacción en el agua, bajas cantidades de fósforo etc.

Es necesario, por tanto, un buen mantenimiento de las condiciones funcionales de la planta para evitar el esponjamiento de los fangos y si este sucede, hay que actuar rápidamente, aumentando la densidad de estos fangos. Este aumento de densidad se puede conseguir bien variando las condiciones del proceso (caudales de purga y recirculación, niveles de oxígeno disuelto, carga de alimentación), bien incrementando los sólidos inertes en la cuba de aireación o añadiendo sustancias como son los floculantes químicos.

## 9 INTRODUCCIÓN A LA BIOINDICACION COMO PARÁMETRO DE MANTENIMIENTO

Se puede definir la bioindicación como un método de trabajo en el cual, a través de la observación microscópica de un fango activo podemos saber cómo está funcionando

el proceso y como modificar sus condiciones funcionales para obtener un óptimo rendimiento de él.

Los organismos que vamos a utilizar como indicadores del buen o mal funcionamiento del proceso son los conocidos como protozoos.

Los protozoos son organismos unicelulares muy especializados. La variedad morfológica de este grupo de organismos es muy amplia. Presentan un importante papel en los sistemas de depuración. Este importante papel se fundamenta en tres razones principales:

- Algunos de ellos, al igual que las bacterias, consumen materia orgánica del agua residual.
- Excretan determinado tipo de sustancias que favorecen la formación de flóculos.
- La tercera y más importante, son los principales consumidores de las poblaciones bacterianas de los sistemas acuáticos. Siendo las bacterias los principales organismos que descomponen la materia orgánica del medio, los protozoos con su consumo bacteriano ejercen un importante papel regulador sobre estas poblaciones, consiguiendo un óptimo rendimiento de la tasa de consumo de materia orgánica por parte de las bacterias.

Por todo lo anteriormente expuesto, es interesante el desarrollo, en el depósito de aireación, de protozoos. En este sentido, existen estimas donde se observa que en las cubas de aireación con poblaciones de este grupo de organismos bien desarrolladas, los rendimientos en depuración de materia orgánica y en disminución de patógenos y fecales eran superiores a en las cubas donde no habitaban.

Por otro lado, las comunidades de diversos protozoos van cambiando a medida que varían diferentes variables del funcionamiento de los depósitos de aireación. De esta forma, existen comunidades características de fangos de diferente edad, así como en fangos con cualidades diferentes en cuanto a nitrificación, rendimiento de depuración etc.

A su vez, existen grupos de protozoos que toleran rangos muy estrechos de las condiciones ambientales en que viven, por ejemplo: niveles de oxígeno, presencia de tóxicos etc. Por lo que su presencia indica determinadas condiciones del medio.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos concluir que a través de la observación microscópica de las poblaciones de protozoos que habitan en la cuba de aireación, así como del número de organismos diferentes de este grupo que aparecen en un momento dado, podemos obtener un índice de calidad biológica del fango.

Si además tenemos conocimientos de sus características de vida, podemos prever situaciones que no son detectables mediante técnicas analíticas convencionales y que nos dan la capacidad de actuar anticipadamente a la aparición de graves problemas que nos descompensen el funcionamiento de la planta depuradora.

Se pueden considerar los protozoos y la bioindicación como un parámetro de gran interés en el mantenimiento de los procesos de depuración biológica aerobia, como son los fangos activos.

La utilización de este parámetro se basa en el conocimiento y la experiencia del personal que lo utiliza, permite una gran rapidez de respuesta y requiere muy poco gasto.

Se informa de estos procedimientos por si los considera oportuno el explotador.

## 10 SINTESIS Y CONCLUSIÓN

La instalación a diseñar hay que entenderla como parte de un sistema formado por:

- La Cuenca receptora (colectores, orografía, vertidos, estacionalidad etc.)
- Estación depuradora (tecnología empleada, tipo de tratamiento, etc.)
- Repercusión sobre el cauce receptor (río, lago, zona costera, etc.)
- Otros factores externos (climatología invierno-verano)

El municipio de Bellvís está situado al NO de la comarca del Pla d'Urgell. La cuenca receptora comprende el curso bajo del río Corp, afluente del Segre, y el vertido de la depuradora en proyecto se realiza sobre riera pública que recibe los drenajes de las tierras regadas por la acequia Tercera del canal d'Urgell, riera que a su vez vierte al mencionado río Corp.

En este sentido la zona hay que entenderla como sensible y sometida a las condiciones de vertido del Organismo Gestor de Cuenca que es la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) que a su vez dispone la gestión mediante la Agencia Catalana del Agua (ACA).

Por lo tanto, atendiendo a las bases legales indicadas en el **anejo 1**, las características exigibles al efluente, según el Anexo I de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 21/271/CEE de 21 de mayo de 1991 y el Anexo III que asimila las aguas residuales procedentes de industrias de la carne a vertidos urbanos, la concentración de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales a diseñar serán, como en el **anejo 2** se ha expuesto:

PARAMETROS	Base legal	Objetivo diseño
pH	6 - 9	6 - 9
S.S.	≤ 80 ppm	35 ppm
DBO <sub>5</sub>	≤ 40 ppm	25 ppm
DQO	≤ 150 ppm	125 ppm
Amonio	≤ 5 ppm	≤ 5 ppm
Nitrógeno Total	≤ 15 ppm	≤ 15 ppm
Fosfora Total	≤ 2 ppm	≤ 2 ppm
Aceites y grasas	≤ 20 ppm	18 ppm

Respecto a la EDAR a diseñar se considera, de acuerdo con todo lo anteriormente expuesto, adoptar:

### Línea de aguas:

- Un **tratamiento primario** donde se eliminen los sólidos en suspensión fácilmente sedimentables, parte de materia orgánica y los aceites y grasas.
- Seguido de un tratamiento biológico (reactor biológico) por cultivos en suspensión (**fangos activos**) a fin de oxidar la materia orgánica (eliminación de carbono) y procesos de nitrificación-desnitrificación para eliminación de nitrógeno.

- **Tratamiento químico** del agua, previamente a su clarificación, mediante coagulación a fin de asegurar niveles inferiores a 2 mg/l de P<sub>total</sub>
- **Decantación secundaria** para clarificación del agua, que mediante sedimentación los flóculos, formados en el reactor biológico, decantan y se extraen. Una parte se emplea en recirculación de dichos fangos y los lodos en exceso para su acondicionamiento posterior.

Las tecnologías a emplear para el tratamiento primario son:

- Pretratamiento para separación de sólidos mediante tamiz rotativo.
- Separación de aceites y grasas tipo CAF a fin de disminuir el uso de floculantes
- Deposito de homogenización de carga y caudal con bioabsorción
- Reducción de la carga prevista a entrada a biológico mediante flotación tipo DAF con dos opciones:
  - Sin reactivos (DAF-SR)
  - Con reactivos (DAF-CR)

A definir según tecnología empleada en el reactor biológico.

Para la tecnología a emplear en el reactor biológico de fangos activos se presentan dos opciones:

- Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo
- Reactor biológico secuencial (SBR)

**Línea de lodos:**

- Depósito Estabilizador-Homogeneizador-Espesador de los fangos mixtos (físico-químico + biológicos)
- Tratamiento de deshidratación de fangos de tipo mecánico mediante centrifuga horizontal

## ANEJO NÚM. 5

### CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DEPURACIÓN POR FANGOS ACTIVADOS DE BAJA CARGA

---

#### ÍNDICE

<b>1</b>	<b>OBJETO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PRETRATAMIENTO</b> .....	<b>2</b>
2.1	Tamizado y bombeo .....	2
2.2	Desengrase (CAF) .....	3
2.2.1	Bases de partida .....	3
2.2.2	Flotador sistema CAF .....	4
<b>3</b>	<b>HOMOGENEIZACIÓN DE CARGA Y CAUDAL</b> .....	<b>6</b>
3.1	Depósito de homogenización: relación caudales-niveles .....	6
<b>4</b>	<b>TRATAMIENTO PRIMARIO: BIOADSORCION CON FLOTACION TIPO FAD</b> .....	<b>10</b>
4.1	Bases de partida .....	10
4.2	Flotador sistema FAD .....	10
4.2.1	Dimensiones .....	10
4.2.2	Circuito de presurización.....	11
4.3	Producción de Lodos .....	11
<b>5</b>	<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON NITRIFICACION DESNITRIFICACION</b> .....	<b>13</b>
5.1	Bases de partida .....	13
5.1.1	Caudales y parámetros unitarios .....	13
5.1.2	Caudales de dimensionamiento.....	13
5.1.3	Característica de la contaminación .....	13
5.2	Dimensionamiento tratamiento biológico .....	14
5.2.1	Cálculo volumen reactor .....	14
5.2.2	Nitrificación.....	14
5.2.3	Desnitrificación.....	14
5.2.4	Solución adoptada .....	15
5.3	Dimensionamiento: oxigenación .....	16
<b>6</b>	<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO</b> .....	<b>17</b>
6.1	Selección .....	17
6.2	Características generales y funcionamiento .....	17

## ANEJO NÚM. 5

### CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DEPURACIÓN POR FANGOS ACTIVADOS DE BAJA CARGA

---

#### 1 OBJETO

Operaciones:

Matanza diaria de pollos y gallinas de lunes a viernes, ocasionalmente sábados.

Despiece de lunes a viernes, ocasionalmente sábados.

Recuperación de sangre 95 %

Recuperación de plumas 95%

Datos del influente

Caudal diario medio  $Q_d = 1000 \text{ m}^3/\text{día}$

Caudal medio (16 h/día)  $Q_{16} = 62,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal punta (8 h/día)  $Q_8 = 125 \text{ m}^3/\text{h}$

Margen para el diseño 20%

Caudal diario punta  $= 1,2 \cdot Q_d = 1200 \text{ m}^3/\text{día}$

Caudal diario de diseño  $1200 \text{ m}^3/\text{día}$

Contaminación:

DQO adoptada 4400 ppm

DBO5 adoptada 2250 ppm

SS adoptada 1800 ppm

Aceite y grasas 300 ppm

Ntotal 385 ppm

Límites de vertido:

DQO 125 ppm

DBO5 25 ppm

SS 35 ppm

Aceite y grasas 18 ppm

Ntotal 15 ppm



## 2 PRETRATAMIENTO

### 2.1 Tamizado y bombeo

Caudal diario medio m <sup>3</sup> /día	1000
Caudal diario punta medio m <sup>3</sup> /día	1200
Caudal medio m <sup>3</sup> /h (Q <sub>16</sub> )	62,5
Caudal punta m <sup>3</sup> /h (Q <sub>10</sub> )	125

#### TAMIZADO

Tipo	Sinfín instalado en canal
Paso de sólidos	3,0 mm
Anchura de canal	500,0 mm
Calado máximo	700,0 mm
Coronación de canal	900,0 mm
Cota colector de llegada	400,0 mm
Altura de descarga sobre cota parcela.	1800,0 mm
Accionado por motoreductor de	1,5 kW

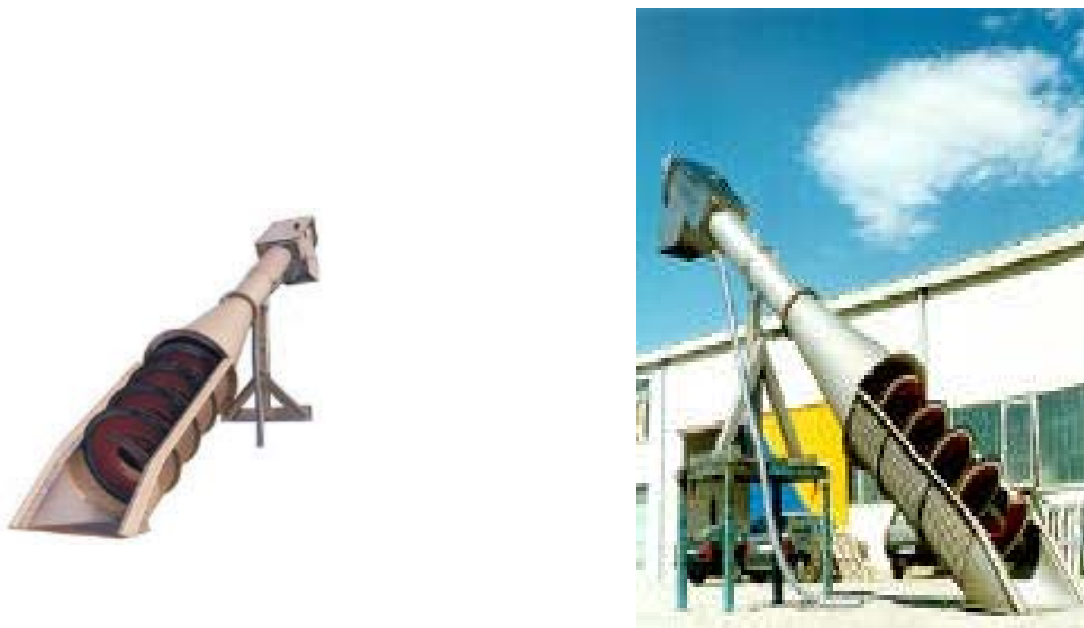
#### POZO DE BOMBEO

Cota del colector de llegada	0,5 m
Cota de impulsión sobre parcela	<b>7,5</b> m
Resguardo hidráulico en pozo de bombeo)	0,1 m
Altura geométrica de elevación	7,1 m
Perdidas de carga en tuberías (m)	0,5 m
<b>Altura total de elevación</b>	<b>7,6</b> m
Caudal punta	125,0 m <sup>3</sup> /h
Número de bombas	2,0 ud
Número de bombas de reserva	1,0 ud
Número total de bombas	2,0 ud
Capacidad unitaria	125,0 m <sup>3</sup> /h
Tipo de rodete recomendado para aguas sucias	CB
Paso de sólidos	100,0 mm
Diámetro de impulsión	150,0 mm
Rendimiento hidráulico	0,6
Rendimiento eléctrico	0,8
Potencia unitaria (kw)	5,4 kW
Potencia eléctrica adoptada (kW)	5,5 kW
Longitud	4,0 m
Anchura	3,0 m
Superficie útil	12,0 m <sup>2</sup>
Profundidad útil del pozo	2,5 m <sup>3</sup>
Volumen útil del pozo	30,0 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención medio	28,8 min
Tiempo de retención mínimo	14,4 min

Control de nivel 1	Medidor ultrasónico salida 4-20 mA Variador de frecuencia 1
Control de nivel 2	Boyas de nivel
Funcionamiento de bombas	1+1 Reserva uso alternativo

El tamizado se diseña con capacidad para el caudal punta previsto (125 m<sup>3</sup>/h) exento del 95% de plumas. Se ha supuesto que el agua a tratar se recibe en la E.D.A.R. en la cota (- 2) sobre la (± 0,00) de explanación de la parcela, recepcionándose en un canal de 700 mm de ancho y 900 mm de alto. En el canal de recepción se instalará un tamiz sinfín de 3 mm. de luz de paso, accionado por un motorreductor de 1,5 kW, dotado de compactador de sólidos a efectos de reducir los costes de explotación.

Los rechazos descargarán directamente sobre el contenedor de evacuación, que estará dotado de orificios de drenaje.



## 2.2 Desengrase (CAF)

Para evitar el uso de floculantes se diseña un desengrase automático por flotación con inyección de aire y recogida de grasas mediante un rascador circular.

### 2.2.1 Bases de partida

Caudal medio	62,5	m <sup>3</sup> /h
Coefficiente punta de caudal	2,00	
Caudal punta de tratamiento	125	m <sup>3</sup> /h
Concentración aceites y grasas	300	ppm
Rango de rendimiento eliminación aceites y grasas (CAF)	70-90	%
Rendimiento eliminación aceites y grasas adoptado	75	%
Aceites y grasas eliminadas $300 \cdot 0,75 =$	225	ppm
Aceite y grasas salida desengrase $300 \cdot (1-0,75) =$	75	ppm

El rendimiento adoptado está del lado conservador, dado que para este tipo de desengrase se alcanzan valores del 90% de grasas en emulsión (no disueltas)

## 2.2.2 Flotador sistema CAF

### 2.2.2.1 Dimensiones

$V_{d(max)}$ = Velocidad descensional máxima	8 m/h
$TR$ = Tiempo de retención	20 min
$V_n$ = Volumen necesario $125 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 20 \text{ min} \cdot 1 \text{ h}/60 \text{ min} =$	41,67 m <sup>3</sup>
$S_n$ = Superficie necesaria $125 \text{ m}^3/\text{h} / 8 \text{ m}/\text{h} =$	15,62 m <sup>2</sup>
$L'_u$ = Longitud útil adoptada	10,00 m
$A_u$ = Anchura útil necesaria	1,56 m
$A'_u$ = Anchura útil adoptada	2,0 m

Donde

$V_{d(max)}$  = Velocidad descensional máxima (m/h)

$TR$  = Tiempo de retención (min)

$V_n$  = Volumen necesario (m<sup>3</sup>) =  $Q_p \times TR$

$S_n$  = Superficie necesaria (m<sup>2</sup>) =  $Q_p \times V_{d(max)}$

$A_u$  = Anchura útil necesaria (m) =  $Q_m \times A_u$

Caudal en vertedero $62,5 \text{ m}^3/\text{h} / 1,5625 \text{ m} =$	40,00 m <sup>3</sup> /h·m
Superficie efectiva adoptada	20,00 m <sup>2</sup>
<b>Velocidad ascensional máxima adoptada <math>125 \text{ m}^3/\text{h} / 20 \text{ m}^2 =</math></b>	<b>6,25 m/h</b>
<b>Velocidad ascensional media adoptada <math>75 \text{ m}^3/\text{h} / 20 \text{ m}^2 =</math></b>	<b>3,13 m/h</b>
Calado recto adoptado	4,2 m
Volumen total adoptado $20 \text{ m}^2 \cdot 4,2 \text{ m} =$	84,0 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención mínimo adoptado $84 \text{ m}^3 \cdot 60 \text{ min}/\text{h} / 125 \text{ m}^3/\text{h} =$	40,32 min
Tiempo de retención medio adoptado $84 \text{ m}^3 \cdot 60 \text{ min}/\text{h} / 62,5 \text{ m}^3/\text{h} =$	80,64 min
Rango aceptación s/ CEDEX	> 15 min

### 2.2.2.2 Equipos CAF

Número de unidades	2
Tipo	Sumergible
Velocidad	1350
Diámetro turbina de cavitación	156 rpm
Inmersión optima	1,9 mm
Potencia instalada	0,75 kW
Carcasa	Fundición
Turbina	Inox 304
Tamaño de micro burbuja	300-500
DN aspiración aire (exterior)	60 micras
Cadena	Inox 304 mm
Tubería aspiración aire	Inox 304

Se diseña con capacidad para caudal punta de diseño (125 m<sup>3</sup>/h).

Para eliminar la grasa bruta y parcialmente la emulsionada, se proyecta un desengrasador de 8 m de largo, 2,0 m de ancho y 4,6 m de calado con compartimento de agitación – aireación mediante dos bombas de cavitación CAF de 0,75 kw. y compartimento de tranquilización con puente barredor superficial accionado por motorreductor de 0,37 kW, dotado de cadenas inox. 304 y paletas inox. 304 con terminación en banda de neopreno.

Para protección ante sobrecargas, se colocará un limitador de par mecánico tipo embrague.

Las grasas y flotantes descargarán directamente por gravedad a un canal dotado de transportador concentrador de grasas tipo sinfín de eje hueco que descarga sobre contenedor.

El contenedor estará dotado de orificios de drenaje a un sumidero conectado con la red general de drenajes.



### 3 HOMOGENEIZACIÓN DE CARGA Y CAUDAL

Para realizar una buena homogeneización de las cargas a tratar y una correcta distribución del caudal diario a tratamientos posteriores, se proyecta un depósito de la capacidad que seguidamente se justifica, que permita asegurar la laminación de puntas de carga y de caudal y la alimentación programada al tratamiento físico – químico siguiente.

#### 3.1 Depósito de homogeneización: relación caudales-niveles

Datos de partida:

Caudal diario punta medio 1200 m<sup>3</sup>/día

Retornos extracción fangos y drenajes 10%

Caudal diario para diseño del depósito de homogeneización  $1200 \cdot 1,1 = 1.320 \text{ m}^3/\text{día}$

Proceso industrial que genera vertido: de 6 a 14 h matanza y 14 a 22 despiece y limpiezas

Caudal de salida a tratamiento posterior (DAF) 50 m<sup>3</sup>/h

Entrada m <sup>3</sup> /h	Caudales		Hora	Lunes	Martes	Miércol.	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	Salida m <sup>3</sup> /h	Totalizado m <sup>3</sup>								
	50	50,00	0	0,00	370,00	490,00	610,00	730,00	850,00	0,00
	50	100,00	1	0,00	320,00	440,00	560,00	680,00	800,00	0,00
	50	150,00	2	0,00	270,00	390,00	510,00	630,00	750,00	0,00
	50	200,00	3	0,00	220,00	340,00	460,00	580,00	700,00	0,00
	50	250,00	4	0,00	170,00	290,00	410,00	530,00	650,00	0,00
	50	300,00	5	0,00	120,00	240,00	360,00	480,00	600,00	0,00
90	50	350,00	6	40,00	160,00	280,00	400,00	520,00	550,00	0,00
100	50	400,00	7	90,00	210,00	330,00	450,00	570,00	500,00	0,00
110	50	450,00	8	150,00	270,00	390,00	510,00	630,00	450,00	0,00
120	50	500,00	9	220,00	340,00	460,00	580,00	700,00	400,00	0,00
130	50	550,00	10	300,00	420,00	540,00	660,00	780,00	350,00	0,00
110	50	600,00	11	360,00	480,00	600,00	720,00	840,00	300,00	0,00
130	50	650,00	12	440,00	560,00	680,00	800,00	920,00	250,00	0,00
100	50	700,00	13	490,00	610,00	730,00	850,00	970,00	200,00	0,00
70	50	750,00	14	510,00	630,00	750,00	870,00	990,00	150,00	0,00
60	50	800,00	15	520,00	640,00	760,00	880,00	1000,00	100,00	0,00
70	50	850,00	16	540,00	660,00	780,00	900,00	1020,00	50,00	0,00
50	50	900,00	17	540,00	660,00	780,00	900,00	1020,00	0,00	0,00
60	50	950,00	18	550,00	670,00	790,00	910,00	1030,00	0,00	0,00
40	50	1000,00	19	540,00	660,00	780,00	900,00	1020,00	0,00	0,00
40	50	1050,00	20	530,00	650,00	770,00	890,00	1010,00	0,00	0,00
40	50	1100,00	21	520,00	640,00	760,00	880,00	1000,00	0,00	0,00
0	50	1150,00	22	470,00	590,00	710,00	830,00	950,00	0,00	0,00
	50	1200,00	23	420,00	540,00	660,00	780,00	900,00	0,00	0,00
<b>1320</b>	<b>1200</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	Máx.	550	670	790	910	<b>1030</b>	<b>m<sup>3</sup> acumulados</b>	

Considerando una cota mínima a mantener en el depósito de 1 m, e iterando a distintas superficies de depósito se obtiene para los máximos volúmenes acumulados + volumen mínimo a mantener se obtiene el calado máximo:

Calado máximo = Volumen acumulado en cada día superficie depósito + cota mínima (m)

### CALADO MAXIMO (m)

Sup. m <sup>2</sup>	Cota		Lunes 18 h	Martes 18 h	Miércoles 18 h	Jueves 18 h	Viernes 18 h	Sábado 18 h	Domingo 18 h
	Minima	V.min. m <sup>3</sup>							
314	1	314	2,75	3,13	3,52	3,90	4,28	3,71	1,00

Volumen útil necesario	1030,00 m <sup>3</sup>
Volumen cota mínima	314,00 m <sup>3</sup>
Volumen total necesario	1344,00 m <sup>3</sup>
Volumen total adoptado	1413,72 m <sup>3</sup>

COTA MAXIMA	<b>4,28 m</b>
CALADO MAXIMO	<b>4,50 m</b>
Altura constructiva	<b>5,00 m</b>

Para la decisión sobre forma del depósito, rectangular o cilíndrico, se ha realizado analizando si el coeficiente de forma o volumen de hormigón necesario se encuentra un óptimo.

Así para el depósito rectangular se tiene:

Depósito rectangular					
Largo (m)	Ancho (m)	relación L/A	forma	V hormigón m <sup>3</sup>	
15	20,93	0,71656	1,2289	222,62	
16	19,63	0,81529	1,2269	221,79	
17	18,47	0,92038	1,2259	221,37	
18	17,44	1,03185	1,2258	221,30	
19	16,53	1,14968	1,2263	221,52	
20	15,70	1,27389	1,2274	221,99	
21	14,95	1,40446	1,2290	222,67	
22	14,27	1,54140	1,2310	223,54	

prácticamente indiferente

y comparando para volúmenes similares rectangular y cilíndrico:

Depósito homogenización				V(m3)
	Largo	Ancho	Alto	
<b>Rectangular</b>	19,6	16	4,50	1411,2
	m de muro prefabricado			320,4
	m2 de solera			313,6
	Diámetro	Superficie	Altura	
<b>Cilíndrico</b>	<b>20</b>	<b>314,2</b>	<b>4,50</b>	<b>1413,7</b>
	m de muro prefabricado			282,7
	m2 de solera			314,2
<b>No siendo limitante el espacio se adopta circular por menor necesidad de prefabricado</b>				





En consecuencia para realizar una buena homogeneización de las cargas a tratar y una correcta distribución del caudal diario a tratamientos posteriores, se instalará un depósito de 1.413 m<sup>3</sup> útiles, en hormigón armado (prefabricado o “*in situ*”) de 20,00 m de diámetro y 4,50 m de altura útil, lo que permite asegurar la laminación de puntas de carga y de caudal y la alimentación programada al tratamiento físico – químico siguiente. La altura constructiva será de 5,00 m.

El depósito irá enterrado solo 0,5 - 1 m, de forma que la cota del alzado esté 20 cm por debajo de nivel de agua en el desengrasador CAF y con esto poder recibir el agua por gravedad.

Además manteniendo la aireación proyectada conseguiremos la reducción de materia orgánica por oxidación biológica (50 – 60% de reducción) observable a la salida del flotador DAF SR primario, lo que aporta un margen de seguridad al tratamiento posterior.



El caudal máximo de diseño de la planta ha sido justificado para una previsión máxima de 1.320 m<sup>3</sup>/día. La producción es variable a lo largo del día en dos turnos de trabajo, uno para matanza y otro para despiece.

La balsa de homogeneización se mantendrá agitada y especialmente aireada mediante una batería de eyectores alimentada mediante dos soplantes rotativos de 22 kW y 2 bombas de recirculación en riñón de 22 kW.

La regulación de caudales se realizará mediante variadores de frecuencia.

Estos soplantes se adoptarán teniendo en cuenta la potencia requerida para el reactor biológico de forma que en caso de avería puedan intercambiarse en su función.

#### 4 TRATAMIENTO PRIMARIO: BIOADSORCION CON FLOTACION TIPO FAD

Tratamiento primario para reducción de P, DQO, DBO<sub>5</sub>, S.S. y afino en grasas por flotación por aire disuelto (DAF-SR) en depósito a construir en hormigón armado. Estará dotado de puente barredor superficial automático.

##### 4.1 Bases de partida

Caudal diario máximo	Qmd	1200 m <sup>3</sup> /día
<b>Caudal medio 24 h: 1200 m<sup>3</sup>/día / 24 = 50 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Qm</b>	<b>50 m<sup>3</sup>/h</b>
Coeficiente punta de caudal		1,25
Caudal punta de tratamiento 1,25 · 50 m <sup>3</sup> /h = 62,5	Qp	62,5 m <sup>3</sup> /h
Concentración SS		1800 ppm
Incremento generación biológica y sobrenadantes		25% %
Concentración SS+bio 1800 + 0,25 · 1800 = 2250 ppm		2250 ppm
Eliminación DBO <sub>5</sub> en el tamizado		11% %
Concentración DBO <sub>5</sub> 2250 · (1 - 0,11) = 2000,25		2000 ppm
Rendimiento eliminación SS		77,8 %
Rendimiento eliminación DBO <sub>5</sub>		45 %
Salida SS 2250 · (1 - 0,778) = 499,5		499,5 ppm
Salida DBO <sub>5</sub> 2000 · (1 - 0,45) = 1100		1100 ppm

##### 4.2 Flotador sistema FAD

###### 4.2.1 Dimensiones

Velocidad descensional		4 m/h
Tiempo de retención		0.75 h
Volumen necesario 62,5 · 0,75 = 46,875		46,875 m <sup>3</sup>
Superficie necesaria 62,5 / 4 = 15,625		15,625
Longitud adoptada		8,00 m
Anchura media necesaria 15,625 / 8 = 1,953125		1,95 m
Anchura adoptada		2,00 m
Superficie 1 adoptada 8 m · 2 m		16,00 m <sup>2</sup>
<b>Velocidad descensional 1 adoptada 62,5 / 16</b>		<b>3,91 m/h</b>
Coeficiente de reducción lamelar		1,00
Superficie 2 adoptada 1 · (16 - 1,5)		14,50 m <sup>2</sup>
<b>Velocidad descensional 2 adoptada 62,5 / (14,5 · 1)</b>		<b>4,31 m/h</b>
Altura media adoptada		4,7 m
Volumen flotación-decantación adoptado 8 · 2 · 4,7		75,2 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención adoptado 75,2 / 62,5		1,20 h

#### 4.2.2 Circuito de presurización

Relación aire sólidos		0,02 g aire/g SS
Densidad aire estándar		1,3 g/l
Solubilidad aire estándar		18,7 l/m <sup>3</sup>
Presión absoluta de presurización		4,8 atm
Fración de aire disuelto a presión de presurización		0,8
SS medio a flotar	$77,8 \cdot 50 \cdot 2250/100$	87525 g/h
Caudal de recirculación	$0,02 \cdot 87525 / (1,3 \cdot 18,7 \cdot (0,8 \cdot 4,8 - 1))$	25,35 m <sup>3</sup> /h
Recirculación	$25,3547/50 \cdot 100$	50,71 %
Potencia teórica bomba de recirculación		
$1,5 \cdot 1,3 \cdot 25,35 \cdot 4,8 \cdot 10 \cdot 1,1 / (367 \cdot 0,65)$		10,94 kW
Caudal de aire	$2 \cdot 0,02 \cdot 87525 / (1,3 \cdot 1000)$	2,693 Nm <sup>3</sup> /h
Tiempo de presurización		1,2 min
Volumen presurizador	$62,5 \cdot 0,01 \cdot 50,7094396903842 \cdot 1,2 / 60$	0,63 m <sup>3</sup>

**Potencia adoptada bomba recirculación 18 kW**

**Caudal recirculación 38 m<sup>3</sup>/h**

**Capacidad de recirculación**

**76%**

#### 4.3 Producción de Lodos

		Máxima	Media	
Carga diaria de SS	1200*1800/1000	2700	2160	kg/día
Rendimiento SS		77,8	77,8	%
Carga diaria eliminada de SS	2160*(80/100)	2160	1728	kg/día
Producción total máxima de lodos		2160,00	1728,00	kg/día
Concentración salida flotador		4	2	%
Volumen máximo diario de lodo concentrado	$1728 / (4 \cdot 10)$	54	86,4	m <sup>3</sup> /día





En consecuencia para reducir la carga de entrada al tratamiento biológico, desenmulsionar y separar los restantes aceites, grasas y sólidos en suspensión que incorpora el vertido se proyecta un flotador DAF en hormigón armado de 5,0 m de altura total, 8,00 m de longitud y 2,00 m de anchura.

El sistema de aireación – agitación es agua presurizada a 4 kg/cm<sup>2</sup> mediante una bomba centrífuga horizontal de 18 kW, presurizador con premezclador y cuadro neumático de control de aporte de aire a presión. Las pérdidas de carga originadas en la salida del presurización, junto con el ajuste final mediante válvula de guillotina mantendrá constante la presión de presurización programada (inicialmente 4 kg/cm<sup>2</sup>).

Con este sistema se consigue microburbujas de 20 – 40 micras, que al mezclarse con el resto de grasas y sólidos en suspensión floculados biológicamente, favorecen su separación hacia la superficie, donde un puente barreador superficial los recogerá en una tolva superior desde donde se conducirá por gravedad a un compartimento de bombeo de 8 m<sup>3</sup>

Para impulsarlas al estabilizador – acumulador - espesador de lodos mixtos mediante 1 + 1 R bombas MONO de 10 m<sup>3</sup>/h y 1,5 kW.

Con esta unidad se reduce la carga de entrada al reactor biológico en un 50% (DBO<sub>5</sub>, DQO), eliminando un 85% de S.S. y reduciendo las grasas hasta 65 ppm. aproximadamente.

De esta forma se pretende optimizar el funcionamiento del tratamiento biológico y sobre todo garantizar el elevado rendimiento en reducción de DBO<sub>5</sub> / DQO exigido.

La producción de lodos decantados en zona inferior del flotador se purgará mediante una válvula de simple efecto temporizada y se conducirá por gravedad hasta la red de drenajes.

## 5 TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON NITRIFICACION DESNITRIFICACION

### 5.1 Bases de partida

#### 5.1.1 Caudales y parámetros unitarios

Caudal máximo entrada depósito homogenización	1320 m <sup>3</sup> /día
Caudal diario (m <sup>3</sup> /día)	1015,4 m <sup>3</sup> /día
Carga diaria a reducir	1320 m <sup>3</sup> /día · 5 días/6,5 días tratamiento

#### 5.1.2 Caudales de dimensionamiento

Caudal medio	50,00 m <sup>3</sup> /h
--------------	-------------------------

#### 5.1.3 Característica de la contaminación

##### Valores medios

Concentración DBO <sub>5</sub> entrada procedente de flotación	1.100 mg/l
Concentración S.S. entrada	500 mg/l
Concentración S.S.V. entrada (80% SS entrada)	400 mg/l
Concentración NTK entrada	385 mg/l
NTK interno eliminado en desengrase + homogenización + flotación (70-90%)	70%
Concentración NTK entrada al biológico (30% NTK entrada)	115,5 mg/l
Aceites y grasas de homogenización	75 mg/l
Aceites y grasas eliminados en DAF	60%
Aceites y grasas a biológico (40% · 75 mg/l)	30 mg/l
pH entrada	7
Temperatura	20 °C

##### Valores máximos

Coefficiente punta contaminación	1,25	
Concentración DBO <sub>5</sub> entrada	1,25 · 1100 mg/l	1.375,00 mg/l
Concentración S.S. entrada	1,25 · 500 mg/l	625,00 mg/l
Concentración NTK entrada	1,25 · 115,5 mg/l	144,38 mg/l

##### Resultados a obtener

Concentración DBO <sub>5</sub> salida	25,00 mg/l
Concentración S.S. salida	35,00 mg/l
Concentración NTK salida	5,00 mg/l
pH salida	7,00 mg/l
Sequedad de fango a obtener	20,00 %

## 5.2 Dimensionamiento tratamiento biológico

### 5.2.1 Cálculo volumen reactor

Caudal medio	50,0 m <sup>3</sup> /h
Concentración DBO <sub>5</sub> entrada aireación (So)	1.100 mg/l
Carga DBO <sub>5</sub> entrada 1015,4*1100/1000 =1116,94	1.116,9 kg/día
Concentración DBO <sub>5</sub> salida aireación (Se)	25 mg/l
Rendimiento (1100-25)/1100*100	97,73
Concentración sólidos MLSS (ppm)	4500 mg/l
Tiempo de retención celular mínimo (rango 10- 30 días)	18,00 Días
<u>Volumen mínimo =</u> [DBO <sub>5</sub> (kg/d)/MLSS(kg/m <sup>3</sup> )] · (fseg · rto · TRC) <sup>0,813</sup>	2.962,25 m <sup>3</sup>
Carga máscica máxima CM (kg DBO <sub>5</sub> /día/V/MLSS)	0,0838
<u>Producción de fangos biológicos en exceso</u> 0,9·1116,94·97,73·0,01·1,2·(0,0838) <sup>0,23</sup>	740,56 kg/día

### 5.2.2 Nitrificación

Concentración NTK entrada	115,5 mg/l
Concentración NTK salida	5 mg/l
NTK refractario (5% entrada)	5,78 mg/l
NTK asociado a S.S (6% S.S salida)	2,10 mg/l
NTK síntesis celular (4% DBO5 entrada)	44,00 mg/l
N-NH4 fuga mínima	1 mg/l
N-NH4 máximo a nitrificar 115,5 - (5,775 + 2,1 + 44 + 1)	62,63 mg/l
Tiempo de retención celular mínimo (TRC) 6,5·0,914 <sup>(20-20)</sup>	6,5 días
Constante cinética Kn 4·1,059 <sup>(20-20)</sup> mg N-NH4/g MV/h	4,00
N-NH4 máximo entrada 50·115,5/1000	5,78 kg/h
Volumen mínimo por constante cinética = 5,775·1000/4/0,67/4500·1000	478,86 m <sup>3</sup>
Volumen mínimo por tiempo de retención ( 6,5·1,2·(1116,94 <sup>0,23</sup> )·109155,5/100/(4500/1000) <sup>1,23</sup> ) <sup>(1/1,23)</sup>	1.294,14 m <sup>3</sup>

### 5.2.3 Desnitrificación

N-NO <sub>3</sub> máximo a reducir = 62,625 - 5	57,63 mg/l
Coefficiente cinético de desnitrificación mg N-NO <sub>3</sub> /g MV/h Kdn = 3,25·1,02 <sup>(T-20)</sup>	3,25
Concentración SSVLM = 67% MLSS	3015 mg/l
Tiempo de retención N-NO <sub>3</sub> a reducir/(Kdn · SSVLM) 1000·57,625/(3,25·3015)	5,88 h
Volumen mínimo por coeficiente cinético Tretención N-NO <sub>3</sub> · Qd =	294,04 m <sup>3</sup>
Volumen mínimo por tiempo de retención TRC · Qd = 6,5 · 50	325,00 m <sup>3</sup>
Volumen mínimo nitrificación-desnitrificación MAX(478,85;1294,14)+MAX(294,04;325)= 1294,14 + 325 =	1.619,14 m <sup>3</sup>
Necesidades de recirculación para desnitrificación (%Qm) 100*((62,625/5)-1)	1.152,50 m <sup>3</sup>
Carbono mínimo para desnitrificación	57,63 mg/l
Carbono disponible en DBO <sub>5</sub> entrada 12% ·1100 mg/l	132,00 mg/l

Repetiendo los cálculos para otros rangos de temperatura del licor de mezcla (LM) para observar la variación del volumen mínimo necesario, se obtiene:

### Nitrificación

	Temperatura LM °C			
	12	15	20	25
Concentración NTK entrada (mg/l)	115,5	115,5	115,5	115,5
Concentración NTK salida (mg/l)	5,00	5,00	5,00	5,00
NTK refractario (5% entrada) (mg/l)	5,78	5,78	5,78	5,78
NTK asociado a S.S (6% S.S salida) (mg/l)	2,10	2,10	2,10	2,10
NTK síntesis celular (4% DBO <sub>5</sub> entrada) (mg/l)	44,00	44,00	44,00	44,00
N-NH <sub>4</sub> fuga mínima (mg/l)	1,00	1,00	1,00	1,00
N-NH <sub>4</sub> máximo a nitrificar (mg/l)	62,63	62,63	62,63	62,63
Tiempo de retención celular mínimo (días)	13,35	10,19	6,50	4,15
Constante cinética K <sub>n</sub> (mg N-NH <sub>4</sub> /g MV/h)	2,53	3,00	4,00	5,33
N-NH <sub>4</sub> máximo entrada (kg/h)	5,78	5,78	5,78	5,78
Volumen mínimo por constante cinética (m <sup>3</sup> )	757,48	637,80	478,86	359,52
Volumen mínimo por tiempo de retención (m <sup>3</sup> )	2322,68	1865,24	1294,14	897,89

### Desnitrificación

N-NO <sub>3</sub> máximo a reducir (ppm)	57,63	57,63	57,63	57,63
Coefficiente cinético de desnitrificación				
K <sub>dn</sub> (mg N-NO <sub>3</sub> /g MV/h)	2,77	2,94	3,25	3,59
Concentración SSVLM	3015,00	3015,00	3015,00	3015,00
Tiempo de retención (h)	6,89	6,49	5,88	5,33
Volumen mínimo por coeficiente cinético (m <sup>3</sup> ) =Tr·Q <sub>d</sub> =	344,52	324,65	294,04	266,32
Volumen mínimo por tiempo de retención (m <sup>3</sup> )	667,29	509,51	325,00	207,31
Volumen mínimo nitrificación-desnitrificación (m <sup>3</sup> )	2989,97	2374,75	1619,14	1164,22
Necesidades de recirculación para desnitrificación	1152,50	1152,50	1152,50	1152,50

### **5.2.4 Solución adoptada**

Volumen total mínimo necesario MAX(1619,14;2962,25)	2.962,25 m <sup>3</sup>
Volumen total adoptado (m <sup>3</sup> )	3.000,00 m <sup>3</sup>
Volumen aireación (m <sup>3</sup> ) 60%	1.800,00 m <sup>3</sup>
Volumen anoxia (m <sup>3</sup> ) 40%	1.200,00 m <sup>3</sup>
Carga másica CM (KgDBO <sub>5</sub> /día/m <sup>3</sup> /MLSS)	0,0827
Carga volumétrica 1116,94/3000	0,37
Tiempo de retención a Q <sub>med</sub> diario 3000/1015,4	2,95 días
<u>Tiempo de retención celular</u> 4500/1000·3000/1,2/0,0827 <sup>0,23</sup> /1116,94/97,72·100	18,28 días

Repitiendo los cálculos para otros rangos de temperatura del LM se obtiene:

	Temperatura °C			
	12	15	20	25
Volumen total mínimo necesario m <sup>3</sup>	2.989,97	2.962,25	2.962,25	2.962,25
Volumen total adoptado m <sup>3</sup>	3500,00	3000,00	3000,00	3000,00
Volumen aireación 60% V <sub>t</sub> adoptado m <sup>3</sup>	2.100,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00
Volumen anoxia 40% V <sub>t</sub> adoptado m <sup>3</sup>	1.400,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
Carga másica CM (kgDBO <sub>5</sub> /día/m <sup>3</sup> /MLSS)	0,0709	0,0827	0,0827	0,0827
Carga volumétrica (kg MLSS/m <sup>3</sup> )	0,32	0,37	0,37	0,37
Tiempo de retención a Q <sub>med</sub> diario	3,45	2,95	2,95	2,95
Tiempo de retención celular	22,10	18,28	18,28	18,28

Se observa que para las condiciones de invierno se incrementa el tiempo de retención celular.

Se adopta finalmente para la temperatura media anual un volumen total de 3000 m<sup>3</sup> repartidos en un 60 % para la zona de aireación, es decir 1800 m<sup>3</sup>, y un 40% para la zona anóxica, es decir 1400 m<sup>3</sup>.

### 5.3 Dimensionamiento: oxigenación

$$\text{kg O}_2/\text{día} = \alpha \cdot Q_m (\text{m}^3/\text{día}) \cdot [(\text{So}-\text{Se})/1000] + \beta \cdot \text{Vaireación} (\text{m}^3) \cdot X (\text{concentración LM en kg/m}^3)$$

Siendo:

$$\alpha = \text{coef. Estequiométrico kg/O}_2/\text{kg DBO}_5 \text{ eliminada} \rightarrow f(\text{SRT})$$

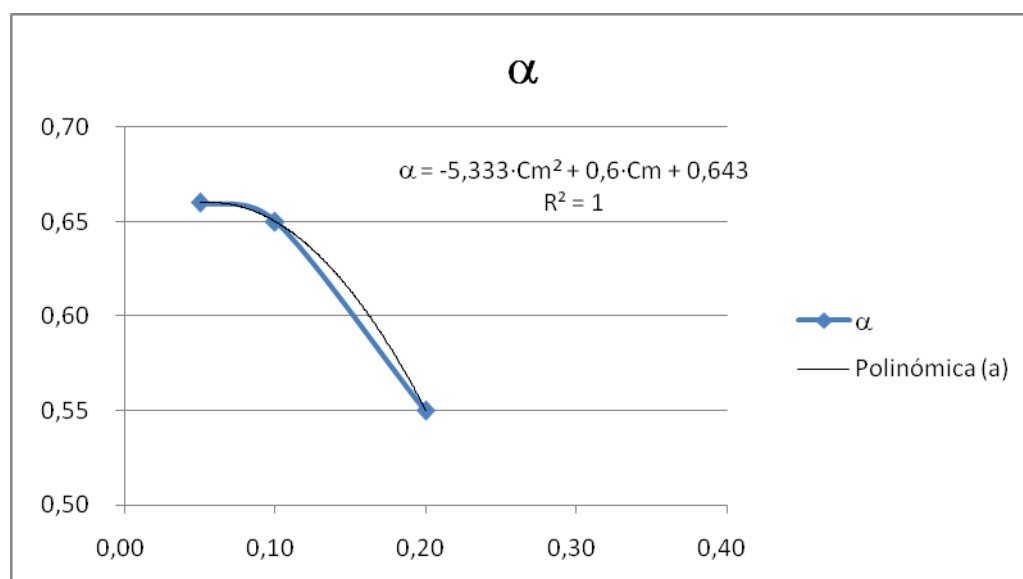
$\beta$  = Coeficiente cinético que define el desarrollo de la respiración endógena en kg/O<sub>2</sub>/SSLM/día (d<sup>-1</sup>) que es función de SRT y Temperatura

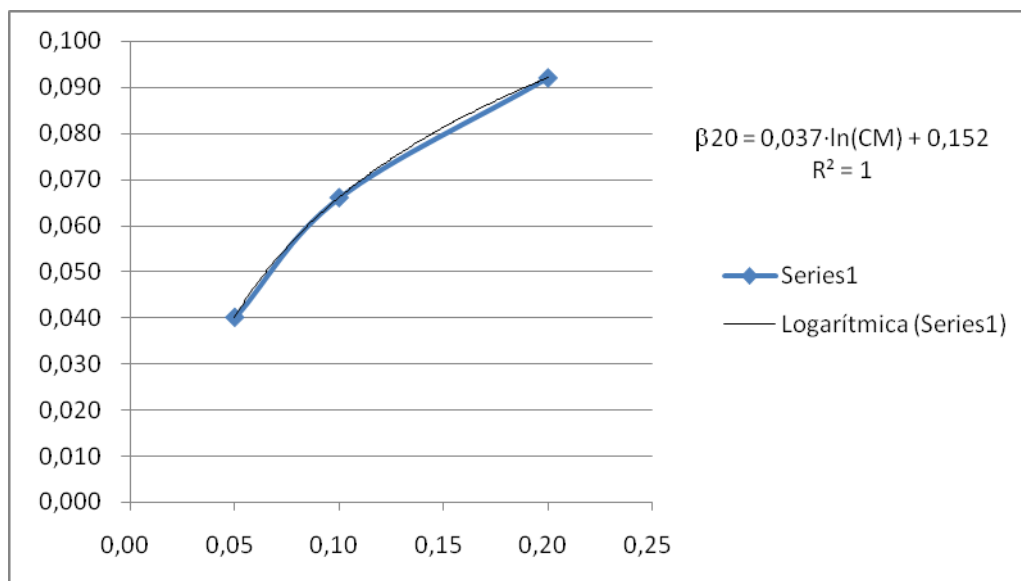
$$\beta = \beta_{20} \cdot 1,029^{(T-20)}$$

Los coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$  para 20 °C están tabulados.

Cm	Valores	
	$\alpha$	$\beta$ (20°C)
1	0,5	0,136
0,700	0,500	0,131
0,500	0,500	1,123
0,40	0,50	0,117
0,30	0,53	0,108
0,20	0,55	0,092
0,10	0,65	0,066
0,05	0,66	0,040

Ajustando función para los valores inferiores de cm dado que nuestro reactor es de baja carga Cm < 0,1 se obtiene.





## 6 TRATAMIENTO BIOLÓGICO

### 6.1 Selección

Dado el rendimiento necesario para obtener la calidad de vertido exigida y las características del agua a tratar, optamos por la instalación de un tratamiento biológico dotado de dos reactores seriados para desnitrificación y eliminación de materia carbonatada y nitrificación a baja carga basado en el tratamiento biológico por fangos activados a baja carga en régimen de aireación prolongada.

El tipo de reactor ha sido seleccionado sobre todo por su facilidad de control.

### 6.2 Características generales y funcionamiento

La carga diaria a eliminar y las características de degradación de estos vertidos han determinado un Volumen total de reacción (Vtr) de 3.224 m<sup>3</sup>. Por lo que se proyectan una línea con el volumen total de reacción, distribuidas en las siguientes fases:

#### Reactor 1: Reactor anóxico de las siguientes características:

- Volumen útil 1.290 m<sup>3</sup> (40% Vtr)
- Forma Cilíndrico vertical
- Diámetro 19,11 m.
- Altura 5,0 m
- Calado adoptado 4,5 m
- Material: Hormigón armado
- Sistema de agitación 1 Agitador sumergido de 5 kW
- Funcionalidad Cámara anóxica para desnitrificación

#### Reactor 2: Aerobio de baja carga de las siguientes características

- Volumen útil 1.873 m<sup>3</sup> (60% Vtr)
- Diámetro 23,03 m
- Altura 5,0 m



- Calado adoptado 4,5 m
- Material: Hormigón armado
- Sistema de aireación - agitación Batería eyectores – micronizadores con 2 Soplantes rotativos de 1.280 m<sup>3</sup>/h y 22 kW y 2 Bombas de recirculación en riñón de 800 m<sup>3</sup>/h y 22 kW.
- Funcionalidad Reactor aerobio de baja carga para nitrificación y reducción de DQO/DBO<sub>5</sub>
- Instrumentación Medidor de O<sub>2</sub>



## ANEJO NÚM. 6

### CALCULO DE LA EDAD DE FANGO NECESARIA PARA NITRIFICACIÓN

#### 1 OBJETO

Es objeto del presente anejo estimar la edad de los fangos necesaria para nitrificación así como las necesidades de recirculación interna que asegura una salida de N<sub>total</sub> menor de 15 mg/l.

#### 2 EDAD DEL FANGO NECESARIA PARA NITRIFICAR

Edad del fango necesaria para nitrificar según la normativa alemana (ATV 131)

La ecuación que define el proceso de nitrificación según Van Haandel, Dold y Marais, de la Universidad de Cape Town (Sudáfrica) es la siguiente:

$$(1 - f_x) = S \times \frac{b_{nT} + \frac{1}{E}}{\mu_{nT}}$$

Donde:

$f_x$  – Fracción de los MLSS residentes en la zona anóxica

$E$  – Edad del fango global necesaria para asegurar la nitrificación (d)

$$E = \frac{1}{\left( (1 - f_x) \times \frac{\mu_{nT}}{S - b_{nT}} \right)}$$

$S$  = Factor de seguridad

$T$  = Temperatura (°C)

$b_{nT}$  = Coeficiente de decrecimiento bacterias nitrificantes para respiración endógena

$$b_{nT} = 0,04 \times 1,029^{(T-20)} \text{ (d}^{-1}\text{)}$$

$\mu_{nT}$  (munT) = coeficiente crecimiento de las bacterias nitrificantes

$$\mu_{nT} = \mu_{(20)} \times 1,123^{(T-20)} \text{ (d}^{-1}\text{)}, \text{ donde el rango de } \mu_{(20)} \text{ es de } 0,4-0,5.$$

Se tomará 0,5 en condiciones normales, mientras que en condiciones más desfavorables se toma el valor de 0,40.

Los resultados obtenidos, tras la aplicación de la metodología explicada anteriormente, para una temperatura de 20 °C son:

Factor de seguridad	2	
Temperatura	20	°C
Coeficiente de decrecimiento de las bacterias nitrificantes para respiración endógena	0,04	d <sup>-1</sup>
Coeficiente de crecimiento de las bacterias nitrificantes	0,5	d <sup>-1</sup>
$\mu_{(20)}$ rango 0,4 - 0,5	0,5	d <sup>-1</sup>
Fracción de los MLSS residentes en la zona anóxica	0,4	
Edad del fango necesaria para nitrificar	9,091	d

### 3 CAPACIDAD DE DESNITRIFICACION

La expresión que da la máxima concentración de N como nitrato, que puede desnitrificarse en la zona anóxica prevista es:

$$D_n = S b_t \left[ \frac{f_{bs} \times (1 - P \times \gamma)}{2,86} + \frac{\gamma \times E \times K_2 \times f_N}{1 + b_{NT} \times E} \right]; (\text{mg/l})$$

Donde:

$S b_t$  = Concentración DQO biodegradable en el efluente (mg/l); estimación 80%

$f_{bs}$  = Relación entre DQO rápidamente biodegradable y DQO biodegradable

(0,33 para agua decantada y 0,24 para no decantada)

$P$  = Relación entre DQO/VSS de la masa de fangos

$\gamma$  = Coeficiente de crecimiento de las bacterias heterótrofas

$k_2$  = Coeficiente desnitrificación (mg N - NO<sub>3</sub>H/mg VASS/d) =  $0,1 \times 1,08^{(T-20)}$

$b_{NT}$  = Coeficiente decrecimiento bacterias heterótrofas (d<sup>-1</sup>) =  $0,24 \times 1,029^{(T-20)}$

Así pues, los resultados obtenidos en función de las expresiones anteriores, se adjuntan en la siguiente tabla:

Máxima concentración de N como nitrato que puede desnitrificarse en la zona anóxica prevista	115,879	mg/l
Concentración de DQO biodegradable en el efluente	1392	mg/l
Relación DQO rápidamente biodegradable i DQO biodegradable	0,28	
Relación DQO/VSS de la masa de fangos	1,5	
Coeficiente de crecimiento de las bacterias heterótrofas	0,45	
Coeficiente de desnitrificación	0,100	mg N-NO <sub>3</sub> H/ mg VASS/d

### 4 BALANCE DE NITROGENO

#### 4.1 Nitrógeno afluente

$N_{TK}$  – Cantidad total de NTK afluente (mg/l) – 115,5 mg/l

#### 4.2 Nitrógeno amoniacal en el efluente

Siempre hay una concentración de nitrógeno amoniacal que no se nitrifica, saliendo con el efluente; esta concentración viene dada por la expresión:

$$N_a = \frac{k_{NT} \times \left( b_{NT} + \frac{1}{E} \right)}{\mu_{NT} \times (1 - f_N) - \left( b_{NT} + \frac{1}{E} \right)}; (\text{mg/l})$$

Donde:

$k_{NT}$  = Coeficiente de saturación para nitrificación (mg NH<sub>3</sub>/l) =  $1,123^{(T-20)}$

Obteniendo que:

Concentración N-NH <sub>3</sub> que no se nitrifica	0,556	mg/l
Coeficiente de saturación para nitrificación mg NH <sub>3</sub> /l	1,000	mg NH <sub>3</sub> /l

### 4.3 Nitrógeno orgánico en el efluente

5% N orgánico insoluble (decantable)	6,930	mg/l
2% N orgánico soluble no biodegradable	2,310	mg/l
2% N orgánico soluble biodegradable no amonizable	2,310	mg/l

Viene dado por la cantidad de NTK en el afluente:

$$N_{31} = 5\% N \text{ orgánico insoluble decantable (mg/l)} = \frac{5}{100} \times NTK$$

$$N_1 = 2\% N \text{ orgánico soluble no biodegradable (mg/l)} = \frac{2}{100} \times NTK$$

$$N_2 = 2\% N \text{ orgánico soluble biodegradable no amonizable (mg/l)} = \frac{2}{100} \times NTK$$

### 4.4 Cantidad de nitrógeno que se elimina formando parte de los fangos en exceso

La cantidad de nitrógeno que se elimina formando parte de los fangos en exceso corresponde, aproximadamente, al 5-10% de la materia volátil de los fangos en exceso:

$$Ef = \frac{1}{[1,2 \times C_m^{0,23} + (B_1 - 0,6) \times C_m] \times \frac{R}{100}}; (d)$$

Donde:

$B_1 = SS/DBO_5$  en la entrada al reactor biológico

$R =$  Rendimiento del reactor biológico (%)

$C_m =$  Carga másica resultante (d<sup>-1</sup>)

Los resultados obtenidos son:

Cantidad de nitrógeno que se elimina formando parte de los fangos biológicos en exceso.	14,88	d
SS/DBO5 en la entrada al reactor biológico	0,9091	
Rendimiento del reactor biológico	97,73	%
Carga másica resultante	0,08274	d <sup>-1</sup>
Fangos en exceso resultantes	907,2	kg/d
DBO5 entrada	1117	kg/d
Concentración fangos		
Fracción de sólidos volátiles en los fangos	75	%
Cantidad de nitrógeno eliminado por kg de fango en exceso	31,75	kg/d
Caudal diario	1200	m <sup>3</sup> /d
Cantidad de nitrógeno eliminado por kg de fango en exceso	26,460	mg/l

$$E_e = \text{Fangos en exceso resultante (kg/día)} = DBO_5 \text{ entrada} / (C_m \times E)$$

$$N_{32} = \text{Cantidad N eliminado por kg fango en exceso (mg/l)} = \frac{(1000 \times N_{e-fe})}{Q_d}$$

$$N_{e-fe} = \text{Cantidad N eliminado por kg fango en exceso (kg/día)}$$

#### 4.5 Balance de nitrógeno

$$NTK_{ef} = NTK \text{ en el efluente (mg/l)} = N_a + N_1 + N_2 = 5,1760 \text{ mg/l}$$

#### 4.6 Nitrógeno oxidado por nitrificación

N-NTK oxidado por nitrificación	76,934	mg/l
N-NTkox a desnitrificar para obtener en efluente un N-NTK <	15	mg/l
N-NTkox a desnitrificar	67,110	mg/l

Donde:

$$N - NTK_{ox} = \text{Nitrogeno oxidado por nitrificacion } \left(\frac{mg}{l}\right) = NTK - N_1 - N_2 - N_{31} - N_{32} - N_a$$

$$NTK_{max_{ex}} = NTK \text{ a desnitrificar para obtener en efluente un menor } N - NTK \left(\frac{mg}{l}\right)$$

$$NTK_{ox,d} = NTK \text{ oxidado a desnitrificar (mg/l)} = N - NTK_{ox} + NTK_{ef} + NTK_{max_{ex}}$$

### 5 CALCULO DE LA RECIRCULACION INTERNA NECESARIA

Porcentaje de recirculación	2 tanto por 1
N-NTk que puede desnitrificarse	0,95 tanto por 1
N-NTk que puede desnitrificarse	110,086 mg/l

**NT a la salida 5,1760 mg/l**

$$N - NTK'_d = N - NTK \text{ que puede desnitrificarse (mg/l)} = D_c \times N - NTK'_d$$

$$N - NTK'_d = N - NTK \text{ que puede desnitrificarse (tanto por uno)}$$

$$NT'_g = \text{Nitrogeno total a la salida (mg/l)} = NTK_{ef}$$

Repitiendo los cálculos para rango de temperaturas entre 11 y 25 °C se tiene:

Factor de seguridad S = Temperatura T (°C)	S T	2 11	2 12	2 15	2 20	2 25
Coefficiente de decrecimiento de las bacterias nitrificantes para respiración endógena (d <sup>-1</sup> ) $b_{nT}=0,04 \cdot 1,029^{(T-20)}$	$b_{nT}$	0,031	0,032	0,035	0,040	0,046
Coefficiente de crecimiento de las bacterias nitrificantes (d <sup>-1</sup> ) $\mu_{nT} = \mu_{(20)} \cdot 1,123^{(T-20)}$ $\mu_{(20)}$ rango 0,4 - 0,5 (d <sup>-1</sup> )	$\mu_{nT}$	0,176	0,198	0,280	0,500	0,893
Fracción de los MLSS residentes en la zona anóxica	$f_x$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Edad del fango necesaria para nitrificar (d) $E = 1/((1-f_x) \cdot \mu_{nT}/S - b_{nT})$	E	45,71	36,39	20,28	9,091	4,509
Edad del fango de proyecto calculada (d)	E	14,88	14,88	14,88	14,88	14,88

Máxima concentración de N como nitrato, que puede desnitrificarse en la zona anóxica prevista es, según Van Haandel, Dold y Marais (mg/l)

$Dc = S_{b_i} * ((f_{bs} * (1 - P * \gamma)) / (2,86 + \gamma * E * k_2 * f_x / (1 + b_{nT} * E)))$	Dc	104,7	107,50	111,8	117,11	119,4
Concentración de DQO biodegradable en el efluente mg/l	Sb <sub>i</sub>	1392	1392	1392	1392	1392
Relación entre la DQO rápidamente biodegradable y la DQO biodegradable (0,33 para agua decantada y 0,24 para no decantada)	f <sub>bs</sub>	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Relación DQO/VSS de la masa de fangos	P	1,5	1,48	1,48	1,48	1,48
Coefficiente de crecimiento de las bacterias heterótrofas	$\gamma$	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Coefficiente de desnitrificación (0,1*1,08 <sup>(T-20)</sup> mg N-NO <sub>3</sub> H/mg VASS/d)	k <sub>2</sub>	0,050	0,054	0,068	0,100	0,145
Coefficiente de decrecimiento de las bacterias heterótrofas (d <sup>-1</sup> )						
$b_{nT} = 0,24 * 1,029^{(T-20)}$		0,186	0,199	0,208	0,240	0,277
Concentración N-NH <sub>3</sub> que no se nitrifica (mg/l)						
$Na = (k_{nT} * (b_{nT} + 1/E)) / (\mu_{nT} * (1 - f_x) - (b_{nT} + 1/E))$	Na	4,615	2,000	0,863	0,556	0,479
Coefficiente de saturación para nitrificación mg NH <sub>3</sub> /l (k <sub>nT</sub> =1,123 <sup>(T-20)</sup> )		0,352	0,395	0,560	1,000	1,786
	NTk	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5
5% N orgánico insoluble (decantable) mg/l	N31	6,930	5,775	5,775	5,775	5,775
2% N orgánico soluble no biodegradable mg/l	N1	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310
2% N orgánico soluble biodegradable, no amonizable mg/l	N2	2,310	2,310	2,310	2,310	2,310

Cantidad de nitrógeno que se elimina formando parte de los fangos biológicos en exceso. Aproximadamente el 5-10% de la materia volátil de los fangos en exceso

$E_f = 1 / ((1,2 * C_m^{1,23} + 0,5 * (B_1 - 0,6) * C_m) * R / 100)$		14,88	14,88	14,88	14,88	14,88
SS/DBO <sub>5</sub> en la entrada al reactor biológico	B <sub>1</sub> =	0,909	0,909	0,909	0,909	0,909
Rendimiento del reactor biológico	R=	97,73	97,73	97,73	97,73	97,73
Carga másica resultante d <sup>-1</sup>	Cm	0,0827	0,0827	0,0827	0,0827	0,0827
Fangos en exceso resultantes						
DBO <sub>5</sub> entrada/(Cm*E) (kg/d)	Fe	907,2	907,3	907,3	907,3	907,3
DBO <sub>5</sub> entrada (kg/d)		1117	1117	1117	1117	1117
Concentración fangos						
Fracción de sólidos volátiles en los fangos %	%	75	70	71	70	70
Cantidad de nitrógeno eliminado por kg de fango en exceso (kg/d)		31,75	31,75	31,75	31,75	31,75
Caudal diario (m <sup>3</sup> /d)		1200	1200	1200	1200	1200
Cantidad de nitrógeno eliminado por kg de fango en exceso mg/l	N32	26,46	26,46	26,46	26,46	26,46
NTK en el efluente = Na+N1+N2 (mg/l)	NTKef	9,235	6,620	5,483	5,176	5,099
N-NTk que puede oxidarse						

N-NTkox=Ntk-N1-N2-N31-N32-Na (mg/l)	N-NTkox	72,876	76,643	77,780	78,087	78,164
N-NTkox a desnitrificar para obtener en el efluente un N-NTk menor de (mg/l)	Ntkmax-exigido	15	15	16	15	15
N-NTkox a desnitrificar = N-NTkox + N-NTkef - NTmax-exigido		67,110	68,263	67,263	68,263	68,263
Porcentaje de recirculación (tanto por uno)		2	2	2	2	2
N-NTk que puede desnitrificarse (tanto por uno)		0,95	0,75	0,75	0,75	0,75
N-NTk que puede desnitrificarse (mg/l)		99,480	80,622	83,836	87,829	89,512
<b>NT a la salida (mg/l)</b>		<b>9,23</b>	<b>6,62</b>	<b>5,48</b>	<b>5,18</b>	<b>5,10</b>

**Se comprueba que con una recirculación de hasta 150-200% es factible la desnitrificación mientras la temperatura del reactor sea superior a 10°C con valores de salida de Nitrógeno total < 15 mg/l con un factor de seguridad 2**

## ANEJO NÚM. 6

---

### CALCULO DE LA EDAD DE FANGO NECESARIA PARA NITRIFICACIÓN

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	EDAD DEL FANGO NECESARIA PARA NITRIFICAR .....	1
3	CAPACIDAD DE DESNITRIFICACION.....	2
4	BALANCE DE NITROGENO .....	2
4.1	Nitrógeno afluente .....	2
4.2	Nitrógeno amoniacal en el efluente.....	2
4.3	Nitrógeno orgánico en el efluente .....	3
4.4	Cantidad de nitrógeno que se elimina formando parte de los fangos en exceso.....	3
4.5	Balance de nitrógeno .....	4
4.6	Nitrógeno oxidado por nitrificación .....	4
5	CALCULO DE LA RECIRCULACION INTERNA NECESARIA.....	4



## ANEJO NÚM. 07

### COMPROBACIÓN DIMENSIONADO DEL PROCESO BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA CON NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN

#### 1 OBJETO

Es objeto de este anejo justificar y comprobar el dimensionado de los equipos del tratamiento secundario con decantación y tratamiento de deshidratación de fangos para la opción de aireación prolongada con nitrificación-desnitrificación.

#### 2 CARACTERÍSTICAS DEL INFLUENTE

##### Caudales

Caudal medio diario	Qm	1200	m <sup>3</sup> /día
		50	m <sup>3</sup> /h
		0,0139	m <sup>3</sup> /s
Coeficiente punta		1,25	
Caudal punta	Qpunta	1500	m <sup>3</sup> /día
		62,5	m <sup>3</sup> /h
		0,017361	m <sup>3</sup> /s

##### Contaminación

Coeficiente punta de contaminación		1,25	
------------------------------------	--	------	--

##### Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Concentración media DBO5 a la entrada a biológico		1100	mg/l
Concentración máxima DBO5 a la entrada a biológico		1375	mg/l
Carga diaria DBO <sub>5</sub> 1100 mg/l · 10 <sup>-6</sup> kg/mg · 10 <sup>3</sup> l/m <sup>3</sup> · Qm m <sup>3</sup> /día =		<b>1320</b>	m <sup>3</sup> /día

##### Demanda química de oxígeno (DQO)

Concentración media DQO a la entrada a biológico		2189	mg/l
Concentración máxima DQO a la entrada a biológico		2736,25	mg/l
Carga diaria DQO 2189 mg/l · 10 <sup>-6</sup> kg/mg · 10 <sup>3</sup> l/m <sup>3</sup> · Qm m <sup>3</sup> /día =		<b>2626,8</b>	kg/día

##### Sólidos en suspensión (SS)

Concentración media SS a la entrada a biológico		500	mg/l
Concentración máxima SS a la entrada a biológico		625,00	mg/l
Carga diaria SS 500 mg/l · 10 <sup>-6</sup> kg/mg · 10 <sup>3</sup> l/m <sup>3</sup> · Qm m <sup>3</sup> /día =		<b>600</b>	kg/día

Concentración sólidos en suspensión en licor de mezcla MLSS		<b>4,5</b>	kg/m <sup>3</sup>
4500 mg/l · 10 <sup>-6</sup> kg/mg · 10 <sup>3</sup> l/m <sup>3</sup> =			

##### Nitrógeno

Concentración media NTK		115,5	mg/l
Concentración máxima NTK		144,38	mg/l
Carga diaria NTK 115,5 mg/l · 10 <sup>-6</sup> kg/mg · 10 <sup>3</sup> l/m <sup>3</sup> · Qm m <sup>3</sup> /día =		<b>138,6</b>	kg/día

##### Fosforo (P)

Concentración media P		30	mg/l
Concentración máxima P		37,50	mg/l
Carga diaria P 30 mg/l · 10 <sup>-6</sup> kg/mg · 10 <sup>3</sup> l/m <sup>3</sup> · Qm m <sup>3</sup> /día =		<b>36</b>	kg/día

Temperatura del agua residual T		10, 12, 15, 20,	25 °C
---------------------------------	--	-----------------	-------

Altitud topográfica de la EDARI		207	m
---------------------------------	--	-----	---

### 3 CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE

Según directiva del Consejo de la CCEE 21/271/CEE las aguas residuales de mataderos se asimilan a las urbanas, por tanto las concentraciones de los vertidos procedentes de la EDARI serán:

DQO	125 mg/l
DBO <sub>5</sub>	25 mg/l
SS	35 mg/l
Aceites y grasas	18 mg/l
Nt	15 mg/l
P	2 mg/l

### 4 RENDIMIENTO MÍNIMO NECESARIO

La DBO<sub>5</sub> a eliminar en el tratamiento biológico, teniendo en cuenta una entrada 1100 mg/l y un efluente de 25 mg/l será:

Carga diaria a eliminar;  $50 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d} \cdot (1,1 - 0,025) \text{ kg/m}^3 = 1290$ ; kg DBO<sub>5</sub>/día  
Cd = **1290** kgDBO<sub>5</sub>/d

y el rendimiento mínimo necesario será:

$$R_{\min} = (1 - \text{DBO}_5 \text{ salida} / \text{DBO}_5 \text{ entrada}) = (1 - 25 / 1100) = 97,73\%$$
$$R_{\min} = 97,73\%$$

Este alto rendimiento mínimo requerido justifica la elección de un proceso de aireación prolongada de baja carga con una carga másica máxima (Cm) < 0,1 kg·d<sup>-1</sup>

Carga másica inicialmente adoptada; Cm; **0,0838** (kg DBO<sub>5</sub>/día/V/MLSS

#### DBO<sub>5</sub> salida

La expresión teórica que define la DBO<sub>5</sub> de salida, a fin de asegurar la correcta elección de la Cm adoptada es DBO<sub>5</sub> salida = S1 + S2

DBO<sub>5</sub> soluble en el efluente; DBO<sub>5</sub> no eliminada soluble =

$$\text{DBO}_5 \text{ entrada} / [1 + K_m \cdot \text{DBO}_5 \text{ entrada} / (M \cdot C_m)]$$

$$S1 = \mathbf{3,134} \text{ mg/l}$$

Siendo:

$$\text{DBO}_5 \text{ entrada} = 1100; \text{ mg/l}$$

$$K_m \text{ (factor eliminador DBO}_5) = 120; \text{ d}^{-1}$$

$$M = \text{Concentración MLSS} = 4500; \text{ mg/l}$$

$$C_m = 0,0838 \text{ d}^{-1}$$

$$S2 = 0,8 \cdot \text{SS efluente} \cdot (C_{mv})^{1/2} = 0,8 \cdot 35 \cdot (0,05866)^{0,5} = 6,782 \text{ mg/l}$$

$$S2 = \mathbf{6,782} \text{ mg/l}$$

Siendo:

$$70\% C_{mv} = 0,7 \cdot C_m = 0,05866$$

$$\text{SS efluente} = 35 \text{ mg/l}$$

$$\text{DBO}_5 \text{ salida } S1 + S2 = 3,134 + 6,782 = \mathbf{9,915} \text{ mg/l}$$

Rendimiento teórico de la EDAR:

$$R_{teórico} = (1 - \text{DBO}_5 \text{ salida} / \text{DBO}_5 \text{ entrada}) = (1 - 9,915 / 1100) = 0,991$$

**Rteórico= 99,1 %;**

Se observa que el rendimiento teórico posible de obtener es mayor que el rendimiento necesario, por lo que el Cm adoptado es correcto.

Para cálculos se adoptará Rendimiento (Rto) = 97,73 %

## 5 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL REACTOR BIOLÓGICO

Tipología de proceso	Aireación prolongada
Tipo de aireación	Soplantes
Carga másica Cm	0,0838 kg DBO <sub>5</sub> /kg MLSS
Sólidos en suspensión (MLSS)	MLSS 4500 mg/l = 4,5 kg/m <sup>3</sup>

$$\text{Potencia específica para la agitación} = 8,125 \cdot \ln(\text{MLSS}) - 48,75 \text{ (W/m}^3) = 8,125 \cdot \ln(4500) - 48,75 = 19,60 \text{ W/m}^3$$

$$P_a = 19,60 \text{ W/m}^3$$

### Volumen del reactor biológico (V)

$$V_{\min} = \text{kg DBO}_5/\text{día} / (\text{Cm} \cdot \text{M}) = 1320 \text{ kg/d} / (0,0838 \cdot 4,5 \text{ kg MLSS/m}^3) = 3500 \text{ m}^3$$

$$V_{\min} \quad \mathbf{3500 \text{ m}^3}$$

$$\text{Volumen adoptado del reactor} \quad V = 3000 \text{ m}^3$$

A partir del volumen del reactor se determina la Cm real del proceso

$$C_{m\text{real}} = \text{kg DBO}_5/\text{d} / (V \cdot \text{M}) = 1320 / (3000 \text{ m}^3 \cdot 4,5 \text{ kg MLSS/m}^3) = 0,0978 \text{ d}^{-1}$$

$$C_{m\text{real}} = 0,0978 \text{ d}^{-1}$$

$$\text{La carga volumétrica será } C_v = \text{kg DBO}_5/\text{día} / V \text{ reactor (m}^3) =$$

$$= 1320 \text{ kg DBO}_5/\text{d} / 3000 \text{ m}^3 = 0,44$$

El tiempo de retención hidráulica será:

$$V_{\text{reactor}} / Q_m = 3000 \text{ m}^3 / 50 \text{ m}^3/\text{h} = 60,0 \text{ h}$$

$$\mathbf{TRH = 60,0 \text{ h}}$$

La producción de fangos en exceso será: Fe = W · DBO eliminada (según Huisken modificado)

$$W = 1,2 \cdot C_m^{0,23} + 0,5 \cdot (B - 0,6) \text{ kg fango/kg DBO}_5 \text{ eliminada}$$

Siendo:

$$B = \text{Relación SS} / \text{DBO}_5 \text{ en el influente} = 500 \text{ mg/l} / 1100 \text{ mg/l} = 0,455$$

$$C_m = \text{Carga másica} = 0,0978 \text{ d}^{-1}$$

$$W = 1,2 \cdot 0,098^{0,23} + 0,5 \cdot (0,455 - 0,6) = 0,6314 \text{ kg fango/kg DBO}_5$$

$$W = 0,6302 \text{ kg/kg}$$

$$\text{DBO}_5 \text{ eliminada} = \text{DBO entrada} - \text{DBO salida} = 1100 \text{ mg/l} - 25 \text{ mg/l} = 1075 \text{ mg/l}$$

$$1075 \text{ mg/l} \cdot 10^{-6} \text{ kg/mg} \cdot 10^3 \text{ l/m}^3 \cdot 50 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d} = 1290 \text{ kg/d}$$

$$Fe = 0,6314 \text{ kg fango/kg DBO}_5 \cdot 1290 \text{ kg/d} = 814,62 \text{ kg/d}$$

$$Fe = 814,62 \text{ kg/d}$$

Edad del fango (d)

$$E = X/(W \cdot DBO_5 \text{ eliminada}) = X/Fe$$

Siendo:

$$X = \text{Masa de fangos en el reactor} = M \cdot MLSS = 3000 \text{ m}^3 \cdot 4,5 \text{ kg/m}^3 = 13500 \text{ kg}$$

$$Fe = 813,01 \text{ kg/d}$$

$$E = 13500 \text{ kg} / 813,01 \text{ kg/d} = 16,6 \text{ días} \quad \mathbf{E = 16,6 d}$$

Para el proceso de aireación prolongada los ratios usuales de edad de fango se encuentran entre 10 y 30 días, por lo que la obtenida esta en el intervalo

## 6 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE OXIGENO

El oxígeno a suministrar es el necesario para los procesos biológicos de oxidación, es decir:

- i) O<sub>2</sub> para la síntesis de las células, proporcional a la DBO<sub>5</sub> a eliminar (S1),
- ii) O<sub>2</sub> para la respiración de la masa celular en el proceso aerobio, proporcional a dicha masa (S2);
- iii) Las necesidades de nitrificación (S3)

$$O_{\text{total}} = S1 + S2 + S3$$

Necesidades de O<sub>2</sub> para la síntesis celular  $S1 = \alpha \cdot (Rto/100) \cdot CdDBO_5$

Necesidades de O<sub>2</sub> para la respiración celular  $S2 = Kre \cdot V \cdot M$

Necesidades de O<sub>2</sub> para la nitrificación  $S3 = b \cdot NTKox$

Siendo:

$$Rto = \text{rendimiento de la planta} \quad Rto = 97,73 \%$$

$$Cm = 0,0978$$

$$\alpha = \text{coeficiente de necesidades de O}_2 \text{ síntesis celular} \quad \alpha \rightarrow f(Cm)$$

Según CEDEX

Cm	0,05	0,1	0,15
$\alpha$	0,66	0,652	0,625

$$\alpha = -3,8 \cdot Cm^2 + 0,41 \cdot Cm + 0,649 \quad r^2 = 1$$

$$\text{para } Cm = 0,078 \rightarrow \alpha = 0,6556$$

$$CdDBO_5 = \text{Carga DBO}_5 \text{ a la entrada} = 1320 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Kre = \text{Coeficiente de respiración endógena} \quad Kre \rightarrow f(Cm)$$

Según CEDEX

Cm	0,05	0,1	0,15
Kre	0,041	0,067	0,08

$$Kre = 0,035 \cdot \ln(Cm) + 0,148 \quad (r^2 = 0,998)$$

$$\text{Para } Cm = 0,078 \rightarrow Kre = 0,066622972$$

$$V = \text{volumen del reactor} = 3000 \text{ m}^3$$

$$M = MLSS = 4500 \text{ mg/l}$$

b = Coeficiente que depende del consumo de oxígeno por kg de nitrógeno oxidado. A partir de la relación estequiometría de la oxidación del N 14 kg N precisan 2·32 kg O<sub>2</sub>

$$b = 2 \cdot 32/14 = 4,6 \text{ kg O}_2 / \text{kg Nt}$$

Calculando cada una de las necesidades se tiene:

- Necesidades de O<sub>2</sub> para la síntesis celular  $S1 = \alpha \cdot (R_{to}/100) \cdot CdDBO_5$   
 $S1 = 0,6556 \cdot 0,977 \cdot 1320 \text{ kg O}_2 / \text{día} = 845,76 \text{ kg O}_2 / \text{día}$
- Necesidades de O<sub>2</sub> para la respiración celular  $S2 = Kre \cdot V \cdot M$   
 $S2 = 0,0666 \text{ kg O}_2 / \text{kg DBO eliminada} \cdot 3000 \text{ m}^3 \cdot 4,5 \text{ kg/m}^3 = 899,41 \text{ kg/día}$
- Necesidades de O<sub>2</sub> para la nitrificación  $S3 = b \cdot NTKox$

Las posibilidades de que se realice la nitrificación, dependen de la temperatura y de la edad del fango en días de tal manera que a partir de la temperatura del licor de mezcla (LM), se calcula la edad mínima del fango (E<sub>min</sub>) para que se realice dicha nitrificación y se calcula por la expresión:

$$E_{min} = S \cdot 1/[0,18 \cdot 1,123(T-14) \cdot (1-f_x) - 0,03 \cdot 1,029(T-14)]$$

Siendo

S = Factor de seguridad del proceso, se adopta = 1,25

T = temperatura del licor de mezcla en el reactor en °C

f<sub>x</sub> = fracción del reactor donde se produce la reacción anóxica = 0,4

Siendo la T variable en las distintas estaciones climatológicas se valora para los siguientes rangos

	10	12	13	15	18	20	25	°C
E <sub>min</sub> (d)	30,38	21,81	18,65	13,83	9,05	6,91	3,61	días

Ereal de diseño	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	días
Nitrificación	Parcial	Parcial	Parcial	Total	Total	Total	Total	

Considerando el tipo de proceso adoptado, aireación prolongada, y reactor separado de volúmenes 40% en zona anóxica y 60% en aireación, la Nitrificación-Desnitrificación, con elevado % de recirculación, cabe esperar la nitrificación de forma total, salvo en épocas frías que será parcial y se debe comprobar que el vertido cumple.

Por otra parte se debe calcular el oxígeno necesario para la nitrificación y el oxígeno que se obtiene en la desnitrificación.

Cantidad de nitrógeno que puede ser oxidado calculado por:

$$NTKox = NTK - N1 - N2 - N3 - N4 - Na$$

Siendo:

$$NTK = 115,5 \text{ mg/l}$$

N1 = Norgánico insoluble decantable 0-10% NTK

N2 = 6% de NTK correspondiente al Norgánico soluble, no biodegradable

N3 = 4% de NTK correspondiente al Norgánico soluble biodegradable, no amonizable

N4 = N eliminado en los fangos en exceso ≈ 10% de la Materia Volátil (MV)

Na = Nitrógeno amoniacal

6% NTK = 6,93 mg/l Eliminado en el proceso de decantación primaria (FAD)

2% NTK = 2,31 mg/l

2% NTK = 2,31 mg/l

$$N4- N = 10\%MV$$

$$MV = 75\% \text{ de los fangos en exceso (Fe)}$$

$$Fe = 813,01 \text{ kg/d}$$

$$MV = 609,76 \text{ kg/d} / 1200 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 10^6 \text{ mg/kg} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{l} = 508,13 \text{ mg/l}$$

$$N4-N = 10\% MV = 0,1 \cdot 508,13 \text{ mg/l} = 50,81 \text{ mg/l}$$

Siempre hay una concentración de nitrógeno amoniacal que no se nitrifica, saliendo con el efluente.

Tomando la ecuación modificada que define el proceso de nitrificación, según Van Haandel, Dold y Marais, de la Universidad de Cape Town (Sudáfrica) es la siguiente:

$$Na = k_{nT} \cdot (b_{nT} + 1/E) / [\mu_{nT} \cdot (1-fx) - (b_{nT} + 1/E)]$$

Siendo:

$k_{nT}$  = Coeficiente de saturación para la nitrificación que depende de la temperatura (T) =  $1,123^{(T-20)}$

$b_{nT}$  = Coeficiente de decrecimiento de las bacterias nitrificantes que es  $f(T) = 0,04 \cdot 1,029^{(T-20)}$  en  $d^{-1}$

$\mu_{nT}$  = Coeficiente de crecimiento de las bacterias nitrificantes que es  $f(T) = K_{nT} \cdot \mu_{20}$

$\mu_{20} = 0,5 d^{-1}$  en condiciones normales y 0,4 en condiciones desfavorables

$fx$  = fracción de los LMSS residentes en zona anóxica = 0,4

$E_{min}$  = Edad del fango global necesaria para asegurar la nitrificación

$E$  = Edad del fango de proyecto = 16,6 d

En resumen  $NTK_{Kox} = NTK-N1-N2-N3-N4-Na$  y  $S3 = 4,68 \cdot NTK_{Kox}$

Resultando para las distintas temperaturas y un caudal de 1200 m<sup>3</sup>/día:

T (°C)	10	12	13	15	18	20	25
$b_{nT}$	0,0301	0,0318	0,0327	0,0347	0,0378	0,0400	0,0461
$\mu_{20}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$\mu_{nT}$	0,157	0,198	0,222	0,280	0,396	0,500	0,893
$K_{nT}$	0,313	0,395	0,444	0,560	0,793	1,000	1,786
S (fseg)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
$E_{min}$	30,4	21,8	18,7	13,8	9,0	6,9	3,6 d
E real	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6 d
70% Fe	569,11	569,11	569,11	569,11	569,11	569,11	569,11 kg/d
Na	7,517	1,370	1,026	0,727	0,556	0,502	0,442 mg/l
NTK	115,50	115,50	115,50	115,50	115,50	115,50	115,50 mg/l
N1	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93
N2	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
N3	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
N4	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81
NTK <sub>Kox</sub>	45,620	51,766	52,110	52,410	52,581	52,635	52,694 mg/l
	54,74	62,12	62,53	62,89	63,10	63,16	63,23 kgN/día
<b>S3</b>	<b>213,50</b>	<b>242,27</b>	<b>243,88</b>	<b>245,28</b>	<b>246,08</b>	<b>246,33</b>	<b>246,61 kg O<sub>2</sub>/día</b>
	<b>8,90</b>	<b>10,09</b>	<b>10,16</b>	<b>10,22</b>	<b>10,25</b>	<b>10,26</b>	<b>10,28 kg O<sub>2</sub>/hora</b>

### Oxígeno liberado en la desnitrificación

Máxima concentración como nitrato N-NO<sub>3</sub> que puede desnitrificarse en zona anóxica

$$Dc = Sbi \cdot [fbs \cdot (1-P \cdot Y) / 2,56 + Y \cdot E \cdot k_2 \cdot fx / (1 + b_{hT} \cdot E)]$$

Siendo:

Concentración DQO biodegradable en el efluente = 1200 mg/l	Sbi
Fracción entre la DQO rápidamente biodegradable y DQO biodegradable	fbs
Relación entre la DQO/VSS de la masa de fangos sólidos en suspensión volátiles	P
Coeficiente de crecimiento de las bacterias heterótrofas	Y
Edad del fango	E
Coeficiente desnitrificación 0,1 · 1,08 <sup>(T-20)</sup>	k <sub>2</sub>
Coeficiente decrecimiento de las bacterias heterótrofas 0,24 · 1,029 <sup>(T-20)</sup>	b <sub>hT</sub>
Máxima concentración como nitrato N-NO <sub>3</sub> que puede desnitrificarse en zona anóxica	Dc
Caudal diario = 1200 m <sup>3</sup> /día	
Rendimiento real = 97,73%	Rto real
N <sub>2</sub> real = N <sub>2</sub> · Rto real	N <sub>2</sub> real
NTKefluente = NTK - Ndesnitrificado - Nfnango - Ndecantado	NTKef
NTK = 115,5 mg/l	NTK
N desnitrificado = N <sub>2</sub> real	Ndesni
N fango = N <sub>4</sub>	Nfango
N decantado = N <sub>2</sub>	N decantado
NTK efluente = NTK - Ndesni - Nfango - N decantado	NTKef
Coeficiente de desnitrificación kg/O <sub>2</sub> /kgN = 2,56 kg/O <sub>2</sub> /kgN	d
Oxígeno liberado en la desnitrificación	d · Ndesni
Influencia de la DBO y el caudal punta	1,5
Oxígeno liberado = d · Ndesnitrificado · Influencia DBO y el caudal punta	

### **Necesidades Totales medias O<sub>2</sub>**

- Para la síntesis
- Para la respiración endógena
- Para la nitrificación

Sbi	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	mg/l
fbs	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	
P	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	mg DQO/mg VSS
Y	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	mg VSS/mg DQO
E	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	d
k <sub>2</sub>	0,046	0,054	0,058	0,068	0,086	0,100	0,147	
b <sub>hT</sub>	0,197	0,205	0,209	0,217	0,231	0,240	0,265	
Dc	75,48	80,59	83,39	89,52	100,22	197,94	244,72	mg/l
	90,57	96,71	100,07	107,42	120,27	130,21	160,99	kg N <sub>2</sub> /día
	60%	64%	62%	59%	52%	49%	39%	
Rto real	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	
N <sub>2</sub> real	49,27	55,91	56,28	56,60	56,79	56,85	56,91	
NTKef								
NTK	115,500	115,500	115,500	115,500	115,500	115,500	115,500	
Ndesni	49,27	55,91	56,28	56,60	56,79	56,85	56,91	
Nfango	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81	
N decantado	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	
NTKef	13,11	6,47	6,10	5,77	5,59	5,53	5,47	mg/l

	15,73	7,76	7,32	6,93	6,71	6,64	6,56	kg de N/día
d	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	kg/O <sub>2</sub> /kgN
d·Ndesni	140,912	159,896	160,959	161,883	162,413	162,579	162,762	kg O <sub>2</sub> /día
	5,871	6,662	6,707	6,745	6,767	6,774	6,782	kg O <sub>2</sub> /h
	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
<b>O<sub>2</sub> liberado</b>	<b>8,81</b>	<b>9,99</b>	<b>10,06</b>	<b>10,12</b>	<b>10,15</b>	<b>10,16</b>	10,17	kg O <sub>2</sub> /h

Necesidades Totales medias O<sub>2</sub> para:

Síntesis	35,24	35,24	35,24	35,24	35,24	35,24	35,24	kg O <sub>2</sub> /h
Respiración endógena	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	kg O <sub>2</sub> /h
Nitrificación	8,90	10,09	10,16	10,22	10,25	10,26	10,28	kg O <sub>2</sub> /h
Liberado en desnitrificación	-5,871	-6,662	-6,707	-6,745	-6,767	-6,774	-6,782	kg O <sub>2</sub> /h
<b>TOTAL</b>	<b>75,74</b>	<b>76,15</b>	<b>76,17</b>	<b>76,19</b>	<b>76,20</b>	<b>76,21</b>	<b>76,21</b>	kg O <sub>2</sub> /h

Necesidades Totales punta O<sub>2</sub>

Síntesis	52,86	52,86	52,86	52,86	52,86	52,86	52,86	kg O <sub>2</sub> /h
Respiración endógena	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	37,48	kg O <sub>2</sub> /h
Nitrificación	13,34	15,14	15,24	15,33	15,38	15,40	15,41	kg O <sub>2</sub> /h
Liberado en desnitrificación	-8,81	-9,99	-10,06	-10,12	-10,15	-10,16	-10,17	kg O <sub>2</sub> /h
<b>TOTAL</b>	<b>94,87</b>	<b>95,48</b>	<b>95,52</b>	<b>95,55</b>	<b>95,56</b>	<b>95,57</b>	<b>95,58</b>	kg O <sub>2</sub> /h

<b>AOR adoptado</b>	120	120	120	120	120	120	120
Margen de seguridad	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26

El aporte específico de O<sub>2</sub> por kg de DBO<sub>5</sub> eliminada será para DBO<sub>5</sub> eliminada de 53,75 kg/h

Or = necesidades O<sub>2</sub> / 53,75

Medias: Or =	1,409	1,417	1,417	1,417	1,418	1,418	1,418
Punta: Or =	1,765	1,776	1,777	1,778	1,778	1,778	1,778

Dándose el aporte específico Or en kg O<sub>2</sub>/kg DBO eliminada.

### **Capacidad de oxigenación**

Dado que las necesidades de oxigenación (Or) lo son para condiciones reales y el aporte específico de los sistemas de aireación vienen referidos a condiciones estándar, se precisa conocer la capacidad de oxigenación (OC) requerida

$$OC = Kt \cdot Or$$

Kt = coeficiente de transferencia dado por la expresión:

$$Kt = Cs_{10} / (Cs - Cl) \cdot [(D_{10}/Dt)^{1/2}] \cdot (P_0/Ph) \cdot (1/a)$$

Donde:

Cs<sub>10</sub> = Concentración de saturación de oxígeno en agua pura a 10°C = 11,33 mg/l

Cs = Concentración de saturación de oxígeno en la cuba de aireación a la temperatura del licor de mezcla: Cs = 14,652 - 0,41022·T + 0,007991·T<sup>2</sup> - 0,000077774·T<sup>3</sup>



Ph = presión atmosférica en mm Hg del emplazamiento =  $760 \cdot e^{-(Ht/8005)}$  mm Hg, siendo Ht = altura topográfica del lugar considerado = 207 m

Ph = 740,60 mm Hg

p = Presión del vapor de agua a la temperatura T, en mm Hg =  $e^{(1,52673+0,071745 \cdot T-0,000246 \cdot T^2)}$

Cscampo =  $Cs \cdot (Ph-p)/(760-p)$

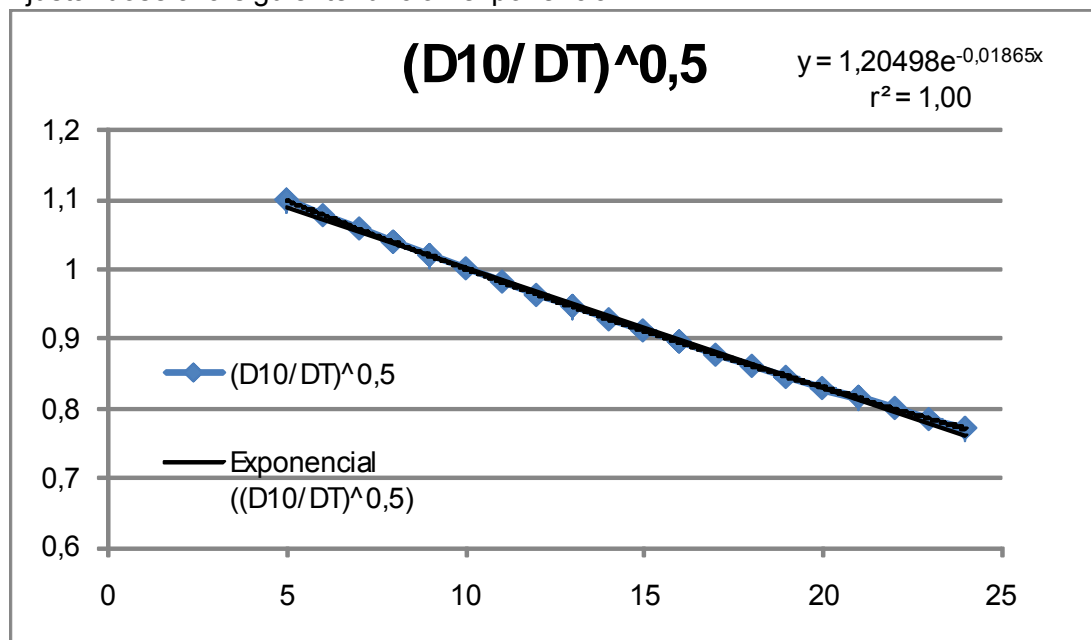
CI = Concentración de oxígeno a mantener en el licor de mezcla = 2 mg/l

D10 y DT Coeficientes de difusión a 10°C y a T °C

La expresión  $(D10/DT)^{1/2}$  esta tabulada y para valores de 10 a 24°C presenta los siguientes valores:

T °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	1,09815	0,9634	0,9456	0,9281	0,911	0,894	0,878	0,861	0,846	0,83	0,815	0,8	0,785	0,77	

Ajustándose a la siguiente función exponencial:



$$(D10/DT)^{0,5} = 1,20498 \cdot 2e^{-0,01865 \cdot T}$$

$\alpha$  = Coeficiente de intercambio entre LM y agua pura de valor = 0,9

$\beta$  = factor de corrección función características del LM, normalmente 0,95

Realizando los cálculos se tiene:

T (°C)	10	12	13	15	18	20	25	
CsT	11,271	10,746	10,499	10,034	9,404	9,022	8,176	
p	9,203	10,509	11,222	12,776	15,463	17,518	23,727	mm Hg
Cscampo	10,98	10,47	10,23	9,77	9,16	8,79	7,96	mg/l
Cs	10,43	9,94	9,72	9,28	8,70	8,35	7,56	mg/l
$(D10/DT)^{0,5}$	1,000	0,963	0,946	0,911	0,861	0,830	0,756	
Kt	1,5322	1,5666	1,5832	1,6154	1,6607	1,6891	1,7557	

Para condiciones medias

OC = Kt·Or =	2,16	2,22	2,24	2,29	2,35	2,39	2,49
--------------	------	------	------	------	------	------	------

Equivale a un coeficiente de transferencia Or/Oc

Or/Oc =           0,463    0,451    0,446    0,437    0,425    0,418    0,402

Para condiciones punta

OC = Kt·Or =   2,705    2,783    2,814    2,872    2,953    3,003    3,122

Equivale a un coeficiente de transferencia Or/OC

Or/OC =           0,370    0,359    0,355    0,348    0,339    0,333    0,320

y las necesidades totales de O<sub>2</sub> real serán para condiciones:

Medias	116,05	119,29	120,60	123,08	126,55	128,72	133,80	kg O <sub>2</sub> /h
Punta	145,37	149,58	151,23	154,35	158,70	161,43	167,81	kg O <sub>2</sub> /h

y por tanto las necesidades máximas de O<sub>2</sub> reales será: **167,81 kg O<sub>2</sub>/h**

**Se adopta a efectos de dimensionado de soplantes    200 kg O<sub>2</sub>/h**

### **Desnitrificación**

Zona            Reactor anóxico

Volumen total reactor Vt = 3000 m<sup>3</sup>

Vanox = 40% Vt = 1200 m<sup>3</sup>

y los tiempos de retención real a caudal medio y caudal punta serán:

TRHmed = Vanox/Qm = 1200 m<sup>3</sup> /50 m<sup>3</sup>/h = 24 h

TRHpunta= Vanox/Qp = 1200 m<sup>3</sup> /62,5 m<sup>3</sup>/h = 19,2 h

### **Sistema de aireación**

Para el sistema de aireación se adoptan soplantes rotativos que proporcionan unitariamente aire a presión ( $\Delta p = 600$  mbars) y siguientes características:

tabla de características / performances table

Funcionamiento en presión / Pressure operation

Δp m bar	tamaño / size		SEM. 11 TR / DN. 80							SEM 11,5 TR / DN. 100								
	motor / p.m. motor		3000							3000								
	soplante / p.m. blower		1500	2000	2500	3000	3400	3800	4200	4500	1500	2000	2500	3000	3400	3800	4200	4500
200	Q.	m <sup>3</sup> /h	267	381	495	609	700	791	882	950	357	513	669	824	949	1072	1197	1290
	Δ t	°C	23	21	20	20	20	19	20	19	22	20	20	19	19	18	18	18
	N. abs	Kw	2.4	3.1	3.8	4.5	5.1	5.7	6.2	6.7	3.6	4.5	4.9	6.4	7.1	7.9	8.6	9.2
	N. motor	Kw	3	4	5.5	5.5	7.5	7.5	9.2	9.2	5.5	5.5	7.5	9.2	9.2	11	11	11
	Lp (A)	s / c	72	74	78	81	84	87	90	91	74	76	80	89	86	88	91	92
	c / c	65	65	66	67	69	70	73	73	65	65	66	69	70	71	73	74	
300	Q.	m <sup>3</sup> /h	245	359	473	587	678	769	850	928	326	482	639	794	918	1043	1168	1261
	Δ t	°C	36	33	31	29	29	28	28	28	35	33	31	29	29	28	28	28
	N. abs	Kw	3.3	4.3	5.4	6.4	7.3	8.1	9	9.6	4.6	6	7.5	9.9	10.1	11.3	12.4	13.3
	N. motor	Kw	4	5.5	7.5	9.2	9.2	11	11	15	5.5	7.5	9.2	11	15	15	18.5	18.5
	Lp (A)	s / c	73	75	79	82	85	88	91	93	75	77	82	88	88	91	94	95
	c / c	65	65	66	67	69	71	74	74	65	65	66	69	71	73	75	75	
400	Q.	m <sup>3</sup> /h	230	344	457	571	662	753	844	912	305	462	619	775	900	1026	1151	1245
	Δ t	°C	50	45	42	40	40	39	39	39	49	43	40	39	39	39	39	38
	N. abs	Kw	4.2	5.7	7.1	8.5	9.6	10.8	11.9	12.6	5.9	7.8	9.7	11.5	13	14.5	16	17.1
	N. motor	Kw	5.5	7.5	9.2	11	15	15	15	18.5	7.5	11	15	18.5	18.5	22	22	22
	Lp (A)	s / c	74	76	79	83	86	89	92	94	76	79	84	91	91	93	96	97
	c / c	65	65	66	68	70	72	74	75	65	66	68	71	73	74	76	77	
500	Q.	m <sup>3</sup> /h	215	329	442	556	647	738	829	897	293	449	605	762	886	1011	1136	1230
	Δ t	°C	66	59	55	50	49	48	48	48	53	58	54	51	50	49	47	46
	N. abs	Kw	5.1	6.9	8.7	10.5	11.9	13.4	14.8	15.9	7	9.4	11.7	15	15.9	17.7	19.6	21
	N. motor	Kw	7.5	9.2	11	15	15	18.5	18.5	22	9.2	15	15	18.5	22	22	30	30
	Lp (A)	s / c	75	77	81	84	87	89	93	95	76	79	85	91	91	94	96	97
	c / c	65	65	67	68	70	72	74	75	65	65	69	72	73	75	76	77	
600	Q.	m <sup>3</sup> /h	200	314	427	541	632	723	814	882	277	433	590	746	871	996	1121	1215
	Δ t	°C	84	74	67	62	60	59	58	58	61	69	63	60	60	59	58	56
	N. abs	Kw	5.9	8.1	10.3	12.6	14.3	16.1	17.9	19.2	8.1	11	13.8	16.6	18.9	21.1	23.4	25.1
	N. motor	Kw	7.5	11	15	18.5	18.5	22	22	30	11	15	18.5	22	30	30	30	30
	Lp (A)	s / c	76	78	82	86	89	91	94	96	77	80	85	89	92	95	96	96
	c / c	65	66	68	70	71	73	74	76	65	66	69	72	74	75	76	77	
700	Q.	m <sup>3</sup> /h	188	302	415	529	618	709	799	867								
	Δ t	°C	101	96	88	79	73	69	69	71								
	N. abs	Kw	6.9	9.4	11.9	14.5	16.5	18.5	20.6	22.1								
	N. motor	Kw	9.2	15	15	18.5	22	30	30	30								
	Lp (A)	s / c	77	80	84	88	90	94	96	99								
	c / c	65	66	68	71	73	75	76	77									

<b>Potencia instalada 22 kW</b>
746 m <sup>3</sup> /h
33,9 m <sup>3</sup> /kW·h
Nivel acústico 72 dB

Que para un peso específico del aire de 1,293 kg/m<sup>3</sup> corresponden a 964,578 kg/aire/h

Considerando un contenido de oxígeno del 20,9% el O<sub>2</sub> aportado es 201,60 kgO<sub>2</sub>/h

Para las condiciones del emplazamiento y ambientales de temperatura hay que corregir por la altura del emplazamiento y el valor del peso específico del aire a la temperatura ambiental

C = factor corrección por altura = -0,000114 · H + 0,99979; para H = 207 m → C = 0,976192

Peso específico del aire a temperatura Ta = 1,293 · (1,033 · C / 1,033) · (273 / (273 + Ta)) en kg/m<sup>3</sup>

Ta (°C)	10	12	13	15	18	20	25	
Peso. esp.	1,217	1,209	1,2048	1,1965	1,1841	1,1761	1,1563	kg/m <sup>3</sup>
1 soplante	908,3	902,0	898,8	892,6	883,4	877,3	862,6	kg aire/h
Contenido O <sub>2</sub> aire								
0,209	189,8	188,5	187,9	186,5	184,6	183,4	180,3	kgO <sub>2</sub> /h
Aporte específico	8,63	8,57	8,54	8,48	8,39	8,33	8,19	kgO <sub>2</sub> /kW·h
η = 0,6								
P = OC/A · η	28,1	29,1	29,5	30,3	31,5	32,3	34,1	kW

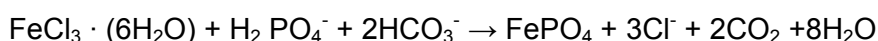
Se requieren 2 soplantes de 22 kW/c.u. con regulación de velocidad

Por el nivel acústico se instalaran en cabinas de insonorización.

## 7 ELIMINACIÓN DE FOSFORO

Si bien cabe esperar que en el proceso biológico, como nutriente necesario, el fosforo estará prácticamente consumido, dado el condicionante de no sobrepasar en el vertido los 2 mg/l de P y al objeto de asegurar dicho nivel a la salida del reactor biológico, se propone su eliminación química mediante la adición de coagulantes, tales como cloruro férrico  $(\text{FeCl}_3)$  o bien un policloruro de aluminio que es un polímero inorgánico catiónico  $([\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_2_4(\text{HO}_2)_{12}]^{7+})$  que se añadirá a la salida del reactor biológico y antes de su entrada al decantador secundario.

La reacción dominante, en caso de utilización del  $\text{FeCl}_3$  es:



Siendo la cantidad máxima de fosforo a eliminar de 46,154 kg/día, la cantidad de  $\text{FeCl}_3$  a utilizar será:

$$5,2 \text{ g FeCl}_3 / \text{g de P}_{\text{eliminado}} \cdot 46,154 \text{ kg/día} = 240 \text{ kg/día}$$

Dosis máxima	0,2 kg/m <sup>3</sup>
Caudal diario	1.200 m <sup>3</sup> /día
Consumo coagulante	240,0 kg/día
Días de trabajo	6,5 días/semana
Consumo semanal de coagulante	1.560,0 kg/semana
Semanas de trabajo al año	52 semanas
Consumo anual	81.120,0 kg/año
Presentación comercial $\text{FeCl}_3$ 40%	
Consumo anual máximo	203 m <sup>3</sup>
Consumo semanal máximo	4 m <sup>3</sup> /semana
Depósito almacenamiento	20 m <sup>3</sup> ( 5 semanas)

Considerando que, tanto como el  $\text{FeCl}_3$  como el policloruro de aluminio son tóxicos, ácidos y muy corrosivos, se propone depósito de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) de 2,4 m de diámetro y 4,8 m de altura con una capacidad de 20 m<sup>3</sup> para el suministro a la dosificación.

Igualmente la instalación del sistema de dosificación del coagulante con capacidad de 6-40 l/h y electrobomba de 0,37 kW.

Finalmente considerando que se ha observado en todas las EDAR's que tanto la cantidad de fosforo en el agua, como la relación estequiométrica son variables, la cantidad de coagulante para eliminación de P será determinada por el explotador según funcionamiento de la planta.

## 8 DECANTACIÓN SECUNDARIA

El objetivo de la decantación secundaria en el proceso de fangos activos, es separar la biomasa del agua tratada.

La función que se persigue es por un lado la clarificación del efluente y por otro el espesamiento de los fangos para obtener una concentración suficiente en la extracción de fangos.

Los principales factores para el dimensionamiento de los clarificadores son:

### 8.1 Caudales medio y punta

Las condiciones de diseño han de basarse en las peores condiciones posibles de caudal (caudal punta), ya que estas podrían dar lugar a pérdida de floculo por el vertedero.

### 8.2 Carga hidráulica o velocidad ascensional

Se define como el volumen de agua que trata el decantador, por m<sup>2</sup> de superficie y por unidad de tiempo (m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>·h). Determina la superficie del decantador (ver tabla).

### 8.3 Carga de sólidos

Es la masa de sólidos en suspensión que trata el decantador por m<sup>2</sup> de superficie y por unidad de tiempo (kg ss/ m<sup>2</sup>·h). Tomar los valores máximos si la punta de carga es de larga duración (ver tabla).

### 8.4 Tiempo de retención hidráulica.

Determina el volumen del decantador. Valores habituales se dan en la tabla siguiente.

PARAMETROS HABITUALES DE DIMENSIONAMIENTO DE DECANTADORES SECUNDARIOS			
		PROCESO CONVENCIONAL	AIREACIÓN PROLONGADA
CARGA SUPERFICIAL ó VELOCIDAD ASCENSIONAL	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h	Q med <0,8 Q max <1,5	Q med <0,8 Q max <1,6
CARGA DE SÓLIDOS	kg/m <sup>2</sup> ·h	Q med < 2,5 Q max <4,5	Q med <1,8 Q max <3,2
TIEMPO DE RETENCIÓN	h	Q max < 3	Q max 3 - 5
CARGA SOBRE VERTEDERO	m <sup>3</sup> /ml·h	Q med < 2,5 Q max <4,5	

### 8.5 Recirculación de fangos

Es conveniente disponer de suficiente capacidad de recirculación, que permita la pronta eliminación del lecho de fangos en los decantadores secundarios.

No son aconsejables largos períodos de permanencia del fango en los clarificadores ya que esto podría favorecer la salida de floculo por los vertederos en situaciones de caudal punta. Con altas temperaturas y altas edades de fango se podría producir desnitrificación incontrolada.

Se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

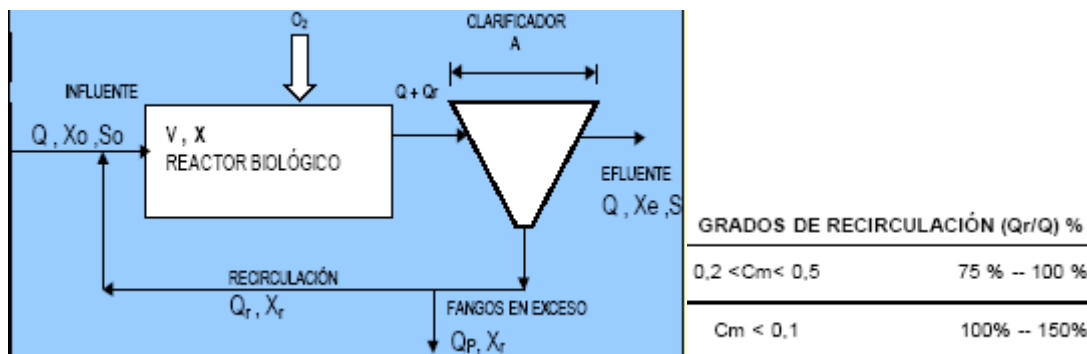
$$(Q_r + Q) X = Q_r X_r$$

Donde:  $Q_r$  = Caudal de recirculación (m<sup>3</sup>/h).

$Q$  = Caudal de entrada en el sistema (m<sup>3</sup>/h).

$X$  = MLSS del reactor biológico (kg/ m<sup>3</sup>).

$X_r$  = RASS de la recirculación (kg/ m<sup>3</sup>).



y que se justifica posteriormente.

### 8.6 Carga sobre vertedero.

Se define como el caudal de agua tratado por metro lineal de vertedero (m<sup>3</sup>/ m·h). Su correcto dimensionamiento evita los arrastres de sólidos por efecto de la velocidad de salida del efluente. La profundidad mínima debajo de los vertederos perimetrales debe ser superior a 3,0 m.

### 8.7 Calado del decantador

Es uno de los principales datos a tener en cuenta en el dimensionamiento. Debe estar dimensionado para permitir las fluctuaciones de caudal, variaciones de temperatura y de carga de sólidos. Son recomendables valores superiores a 3,0 m y es función del diámetro del decantador. (Para ello se han consultado las normas alemanas ATV - a 131 y EPA americana).

PROFUNDIDAD EN CLARIFICADORES (EPA)		
DIAMETRO	RECOMENDADA	MINIMA
<12	3,3	3
12 – 21	3,6	3,3
21 – 30	3,9	3,6
30 – 42	4,2	3,9
> 42	4,5	4,2

### Características del influente

MLSS = 4,5 kg/m<sup>3</sup>

Carga de sólidos a caudal medio = Qm·MLSS = 50 m<sup>3</sup>/h · 4,5 kg SST/h = 225,00 kgSST/h

Carga de sólidos a caudal punta = Qp·MLSS = 62,5 m<sup>3</sup>/h · 4,5 kg SST/h = 281,25 kgSST/h

### Los parámetros de diseño son

A caudal medio

Carga de sólidos máxima Cs = Qmed · M / S ≤ 1,8 kg/m<sup>2</sup>/h

Carga hidráulica máxima CH = Qmed / S ≤ 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h

Tiempo de retención mínimo > 4 horas

A caudal punta

Carga de sólidos máxima Cs = Qp · M / S ≤ 3,2 kg/m<sup>2</sup>/h

Carga hidráulica máxima  $CH = Q_p / S \leq 0,9 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

Tiempo de retención mínimo > 2 horas

Carga máxima sobre vertedero 20 entre 2 - 6 cm

Velocidad perimetral de arrastre de fangos máxima 120 m/h

### **Cálculo del diámetro del decantador**

Superficie necesaria a caudal medio

por carga hidráulica  $S = 50 \text{ m}^3/\text{h} / 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} = 100 \text{ m}^2$

por carga de sólidos  $S = 225 \text{ kg SST}/\text{h} / 1,8 \text{ kg SST}/\text{m}^2/\text{h} = 125 \text{ m}^2$

Superficie necesaria a caudal punta

por carga hidráulica  $S = 62,5 \text{ m}^3/\text{h} / 0,9 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h} = 69,4 \text{ m}^2$

por carga de sólidos  $S = 281,25 \text{ kg SST}/\text{h} / 3,2 \text{ kg SST}/\text{m}^2/\text{h} = 87,9 \text{ m}^2$

Superficie necesaria  $S = 125 \text{ m}^2$

Que corresponde a un diámetro  $D = (4 \cdot S / \pi)^{0,5} = 12,62 \text{ m}$

Diámetro adoptado  $D_r = 12,7 \text{ m}$

Superficie real adoptada  $S_r = 126,7 \text{ m}^2$

Diámetro poceta central = 2m

Pendiente solera = 10%

Altura zona cónica  $h_c = 0,535 \text{ m}$

Volumen de la zona cónica  $V_c = S_r \cdot h_c / 3 = 22,6 \text{ m}^3$

Longitud total de vertedero  $L_v = \pi \cdot D_r = 39,9 \text{ m}$

### **Cálculo de la profundidad del decantador**

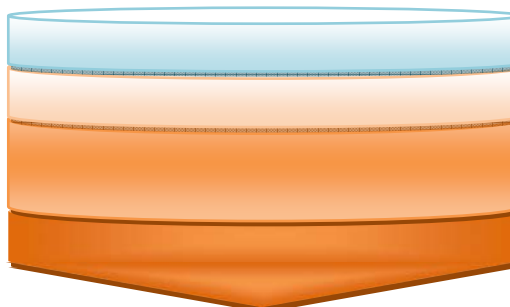
Se sigue para ello la norma ATV-Standard A.131

Zona de clarificación  $h_1 \geq 0,5 \text{ m}$

Zona de separación  $h_2$

Zona de almacenamiento  $h_3$

Zona de espesamiento  $h_4$



Zona de clarificación  $h_1 \geq 0,5 \text{ m}$

Zona de separación mezcla agua fango  $h_2 = 0,5 \cdot CH \cdot (1 + RV) / (1 - VE / 1000)$

Siendo:

$CH$  = Carga hidráulica superficial = 0,5 m/h

$IVF$  = índice volumétrico de fangos = 150 ml/g

$VE$  =  $MLSS \text{ (g/l)} \cdot IVF \text{ (ml/g)} = 4,5 \text{ g/l} \cdot 150 \text{ ml/g} = 675 \text{ ml/l}$

$RV$  = porcentaje de recirculación del licor mixto = 150%

Resultando:

$$h_2 = 0,5 \cdot 0,5 \text{ m/h} \cdot (1+1,5)/(1 - 675/1000) = 1,923 \text{ m}$$

Zona de espesamiento  $h_3$  que viene dada por la expresión

$$V \text{ (m}^3\text{)} = h_3 \cdot S = \text{IVF (m}^3\text{/kg)} \cdot (\text{Q+Qr})_{\text{max}} \cdot \text{M (kg/m}^3\text{)}$$

$$h_3 = \text{IVF (m}^3\text{/kg)} \cdot (\text{Q+Qr})_{\text{max}} \cdot \text{M (kg/m}^3\text{)} / \text{S (m}^2\text{)}$$

Siendo:

$$S = \text{superficie del decantador} = 126,7 \text{ m}^2$$

$$\text{IVF} = 150 \text{ mg/l} \cdot 1 \text{ m}^3/1000 \text{ l} = 0,15 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Q = caudal en condiciones punta

$$\text{Q}_{\text{max}} = 150\% \text{ Q}_{\text{medio}} = 1,5 \text{ Q}_{\text{medio}}$$

$$\text{Q}_{\text{max}} = 2,4 \text{ Q}_{\text{medio}}$$

$$(\text{Q+Qr})_{\text{max}} = 1,5 \cdot \text{Q}_m + 2,4 \cdot \text{Q}_m = 3,9 \cdot \text{Q}_m = 195 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{M} = \text{Concentración de sólidos en el reactor} = 4,5 \text{ kg/m}^3$$

Resultando  $h_3 = 1,04 \text{ m}$

La altura mínima de la parte cilíndrica será para  $h_1 = 0,5 \text{ m}$

$$h_{\text{min}} = h_1 + h_2 + h_3 = 0,5 + 1,923 + 1,039 = 3,462 \text{ m}$$

Se adopta una altura de  $h_{\text{cil}} = 3,3 \text{ m} + 0,4$  de resguardo, total  $3,7 \text{ m}$

El volumen de la zona cilíndrica será  $V_{\text{cil}} = h_{\text{cil}} \cdot S_r = 418,0 \text{ m}^3$

y el volumen de la zona cónica  $V_c = 22,6 \text{ m}^3$

$$\mathbf{V_t = 440,6 \text{ m}^3}$$

Resultando los siguientes parámetros de funcionamiento:

Carga hidráulica

$$\text{Velocidad ascensional a caudal máxima } V_a = \text{Q}_m / S_r = 50 \text{ m}^3/\text{h} / 126,68 \text{ m}^2 = 0,395 \text{ m/h} < 0,5 \text{ m/h}$$

$$\text{Velocidad ascensional a caudal punta } V_a = \text{Q}_p / S_r = 62,5 \text{ m}^3/\text{h} / 126,68 \text{ m}^2 = 0,493 \text{ m/h} < 0,9 \text{ m/h}$$

Carga sólidos =  $\text{Q} \cdot \text{M} / \text{S}_{\text{dec}}$ .

$$\text{A caudal medio} = 50 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 4,5 \text{ kgSS/m}^3 / 126,68 \text{ m}^2 = 1,78 \text{ kgSS/m}^2/\text{h}$$

$$\text{A caudal punta} = 62,5 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 4,5 \text{ kgSS/m}^3 / 126,68 \text{ m}^2 = 2,22 \text{ kgSS/m}^2/\text{h}$$

Tiempo de retención  $\text{TR} = V_t / \text{Q}$

$$\text{A caudal medio TR (Q}_m\text{)} = 440,62 \text{ m}^3 / 50 \text{ m}^3/\text{h} = 7,05 \text{ h} > 2 \text{ h}$$

Carga sobre vertedero  $\text{C}_{\text{vertedero}} = \text{Q} / \text{p} \cdot \text{D}$

$$\text{Longitud del vertedero} = \text{p} \cdot \text{D}_r = 39,90 \text{ m}$$

$$\text{A caudal medio C vertedero} = 50 \text{ m}^3/\text{h} / 39,9 \text{ m} = 1,25 \text{ m}^3/\text{h/m}$$

$$\text{A caudal punta C vertedero} = 62,5 \text{ m}^3/\text{h} / 39,9 \text{ m} = 1,57 \text{ m}^3/\text{h/m}$$

Calado sobre el vertedero

Adoptando una separación entre dientes  $\text{S}_d = 0,25 \text{ m}$



Número de vertederos triangulares = Longitud vertedero (Lv) / 0,25 m = 159,6 unidades

Se adoptan 160 unidades

El caudal unitario por vertedero triangular será:

$$A \text{ caudal medio } Q_{\text{vert}} = C_v \cdot S_d = 1,25 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} \cdot 0,25 \text{ m} = 0,313 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A \text{ caudal punta } 1,57 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} \cdot 0,25 \text{ m} = 0,392 \text{ m}^3/\text{h}$$

Considerando vertedero triangular de 90 °, el cálculo del calado dado por la formula de Thompson

$$Q = 1,42 \cdot h^{5/2} \text{ de donde } h = (Q/1,42)^{2/5},$$

Siendo h el calado en m y Q el caudal vertido en m<sup>3</sup>/s

El calado a caudal medio será

$$h_m = [ 0,313 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1 \text{ h}/3600 \text{ s} / 1,42 ]^{2/5} \cdot 100 \text{ cm}/\text{m} = 2,065 \text{ m}$$

El calado a caudal punta será

$$h_p = [ 0,392 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1 \text{ h}/3600 \text{ s} / 1,42 ]^{2/5} \cdot 100 \text{ cm}/\text{m} = 2,258 \text{ m}$$

La variación de la lámina de agua será  $\Delta h = h_p - h_m = 0,193 \text{ cm}$

## 9 CÁLCULO DE LA RECIRCULACIÓN DE FANGOS

Para mantener una concentración constante de sólidos en suspensión en el LM del reactor biológico se ha de recircular el fango producido en el decantador secundario.

El porcentaje de recirculación es función de la concentración de sólidos en suspensión (MLSS) y de la sedimentabilidad del fango que se expresa por el Índice Volumétrico de Fangos (IVF)

$$R (\%Q_m) = M \cdot IVF / (1 - M \cdot IVF)$$

Siendo:

M = Concentración de sólidos en suspensión del reactor (MLSS) = 4,5 kg/m<sup>3</sup>

IVF = Índice volumétrico de fangos que debe estar, para una buena sedimentabilidad, entre 100 y 150 cm<sup>3</sup>/g

Para IVF = 100 cm<sup>3</sup>/g = 0,0001 m<sup>3</sup>/g

$$R (\%Q_m) = 4,5 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 1000 \text{ g}/\text{kg} \cdot 0,0001 \text{ m}^3/\text{g} / ( 1 - 4,5 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 1000 \text{ g}/\text{kg} \cdot 0,0001 \text{ m}^3/\text{g} ) = 81,8\%$$

Para IVF = 150 cm<sup>3</sup>/g = 0,00015 m<sup>3</sup>/g

$$R (\%Q_m) = 4,5 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 1000 \text{ g}/\text{kg} \cdot 0,00015 \text{ m}^3/\text{g} / ( 1 - 4,5 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 1000 \text{ g}/\text{kg} \cdot 0,00015 \text{ m}^3/\text{g} ) = 207,7\%$$

Se comprueba correcto el porcentaje de recirculación adoptado del 207,7%

El caudal de recirculación será  $2,08 \cdot Q_m = 2,08 \cdot 50 \text{ m}^3/\text{h} = 103,8 \text{ m}^3/\text{h}$

El sistema de bombeo se realizara mediante bomba sumergida en poceta anexa al decantador

## 10 CÁLCULO DE LA PURGA DE FANGOS (FANGOS BIOLÓGICOS EN EXCESO)

Además del caudal de recirculación de fangos, se ha de considerar el caudal que hay que purgar del decantador (fangos en exceso) para su extracción y envío al espesador. Para ello previamente hay que realizar un balance de masas en el reactor biológico para comprobar la concentración de sólidos necesaria en el fango a recircular

$$\text{Balance de masas: } Q_r \cdot M_r = (Q + Q_r) \cdot M \quad M_r = (Q + Q_r) \cdot M / Q_r$$

Donde:

$$Q_r = \text{caudal de recirculación} = 103,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M_r = \text{concentración de sólidos en el fango a recircular}$$

$$Q = \text{caudal de entrada en el reactor} = 50 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Caudal medio de diseño)}$$

$$\text{Caudal punta } 62,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$M = \text{concentración de sólidos en el reactor} = 4,5 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{a caudal medio } M_r = (50 + 103,85) \cdot 4,5 / 103,85 = 6,67 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{a caudal punta } M_r = (62,5 + 103,85) \cdot 4,5 / 103,85 = 7,21 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Para los fangos en exceso calculado  $F_e = 814,62 \text{ kg}/\text{d}$  y una concentración de purga del 10,0%

$$M_r = 6,67 / 10 = 0,67 \%$$

y el caudal de purgas de fangos biológicos

$$\text{Caudal de purga} = F_e / M_r = 814,62 \text{ kg}/\text{d} / 6,67 \text{ kg}/\text{m}^3 = 122,1 \text{ m}^3/\text{d}$$

## 11 HOMOGENIZACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE FANGOS

Los fangos en exceso, junto con los decantados en la flotación (FAD), son enviados a un espesador-homogenizador para ser concentrados antes de su deshidratación mecánica.

La producción de fangos biológicos en exceso, justificado anteriormente son: 814,62 kg/día a una concentración media de 0,8% mg/l

$$\text{Volumen diario a extraer} = 814,62 \text{ kg}/\text{día} / 0,008 \text{ mg}/\text{l} = 101,83 \text{ m}^3/\text{día}$$

La producción de fangos en la filtración, justificado anteriormente son: 1728,00 kg/día a una concentración media de 2,0% mg/l

$$\text{Volumen diario a extraer} = 1728 \text{ kg}/\text{día} / 0,02 \text{ mg}/\text{l} = 86,40 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Total fangos a homogenizador- espesador 188,23 m<sup>3</sup>/día**

Datos básicos de diseño digestor aerobio lodos y homogenización

	Fangos 1º		Fangos 2º	
Estabilización prevista (% reducción SV)	30,00	%	30	%
Temperatura media (°C) T	25	°C	25	°C
Tiempo total de digestión (días) ttd	12	días	12	días
Tiempo de digestión en reactor biológico (días) tdrb	1,0	días	2,50	días
Tiempo de digestión necesario (días) tdn	11,0	días	10,50	días
Concentración de lodos en digestor (%) Cfd	3,5	%	3,5	%

Volumen máximo de digestión necesario (m<sup>3</sup>) = Producción fangos (kg/día) \* tiempo de digestión necesario/Concentración lodos en el digestor

Producción de fangos de la flotación =	1728,00	kg/día
tdn	11,0	días
Cfd	3,5%	mg/l

$$\text{Volumen máximo de digestión necesario (m}^3\text{)} = 1728 \text{ kg/día} \cdot 11 \text{ días} / 0,035 \text{ mg/l} = 543,09 \text{ m}^3$$

Producción de fangos del biológico =	814,62	kg/día
tdn	10,5	días
Cfd	3,5%	mg/l

$$\text{Volumen máximo de digestión necesario (m}^3\text{)} = 814,62 \text{ kg/día} \cdot 10,5 \text{ días} / 0,035 \text{ mg/l} = \frac{244,39 \text{ m}^3}{787,47 \text{ m}^3}$$

Total V máximo =

Volumen mínimo de digestión necesario (m<sup>3</sup>) = [Producción fangos (kg/día) - sólidos volátiles eliminados (kg/día)] \* tiempo de digestión necesario/Concentración lodos en el digestor

Estabilización prevista	30%	reducción SV
% sólidos volátiles en reactor	50%	
Fangos diarios producidos	1728,00	kg/día
Sólidos volátiles eliminados =	0,3reducción SV · 1728kg/día · 0,5 kg SV/kg fangos =	259,20 kg/día

Estabilización prevista	30%	reducción SV
% sólidos volátiles en reactor	50%	
Fangos diarios producidos	814,62	kg/día
Sólidos volátiles eliminados =	0,3reducción SV · 814,62kg/día · 0,5 kg SV/kg fangos	<u>122,19 kg/día</u>
		<b>Total SV eliminados = 381,39 kg/día</b>

Volumen mínimo de digestión necesario para fangos procedentes de flotación (m<sup>3</sup>)

$$(1728 \text{ kg/día} - 259,2 \text{ kg/día}) \cdot 11 \text{ días} / 0,035 \text{ mg/l} = 461,62 \text{ m}^3$$

Volumen mínimo de digestión necesario para fangos procedentes del biológico (m<sup>3</sup>) =

$$(814,62 \text{ kg/día} - 122,19 \text{ kg/día}) \cdot 10,5 \text{ días} / 0,035 \text{ mg/l} = 207,73 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volumen mínimo del reactor} = 461,62 + 207,73 = 669,35 \text{ m}^3$$

Entre el volumen máximo de 787,47 m<sup>3</sup> y el mínimo necesario de 669,35 se adopta:

Deposito circular de diámetro D =	14,42	m
Calado máximo h =	4,7	m
Altura de coronación =	5,2	m
		0,5 m de resguardo
<u>Volumen</u> =	$\pi \cdot D^2 / 4 \cdot h$	<u>767,57</u> m <sup>3</sup>

### Cálculo de la aireación necesaria

#### Datos de diseño:

Necesidades de O <sub>2</sub>	2,5	kgO <sub>2</sub> /kg SV eliminada
Coefficiente de transferencia (Or/OC)	0,64	
Tipo de aireador		Aireador sumergido
Aporte específico	2,6	kgO <sub>2</sub> /kW·h
Rendimiento del conjunto motor reductor	0,8	

#### Cálculo necesidades de aireación

Necesidades O<sub>2</sub> diarias (kg/día) = Sólidos volátiles eliminados · Necesidades O<sub>2</sub> /kg SVeliminada

Sólidos volátiles eliminados 381,39 kg SV/día

Necesidades de O<sub>2</sub> 2,5 kgO<sub>2</sub>/kg SV eliminada

Necesidades O<sub>2</sub> diarias = 381,39kg SV/día · 2,5kgO<sub>2</sub>/kg SV eliminada = 953,48kgO<sub>2</sub>/día

Coefficiente de transferencia Or/OC = 0,64

Capacidad de oxigenación = 953,48kgO<sub>2</sub>/día · 1 día/24 h / 0,64 = 62,08 kg O<sub>2</sub> /h

#### Potencia necesaria para la aireación

Capacidad de oxigenación necesaria = 62,08 kg O<sub>2</sub> /h

Aporte específico 2,6 kgO<sub>2</sub>/kW·h

Rendimiento del conjunto motor reductor 0,8

Potencia necesaria = 62,08 kg O<sub>2</sub> /h / ( 2,6 kgO<sub>2</sub>/kW·h · 0,8) = 29,8 kW

Potencia adoptada: **Soplante de 30 kW**

Con un caudal de 1575 m<sup>3</sup>/h a 0,4 bars

400	Q.	m <sup>3</sup> /h	963	1269	1575	1804	2034	2263	2416	2569	1255	1654	2052	2352	2651	2950	3149	3349
	Δ t	°C	40	38	38	37	37	35	33	29	44	40	38	37	36	35	35	35
	N. abs	Kw	14.2	17.9	21.6	24.4	27.2	29.9	31.8	33.6	19	24	29.1	32.8	36.6	40.4	42.9	45.5
	N. motor	Kw	18.5	22	30	30	37	37	37	45	30	30	37	45	45	55	55	55
	Lp (A)	s / c	81	81	87	89	90	93	96	97	84	86	90	93	94	96	96	96
c / c		69	69	71	72	72	73	75	76	70	71	72	74	76	77	77	77	77
Q.	m <sup>3</sup> /h	937	1243	1549	1779	2009	2238	2391	2545	1224	1622	2020	2318	2616	2915	3114	3312	

#### Potencia necesaria para la agitación

Necesidades agitación mínima 30 W/m<sup>3</sup>

Volumen mínimo reactor = 669,35 m<sup>3</sup>

Potencia mínima necesaria = 30W/m<sup>3</sup> · 669,35m<sup>3</sup> 1 kW/1000 W = 20,08 kW

Se adoptan dos bombas de recirculación lodos de 15 kW/c.u. y caudal de 480 m<sup>3</sup>/h

#### Producción de lodo estabilizado (kg/día)

**Producción de lodo estabilizado** = Producción total de fangos - fangos eliminados

Fangos de la flotación = 1728,00 kg/día

Fangos del biológico = 814,62 kg/día

Fangos eliminados = 381,39 kg/día

Lodo estabilizado = (1728 + 814,62) - 381,39 kg/día = 2161,23 kg/día

Concentración de lodo estabilizado = 3,5%

Volumen diario de lodo estabilizado = 2161,23 kg/día / 0,035 mg/l = **61,75 m<sup>3</sup>/día**

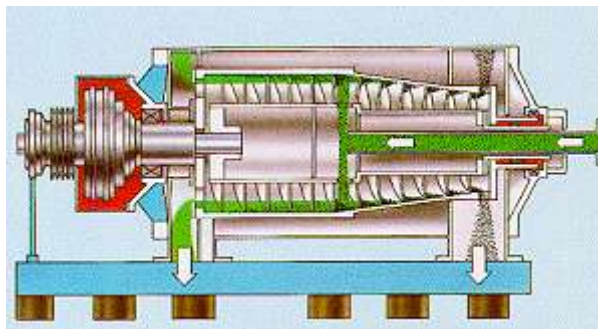
## 12 DESHIDRATACIÓN DE LODOS

El fango espesado como acaba de señalarse, contiene aún un porcentaje pequeño de materia seca (3,5%), lo que hace necesario una mayor concentración y manejar de esta forma menores volúmenes, para ello se recurre a la deshidratación mecánica (el secado por evaporación en eras de secado presenta inconvenientes, tanto en espacio como medioambientales).

La extracción del agua retenida por capilaridad en el lodo no es posible con una simple decantación, ya sea por gravedad o por flotación. Para conseguir grados de sequedad del orden del 20 por ciento o mayores, hay que someter el lodo a una filtración o a una centrifugación, y generalmente para aumentar el rendimiento de estos tratamientos se hace necesario utilizar determinados reactivos como cal o polielectrolitos.

Las centrifugas industriales convencionales están formadas por un cuerpo cilíndrico rotatorio o rotor en cuyo interior gira en el mismo sentido y también a gran velocidad, aunque algo menor que el rotor, un tornillo helicoidal que va arrastrando hacia el exterior los sólidos que se han ido acumulando en las paredes interiores del rotor. La entrada del fango al rotor de la

centrífuga tiene lugar por un tubo central. El tornillo helicoidal arrastra el fango retirado de las paredes internas del rotor hacia el exterior por un extremo, mientras que el agua clarificada sale por el extremo opuesto.



La regulación de la velocidad diferencial entre el rotor y el tornillo helicoidal proporciona un medio de regulación de la centrifuga para extraer un residuo sólido más uniforme y seco.

La centrífuga puede trabajar en continuo, siendo igualmente muy importante el empleo de un agente floculante o polielectrolito adecuado, a la entrada del rotor, para una mejor separación. En la deshidratación de estos fangos en las centrifugas, se puede obtener unos lodos con una concentración en materia seca próxima al 20%.

El destino final de este tipo de lodos por ahora suele ser a vertedero controlado, compostaje o aprovechamiento en terrenos agrícolas siempre que se cumplan las buenas prácticas de abonada (MDT).

En cualquier caso estos fangos no están caracterizados como residuo tóxico o peligroso, por lo que generalmente pueden considerarse como vertido inerte de cara a su destino final en los vertederos controlados o uso en terrenos agrícolas.

El mayor coste en la gestión de estos lodos, es su retirada y vertido.

El agua clarificada de todo el proceso de tratamiento de fangos debe ser recuperada y enviada al tratamiento en la cabecera.

Para un volumen de lodo estabilizado  $V_f = 61,75 \text{ m}^3/\text{d}$  a extraer del reactor de fangos en un periodo de 5 días a la semana, el volumen diario a extraer será:

$$V_f = 7 \text{ días/ semana} \cdot 1 \text{ semana} / 5 \text{ días} \cdot 61,75 \text{ m}^3/\text{día} = 86,45 \text{ m}^3/\text{día} \text{ que para } 14 \text{ horas/día} \text{ de deshidratación supone: } 6,17 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Datos de diseño:

Carga diaria de lodos =	2161,23 kg/día
Concentración de entrada =	3,50%
Días de vertido =	7 día/semana
Días de trabajo centrífuga =	5 día/semana
Nº horas diarias trabajo centrífuga =	14 h/día
Caudal de tratamiento =	$2161,23 \text{ kg/día} \cdot 5 \text{ día/semana} / (0,035 \text{ mg/l}) / 5 \text{ día/semana} \cdot 14 \text{ h/día} = 4,41 \text{ kg/h}$

$$\text{Carga de tratamiento} = 2161,23 \text{ kg/día} \cdot 7 \text{ día/semana} / (5 \text{ día/semana} \cdot 14 \text{ h/día}) = 216,12 \text{ kg/h}$$

Sistema de deshidratación	Centrífuga
Caudal alimentación centrífuga =	6,17 m <sup>3</sup> /h a 20 m ca
Potencia bomba alimentación centrífuga =	1,50 kW
Potencia en centrífuga =	11 kW
Concentración de salida =	20%

Volumen diario de lodo deshidratado =  $2161,23 \text{ kg/día} / (0,2 \text{ mg/l}) \cdot 7 \text{ día/semana} / 5 \text{ día/semana} = 15,13 \text{ m}^3/\text{día}$

Volumen semanal de lodo deshidratado =  $15,13 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 5 \text{ día/semana} = 75,64 \text{ m}^3/\text{día}$

Capacidad útil del contenedor =  $20,00 \text{ m}^3$

Número de contenedores semana =  $75,64 \text{ m}^3/\text{día} / 20 \text{ m}^3/\text{ud} = 3,78 \text{ ud} \approx 4 \text{ ud}$

### TAMAÑOS DISPONIBLES

Modelo	Caudal de Alimentación (m <sup>3</sup> /h)	Evacuación de lodo (kg/h)	Peso (kg)	Long. del Tambor (mm)	Diámetro Tambor (mm)	Relación L/D	Velocidad giro (rpm)	Potencia Motor (kw)
DC1-220	2-6	400	900	930	220	4,2	4.800	11
DC1-300	4-11	800	1.400	1.300	300	4,3	4.200	11~15

### Dosificación de reactivo

Agente Polielectrolito catiónico

Dosis máxima = 8 kg/t MS

Carga de tratamiento = 216,12 kg/h

Capacidad de dosificación de concentrado =  $216,12 \text{ kg/h} \cdot 8 \text{ kg/t} / 1000 \text{ kg/t} = 1,729$

Consumo diario de polielectrolito =  $1,73 \text{ kg/h} \cdot 14 \text{ h/día} = 24,21$

Tiempo de maduración = 1 h

Dilución de maduración = 0,5 %

Volumen mínimo del depósito de maduración =  $(1,729 \cdot 100/0,5) \cdot 1 \text{ h} = 345,80 \text{ l}$

Concentración de dosificación = 0,5 %

Caudal de dosificación (l/h)  $1,729 \text{ kg/h} / 0,005 \text{ l/kg} = 345,80 \text{ l/h}$

Autonomía mínima = 1 h

Coefficiente de seguridad = 2

Volumen del depósito de dosificación =  $2 \cdot 345,8 \text{ l/h} \cdot 1 \text{ h} = 691,6 \text{ l}$  se adopta depósito preparación poli de 1000 l

Capacidad de la bomba dosificadora = 150-500 l/h

Dosis adoptada = 8 kg/t MS

Potencia bomba dosificadora = 0,25 kW

Potencia agitador depósito dilución polielectrolito = 1,5 kW

### Caudal de agua de rechazo:

Caudal de fango a la entrada centrifuga = 6,17 m<sup>3</sup>/h

% de sólidos en fango a la entrada centrifuga = 3,50%

% de sólidos en fango a la salida centrifuga = 20%

Rendimiento en eliminación de agua =  $(1 - 0,035 / 0,2) = 82,50\%$

Caudal de agua de rechazo =  $0,825 \cdot 6,17 \text{ m}^3/\text{h} = 5,1 \text{ m}^3/\text{h}$  a pozo sobrenadantes

$5,1 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 14 \text{ h/día} = 71,32 \text{ m}^3/\text{día}$

## 13 RESUMEN DEL DISEÑO ADOPTADO EN LA AIREACIÓN PROLONGADA

### 13.1 Línea de aguas del reactor biológico

La carga diaria a eliminar y las características de degradación de estos vertidos han determinado un volumen total de reacción de 3.000 m<sup>3</sup>. Por lo que se proyectan una línea con el volumen total de reacción, compartimentada en las siguientes fases:

**Reactor 1:** Cámara anóxica de las siguientes características:

- Volumen útil

1.200 m<sup>3</sup> (40% Vtotal)

- Forma	Cilíndrico vertical
- Diámetro	19,11 m
- Altura total	5,0 m
- Calado máximo adoptado	4,50 m
- Material	Hormigón armado prefabricado HP-40
- Sistema de agitación	1 Agitador sumergido 5 kW
- Funcionalidad preferente	Cámara anóxica para desnitrificación

**Reactor 2:** Reactor aerobio de baja carga de las siguientes características:

- Volumen útil	1.800 m <sup>3</sup> (60% Vtr)
- Diámetro	23,03 m
- Altura total	5,0 m
- Calado adoptado	4,50 m
- Material	Hormigón armado prefabricado HP-40
- Sistema de aireación - agitación	Batería eyectores – micronizadores con 2 soplantes rotativos de 746 m <sup>3</sup> /h y 22 kW/cu 2 Bombas de recirculación en riñón de 800 m <sup>3</sup> /h y 22 kW/cu
- Equipo desnitrificación	Bomba recirculación interna 3 kW
- Funcionalidad reactor	Reactor aerobio de baja carga para nitrificación y reducción de DBO/DQO
- Instrumentación	Medidor de O <sub>2</sub>

**Eliminación de fósforo:** Sistema dosificación para asegurar niveles < 2 mg/l de P

- Depósito almacenamiento de FeCl<sub>3</sub> o policloruro aluminio de 20 m<sup>3</sup>
- Diámetro 2,4 m
- Altura 4,8 m
- Material PRFV
- Bomba dosificadora 6-40 l/h y 0,18 kW

**Decantador secundario:** De las siguientes características

- Volumen útil de 440,6 m<sup>3</sup>
- Forma: Cilíndrico vertical
- Diámetro 12,10 m
- Material Hormigón prefabricado
- Con puente barredor accionado con e.m. de 0,37 kW
- Altura agua 4 m
- Longitud total de vertedero 39,9 m con 160 vertederos triangulares de 90° 160
- 2 bombas recirculación externa de fangos de 104 m<sup>3</sup>/h a 2 m ca. y 3 kW/cu
- Bomba extracción lodos en exceso de 20 m<sup>3</sup>/h a 3 m ca. y 1,9 kW
- Funcionalidad: Clarificación, recirculación y extracción lodos.

## 13.2 Línea de fangos

**Homogenizador-espesador-estabilizador** de lodos mixtos y siguientes características

- Volumen útil de 787 m<sup>3</sup>
- Forma: Cilíndrico vertical
- Diámetro 14,42 m
- Material Hormigón prefabricado
- Altura 5,2 m
- Calado adoptado 4,7 m
- Sistema de agitación 2 bombas recirculación de 480 m<sup>3</sup>/h a 0,7 bars y 15 kW/cu.
- Soplante rotativo de 1549 m<sup>3</sup>/h a 0,4 bars y 30 kW
- Funcionalidad: mezcla y estabilización lodos previa a su deshidratación.

**Deshidratación lodos** mixtos de las siguientes características:

- Centrifuga horizontal para deshidratación de lodos con caudal de alimentación de 6 m<sup>3</sup>/h, longitud de tambor 930 mm y diámetro de 220 mm a una velocidad de giro de 4800 rpm y motor de accionamiento de 11 kW
- Bomba alimentación lodos a centrifuga de 1,5 kW
- Sistema de alimentación de reactivo (polielectrolito catiónico) formado por depósito de dosificación de 1000 l, bomba dosificadora 150-500 l/h de 0,25 kW y agitador depósito dilución de 1,5 kW.



## ANEJO NÚM. 07

---

### COMPROBACIÓN DIMENSIONADO DEL PROCESO BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA CON NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	CARACTERÍSTICAS DEL INFLUENTE .....	1
3	CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE .....	2
4	RENDIMIENTO MÍNIMO NECESARIO .....	2
5	PARÁMETROS DE DISEÑO DEL REACTOR BIOLÓGICO .....	3
6	CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE OXIGENO .....	4
7	ELIMINACIÓN DE FOSFORO .....	12
8	DECANTACIÓN SECUNDARIA .....	12
8.1	Caudales medio y punta .....	13
8.2	Carga hidráulica o velocidad ascensional .....	13
8.3	Carga de sólidos.....	13
8.4	Tiempo de retención hidráulica. ....	13
8.5	Recirculación de fangos.....	13
8.6	Carga sobre vertedero. ....	14
8.7	Calado del decantador .....	14
9	CÁLCULO DE LA RECIRCULACIÓN DE FANGOS .....	17
10	CÁLCULO DE LA PURGA DE FANGOS (FANGOS BIOLÓGICOS EN EXCESO) .....	18
11	HOMOGENIZACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE FANGOS .....	18
12	DESHIDRATACIÓN DE LODOS.....	20
13	RESUMEN DEL DISEÑO ADOPTADO EN LA AIREACIÓN PROLONGADA .....	22
13.1	Línea de aguas del reactor biológico .....	22
13.2	Línea de fangos .....	24

## ANNEX NÚM. 08

### CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO EN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR)

#### 1 OBJETO

Es objeto de este anejo el cálculo de eliminación del carbono y el nitrógeno mediante un proceso biológico secuencial así como el dimensionado de los equipos necesarios.

En este sentido se evalúa a partir de los datos de partida del agua residual resultante del tratamiento primario y los coeficientes cinéticos propios del sistema, el volumen necesario del reactor, su tipología constructiva y las necesidades de equipos para aireación y agitación.

#### 2 ELIMINACIÓN DE CARBONO

##### 2.1 Datos de partida

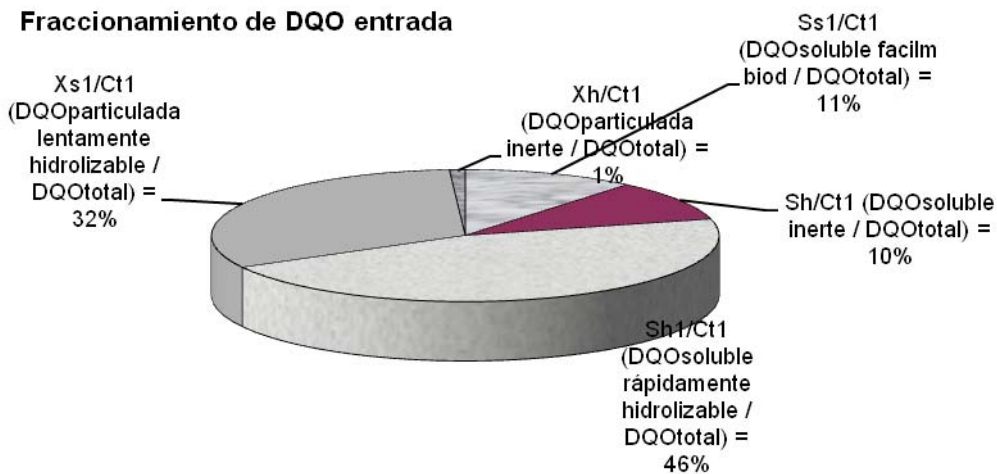
- Se adopta 2 reactores SBR
- Caudal diario de alimentación a cada reactor = 600 m<sup>3</sup>/día

##### 2.2 Coeficientes cinéticos

Y = Crecimiento de microorganismos por DQO eliminada: 0,68 mg cell/mg DQO  
fx = Factor de conversión, constante: 1,42 mg DQO eliminada / mg VSS  
Yh = Y en otras unidades: 0,48 mg VSS / mg DQO  
mx = Velocidad de máximo crecimiento específico: (1/d) 3,90 d<sup>-1</sup>  
Ks = Coeficiente de media saturación: 30,00 d<sup>-1</sup>  
Kd = Coeficiente de descomposición endógena: 0,12 d<sup>-1</sup>  
Kh = Velocidad máx. específica de hidrólisis) (1/d) = 1,40 d<sup>-1</sup>  
fex = Fracción de biomasa inerte. 0,20  
fes = Fracción de la biomasa endógena convertida a productos inertes: 0,06  
fe = Fracción del total de biomasa inerte = fes + fe = 0,26

##### 2.3 Fraccionamiento de la DQO

Relación DQO soluble fácilmente biodegradable / DQO total: Ss1/Ct1 = 0,11  
Relación DQO soluble inerte / DQO total: Sh/Ct1 = 0,10  
Relación DQO soluble fácilmente hidrolizable / DQO total: Sh1/Ct1 = 0,46  
Relación DQO particulada lentamente hidrolizable / DQO total: Xs1/Ct1 = 0,32  
Relación DQO particulada rápidamente hidrolizable / DQO total: Xh/Ct1 = 0,01  
Relación entre los productos solubles residuales y la DQO total biod: Ysp = 0,04  
Fracción de la DQO total que es biodegradable (Ss1+Sh1+Xs1)/Ct1 = fss+fxs = 0,89



## 2.4 Datos influente / efluente

Conocida la DQO del vertido de entrada al reactor se calcula la cantidad de esta DQO que es biodegradable:

Ct1 = DQO entrada =	1200 mg/l
Cs = DQO salida =	125 mg/l
Cs1 = DQO total biodegradable = Ct1 · (fss + fxs) =	1200 · 0,89 = 1068 mg/l
DQO fácilmente biodegradable (Ss1) =	0,11 · Ct1 = 1200 · 0,11 = 132 mg/l
DQO soluble inerte (Si1) =	0,01 · Ct1 = 0,01 · 1200 = 120 mg/l
DQO hidrolizable = (Sh1 + Xs1) · Ct1 =	(0,46 + 0,32) · Ct1 = 936 mg/l
DQO particulada inerte (Xh) =	0,01 · Ct1 = 0,01 · 1200 = 12 mg/l
DQO inerte = Ct1 · Ysp + Si1 =	1200 · 0,04 + 120 = 168 mg/l
NTK influente =	175 mg/l
NTKe efluente =	10 mg/l
Nitritos influente =	10 mg/l
Nitratos influente =	100 mg/l
P influente =	30 mg/l

## 2.5 Estimación de la edad de fangos

Para la estimación de la edad de fangos (SRT), se requiere de datos básicos:

Temperatura =	15 °C
Oxígeno disuelto DO =	2 mg/l
pH licor mezcla =	7

### Corrección por temperatura

$$\mu_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 10^{0,035 \cdot (T-20)}$$

$$\mu_m (\mu_{\max}) = 0,5 \cdot 10^{0,035 \cdot (15-20)} = 0,5 \cdot 0,668 = 0,334$$

### Corrección por oxígeno disuelto DO y pH

$$\mu_{\max} \text{ modificada} = \mu_{\max} \cdot e^{0,098 \cdot (T-15)} \cdot \left[ \frac{DO}{DO+0,3} \right] \cdot (1-0,833 \cdot (7,2-pH))$$

$$\mu'_{\max} = \mu_{\max} \text{ modificada} = 0,334 \cdot e^{0,098 \cdot (15-15)} \cdot (2/2,3) \cdot (1-0,833 \cdot (7,2-7)) = 0,242$$

$$K_d \text{ corregida} = k_d \cdot (1+0,022)^{(T-20)}$$

$$k'_d = K_d \text{ corregida} = 0,12 \cdot (1,022)^{(15-20)} = 0,108$$

### Edad de fangos mínima

$$\text{SRT}_{\text{mínima}} (\text{Edad de fangos mínima}) = 1/((\mu_m - k'_d))$$

$$\text{SRT}_{\text{mínima}} = 1/(0,242 - 0,108) = 7,432 \text{ días}$$

$$\theta_E = \text{SRT}_E (\text{Edad de fangos modificada}) = 15 \text{ días}$$

$$Y_{\text{Nh}} = Y_h / (1 + k'_d \cdot \text{STR}_E)$$

$$Y_{\text{Nh}} = 0,48 / (1 + 0,12 \cdot 15) = 0,171$$

## 2.6 Fraccionamiento de la DQO a la salida

Cs = DQO soluble a la salida en mg/l

$$C_s = \frac{K_s (1 + K_d \theta_e)}{K_s \mu - (1 - K_d \theta_e)}$$

Siendo:

Ks = Coeficiente de media saturación = 30 d<sup>-1</sup>

μ = Velocidad de máximo crecimiento específico = 3,9 d<sup>-1</sup>

θe = Edad del fango modificada en días = 15 d

Kd = Coeficiente de descomposición endógena = 0,12 d<sup>-1</sup>

$$C_s = 30 \cdot (1 + 0,12 \cdot 15) / [30 \cdot 3,9 - (1 - 0,12 \cdot 15)] = 0,713 \text{ mg/l}$$

Sp = DQO particulada a la salida (mg/l)

$$S_p = f_{es} K_d Y_{\text{NH}} (C_{s1} - C_s) \theta_x$$

Siendo:

fes = Fracción de la biomasa endógena convertida a productos inertes = 0,06

Kd = Coeficiente de descomposición endógena = 0,12 d<sup>-1</sup>

Y<sub>NH</sub> = Crecimiento de microorganismos por DQO eliminada = 0,171 mg/mg DQO

Cs1 = DQO total biodegradable = 1068 mg/l

Cs = DQO a la salida = DQOhidrol / (1 + kh · θe) + DQOsol a la salida = 936 / (1 + 1,4 · 15) + 0,713 = 43,259 mg/l

θe = Edad del fango modificada en días = 15 d

$$S_p = 0,06 \cdot 0,12 \cdot 0,171 \cdot (1068 - 43,259) \cdot 15 = 18,928 \text{ mg/l}$$

DQO inerte a la salida (mg/l) = Fracción DQO soluble inerte (Sh) · DQO total (Ct1)

siendo:

Sh = Fracción DQO soluble inerte = 0,1

Ct1 = DQO total = 1200 mg/l

$$S_i = 0,1 \cdot 1200 = 120,00 \text{ mg/l}$$

$$\text{DQO total de salida} = C_s + S_p + S_i = 0,713 + 18,928 + 120,0 = \underline{139,641 \text{ mg/l}}$$

## 2.7 Producción de fangos

P<sub>xh</sub> = Generación de biomasa activa (kg/día)

$$P_{XH} = \frac{Y_{NH} Q (C_{S1} - C_S^*)}{1000}$$

Siendo:

Y<sub>NH</sub> = Crecimiento de microorganismos por DQO eliminada = 0,171 mg/mg DQO

Q = Caudal diario de alimentación a cada reactor = 600 m<sup>3</sup>/día

C<sub>s1</sub> = DQO total biodegradable = 1392 mg/l

C<sub>s\*</sub> = DQO prevista a la salida = 125 mg/l

$$P_{XH} = 0,171 \cdot 600 \cdot (1200 - 125) / 1000 = 110,311 \text{ kg/día}$$

P<sub>xp</sub> = Generación de productos inertes particulados (kg/día)

$$P_{XH} = \frac{f_{ex} K_d Y_{NH} Q (C_{S1} - C_S^*) \theta_e}{1000}$$

Siendo

f<sub>ex</sub> = Fracción de biomasa inerte = 0,20

K<sub>d</sub> = Coeficiente de descomposición endógena = 0,12 d<sup>-1</sup>

Y<sub>NH</sub> = Crecimiento de microorganismos por DQO eliminada = 0,171 mg/mg DQO

Q = Caudal diario de alimentación a cada reactor = 600 m<sup>3</sup>/día

C<sub>s1</sub> = DQO total biodegradable = 1200 mg/l

C<sub>s\*</sub> = DQO a la salida = 125 mg/l

θ<sub>e</sub> = Edad del fango modificada en días = 15 d

$$P_{XH} = 0,20 \cdot 0,12 \cdot 0,171 \cdot 600 \cdot (1200 - 125) \cdot 15 / 1000 = 63,54 \text{ kg/día}$$

P<sub>xi</sub> = Productos particulados del vertido (kg/día)

$$P_{XI} = \frac{Q}{1000} \frac{f_{XI}}{f_S} (C_{S1} - C_S^*) = \frac{Q}{1000} \frac{X_h}{C_{T1}} \frac{1}{(f_{ss} + f_{xs})} (C_{S1} - C_S^*)$$

Siendo

Q = Caudal diario de alimentación a cada reactor = 600 m<sup>3</sup>/día

C<sub>s1</sub> = DQO total biodegradable = 1200 mg/l

C<sub>s\*</sub> = DQO a la salida = 125 mg/l

X<sub>h</sub> = DQO particulada rápidamente hidrolizable = 0,01 · C<sub>t1</sub>

f<sub>ss</sub> + f<sub>xs</sub> = 0,89

$$P_{xi} = 600 \cdot 0,01 \cdot (1200 - 125) / 0,89 = 7,247 \text{ kg/día}$$

Producción total de fangos P<sub>tf</sub> (kg/día)

$$P_{tf} = P_{xh} + P_{xp} + P_{xi} = 110,311 + 63,54 + 7,247 = 181,10 \text{ kg/día}$$

Numero de reactores 2

Coeficiente de seguridad 1,25

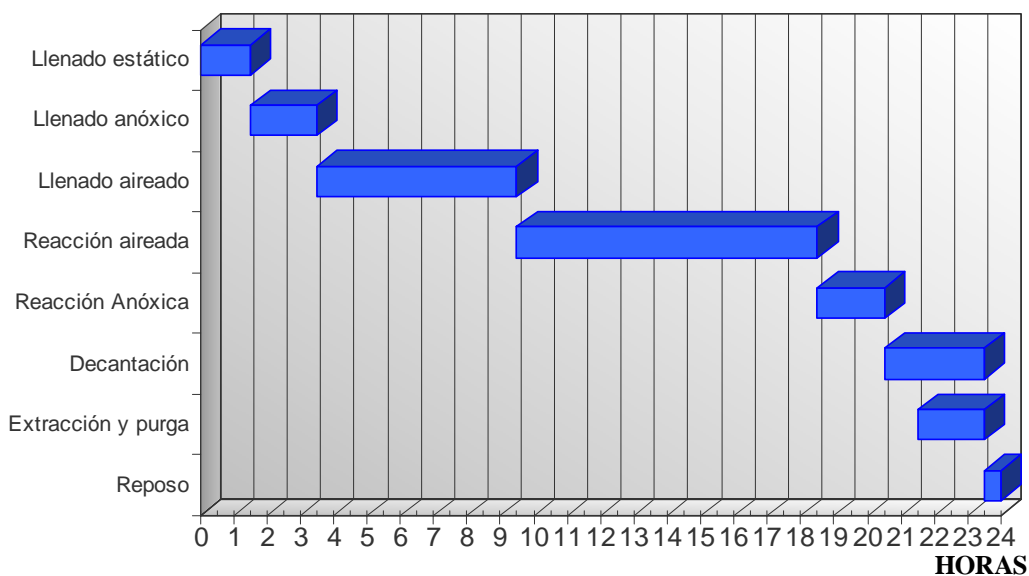
$$\text{Total producción de fangos} = 2 \cdot 181,1 \cdot 1,25 = 452,74 \text{ kg/día}$$

## 2.8 Estrategia de tiempos

Nº Reactores	1
Nº Ciclos	1
Tiempo de cada ciclo	24 h
Tiempo llenado aireado	6 h
Tiempo llenado anóxico	2 h
Tiempo llenado estático	1,5 h
<b>Tiempo llenado total</b>	<b>= 6 + 2 + 1,5 = 9,50 h</b>
Tiempo reacción aireada	9 h
Tiempo reacción anóxica	2 h
Tiempo decantación	1 h
Tiempo extracción y purga	2 h
Tiempo iddle (reposo)	0,5 h
<b>Tiempo total (Tc)</b>	<b>= 9,5 + 9 + 2 + 1 + 2 + 0,5 = 24,00 h</b>
Tiempo aireación (Ta)	= 6 + 9 = 15,00 h
Relación Tc/Ta	= 24 / 15 = 1,6

Tiempo que queda (- sobra) por asignar 0,00 h

	EMPIEZA	TIEMPO
Reposo	23,50	<b>0,50</b>
Extracción y purga	21,50	<b>2,00</b>
Decantación	20,50	<b>3,00</b>
Reacción Anóxica	18,50	<b>2,00</b>
Reacción aireada	9,50	<b>9,00</b>
Llenado aireado	3,50	<b>6,00</b>
Llenado anóxico	1,50	<b>2,00</b>
Llenado estático	0,00	<b>1,50</b>
<b>TOTAL CICLO</b>		<b>24,00</b>



## 2.9 Volumen del reactor

### Volumen de llenado (m<sup>3</sup>)

Volumen de llenado (m<sup>3</sup>)

$$V_f = \frac{Q}{n^{\circ} \text{ ciclos}} m^3$$

Q = Caudal diario de alimentación a cada reactor = 600 m<sup>3</sup>/día  
Número de ciclos = 1

$$V_f = \underline{600 m^3}$$

### Volumen de reacción (m<sup>3</sup>)

SVI = Índice volumetrico de fangos = 125,00 ml/g

X<sub>r</sub> = Concentración de fangos decantados (mg/l)

$$X_r = \frac{1000000}{SVI}$$

X<sub>r</sub> = 1000000/SVI = 8000 mg/l

Factor de seguridad = 1,2

M<sub>x</sub> = Masa de fangos en el Reactor (kg/día)

$$M_x = P_{XT} \frac{t_{\text{ciclo}}}{t_{\text{aireación}}} SRT_e$$

Siendo

P<sub>XT</sub> = Producción total de fangos (kg/día) = **181,1 kg/día**

t<sub>ciclo</sub> / t<sub>aireación</sub> = t<sub>c</sub> / t<sub>a</sub> = 1,6

SRT<sub>e</sub> = Edad de fangos modificada = 15 días

M<sub>x</sub> = 181,1 · 1,6 · 15 = **4346,369 kg**

### Volumen de reacción (m<sup>3</sup>)

$$V_0 = Fs \cdot \frac{M_x}{X_r / 1000} m^3$$

siendo:

Fs = factor de seguridad = 1,2

X<sub>r</sub> = Concentración de fangos decantados = 8000 mg/l

M<sub>x</sub> = Masa de fangos en el Reactor = 4346,369 kg

V<sub>0</sub> = 1,2 · 4346,369 / 8 = **651,955 m<sup>3</sup>**

### Volumen Total del Reactor (m<sup>3</sup>)

$$V_T = V_f + V_0$$

V<sub>T</sub> = 600 + 652 = **1252 m<sup>3</sup>**

## 2.10 Concentración de microorganismos

X<sub>v</sub> = Concentración de microorganismos en la fase de reacción (mg/l)

$$X_v = \frac{M_x}{V_T} \cdot 1000$$

Siendo

M<sub>x</sub> = Masa de fangos en el Reactor = 4346,37 kg

V<sub>T</sub> = Volumen Total del Reactor = 1252 m<sup>3</sup>

$$X_v = 4346,37 \cdot 1000 / 1252 = \mathbf{3472 \text{ mg/l}}$$

Redondeando el volumen de cada reactor a 1300 m<sup>3</sup>, la concentración de microorganismos será:

$$X_v = 4346,37 \cdot 1000 / 1300 = \mathbf{3343 \text{ mg/l}}$$

## 2.11 Ciclo óptimo

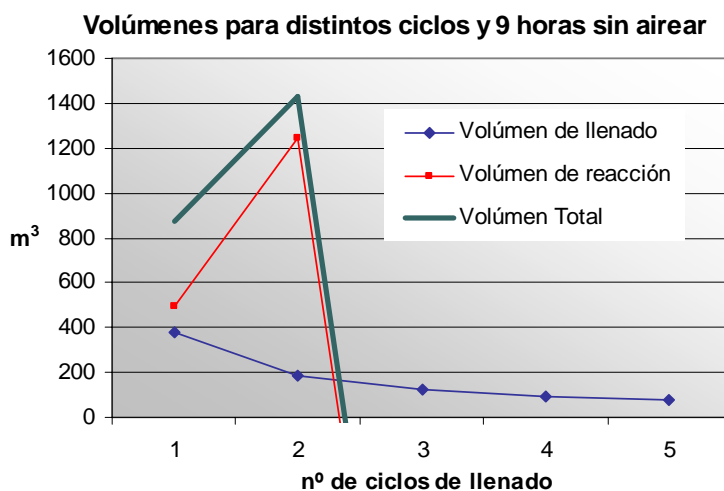
Fijado el número de horas sin airear, se puede calcular los volúmenes necesarios para distinto número de ciclos y observar que el elegido es el óptimo:

### Número de horas sin airear m = 9

T <sub>c</sub> /T <sub>a</sub>	24/(24-m·nº de ciclos)	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
M <sub>x</sub> (kg/día)	$M_x = P_{XT} \frac{t_{ciclo}}{t_{aireación}} \cdot SRT_e$	<b>2716</b>	<b>3260</b>	<b>3803</b>	<b>4346</b>	<b>4890</b>	<b>5433</b>

Nº ciclos	1	2	3	4	5
T <sub>c</sub> /T <sub>a</sub> =	1,60	4,00	-8,00	-2,00	-1,1429
V llenado = Q/nº ciclos (m <sup>3</sup> )	<b>600</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>120</b>
V reacción = 1,2·SVI·P <sub>f</sub> ·T <sub>c</sub> /T <sub>a</sub> ·STRe/1000 (m <sup>3</sup> )	<b>652</b>	<b>1630</b>	<b>-3260</b>	<b>-815</b>	<b>-466</b>
Volumen Total = V llenado + V reacción (m <sup>3</sup> )	<b>1252</b>	<b>1930</b>	<b>-3060</b>	<b>-665</b>	<b>-346</b>

Volúmenes para distintos n<sup>o</sup> de ciclos con la misma proporción de aireación.





## 2.12 Dimensiones teóricas del reactor

Volumen reactor real calculado = 1300 m<sup>3</sup>  
 qsv (l/m<sup>2</sup>h) [650-750] , adoptamos valor medio = 750 l/h · m<sup>2</sup>

### Caudal de extracción

Q<sub>ex</sub> = Volumen de llenado / (Tiempo de decantación + tiempo de purga y extracción)

Volumen de llenado = 600 m<sup>3</sup>

Tiempo de decantación = 1 h

Tiempo de purga y extracción = 2 h

$$Q_{ex} = 600 / (1+2) = \mathbf{200,0 \text{ m}^3/\text{h}}$$

### Superficie máxima del reactor (m<sup>2</sup>)

$$S_{\max} (\text{m}^2) = \frac{Q_{\text{extracción}} \frac{X_v}{1000} \text{SVI}}{qsv} = \frac{V_{\text{llenado}} \frac{X_v}{1000} \text{SVI}}{t_{\text{extracción+purga}} qsv}$$

Q<sub>ex</sub> = Caudal de extracción = 200 m<sup>3</sup>/h

X<sub>v</sub> = Concentración de microorganismos en la fase de reacción = 3343 mg/l

SVI = Índice volumetrico de fangos = 125,00 ml/g

qsv adoptado = 750 l/h · m<sup>2</sup>

$$S_{\max} = 200 \cdot (3343/1000) \cdot 125 / 750 = \mathbf{334,34 \text{ m}^2}$$

### Velocidad decantación (m/h)

$$v (\text{m} / \text{h}) = \frac{Q_{\text{extracción}}}{S_{\max}}$$

$$v = 200 \text{ m}^3/\text{h} \cdot / 334,34 \text{ m}^2 = \mathbf{1,795 \text{ m/h}}$$

### Altura mínima (m)

$$h_{\max} (\text{m}) = \frac{V}{S_{\max}}$$

$$h_{\min} = 1300 \text{ m}^3 / 334,34 \text{ m}^2 = \mathbf{3,9 \text{ m}}$$

### Reactor cilíndrico

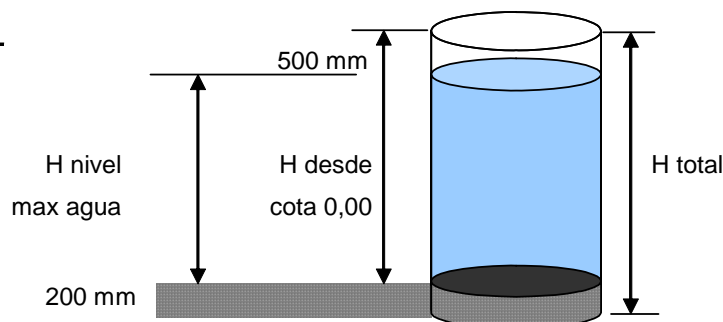
Diámetro máximo (m) =

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\max}}{\pi}}$$

$$D_{\max} = (4 \cdot 334,34 / \pi)^{1/2} = \mathbf{20,637 \text{ m}}$$

Se evalúan depósitos cilíndricos en acero galvanizado y acero inoxidable AISI 304 para el volumen de 1300 m<sup>3</sup>.

## DEPOSITOS ITC



### Dimensiones estándar con suelo en Hormigón

Volumen necesario a buscar	1300	m <sup>3</sup>
Volumen max a buscar	1400	m <sup>3</sup> ; margen 100 m <sup>3</sup>
Resguardo para el deposito	500	mm

Altura	365	485	605	725
Escalera	999	€ 1137	€ 1395	€ 1527
H total m	3,65	4,85	6,05	7,25
H desde cota 0,00	3,45	4,650	5,85	7,05
H nivel máx agua	2,95	4,15	5,35	6,55

### ACERO GALVANIZADO

Diámetro m	m <sup>3</sup>	€	m <sup>3</sup>	€	m <sup>3</sup>	€	m <sup>3</sup>	€
15,34	545,21	20.584	766,99	25.241	988,77	30.235	1210,55	35.702
16,16	605,05	21.510	851,18	26.406	1097,30	31.654	1343,43	37.400
16,88	660,17	22.409	928,72	27.533	1197,26	33.026	1465,80	39.041
17,7	725,87	23.335	1021,14	28.697	1316,41	34.445	1611,68	40.739
18,41	785,27	24.230	1104,70	29.820	1424,14	35.812	1743,57	42.374
19,23	856,78	25.157	1205,3	30.985	1553,83	37.232	1902,35	44.072
19,95	922,14	25.838	1297,25	31.894	1672,36	38.385	2047,47	45.495

### INOXIDABLE AISI 304

Diámetro m	m <sup>3</sup>	€	m <sup>3</sup>	€	m <sup>3</sup>	€	m <sup>3</sup>	€
10,02	232,62	15.204	327,25	18.863	421,87	22.943	516,5	28.180
10,74	267,25	16.190	375,96	20.585	484,68	24.980	593,39	30.618
11,56	309,62	17.667	435,57	22.375	561,51	27.084	687,46	33.126
12,27	348,82	18.684	490,71	23.707	632,61	28.729	774,50	35.174
13,09	397,00	19.703	558,49	25.041	719,98	30.377	881,48	37.225
13,81	441,87	21.308	621,62	26.958	801,37	33.782	981,11	41.032
14,63	495,91	22.979	697,63	28.944	899,36	36.146	1101,08	43.800
15,34	545,21	24.063	766,99	30.340	988,77	37.922	1210,55	45.977
16,16	605,05	25.147	851,18	31.740	1097,3	39.700	1343,43	48.158
16,88	660,17	26.231	928,72	33.137	1197,26	41.476	1465,80	50.336
17,7	725,87	27.316	1021,14	34.535	1316,41	43.254	1611,68	52.518
18,41	785,27	28.398	1104,7	35.932	1424,14	45.029	1743,57	54.696
19,23	856,78	29.484	1205,3	37.332	1553,83	46.808	1902,35	56.878
19,95	922,14	29.720	1297,25	37.881	1672,36	47.736	2047,47	58.209
20,76	998,54	32.533	1404,73	41.008	1810,92	51.243	2217,1	63.877

**Deposito Calculado**

**Selección**

**Transporte hasta obra en península**

Ref Diametro	23	23
Diametro	17,7	17,7
Ref Altura	605	605
Altura Total m	6,05	6,05
Altura desde Cota 0,00	5,85	5,85
Altura nivel máx de agua	5,35	5,35
Volumen	1316,41	1316,41
Transporte <input checked="" type="checkbox"/>	1750	1750
Escalera <input checked="" type="checkbox"/>	1395	1395
Precio	34445	43254
Total	37590	46399
Material	Acero galvanizado	Inox 304

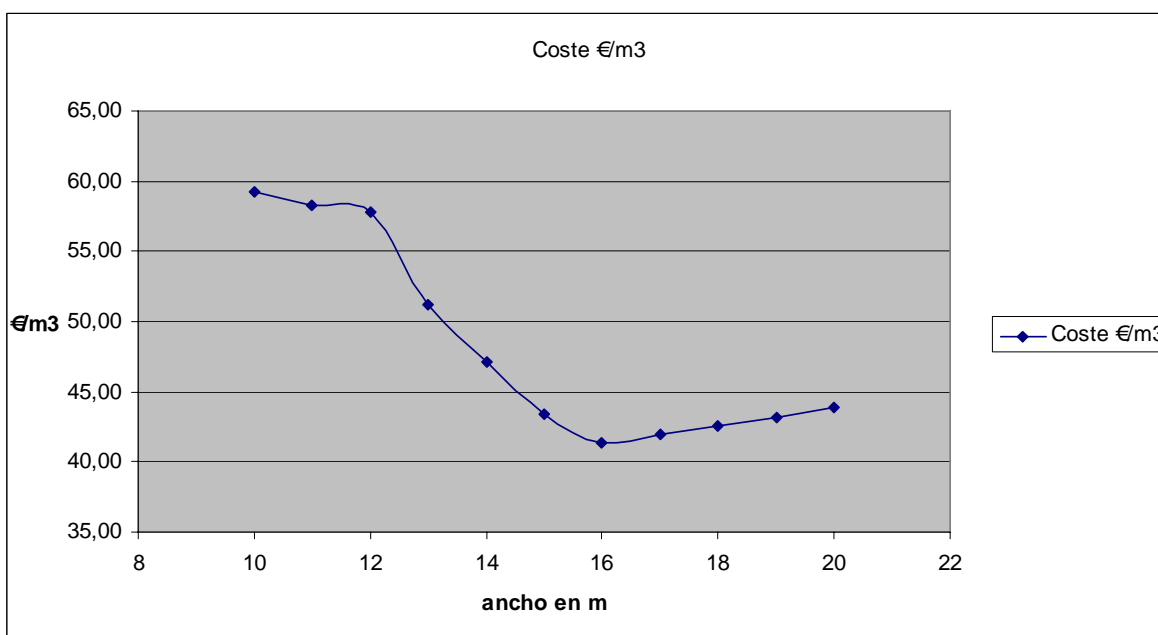
Para depositos hasta	500	m3	1.100 €
Para depositos entre	500	y 1000	1.350 €
Para depositos entre	1000	y 1500	1.750 €
Para depositos de mas de	1500		2.750 €

Inicialmente se adopta para cada reactor depósito cilíndrico de 17,7 m de diámetro y 6,05 m de altura en acero inoxidable AISI 304

**Depósito rectangular**

Se evalúa el ancho del depósito del reactor de 1252 m<sup>3</sup> de capacidad para 18 m de longitud, considerando su coste de ejecución por el hormigón empleado, teniendo en cuenta los distintos espesores de muro y solera precisos para la altura de agua.

Volumen	1252 m3	m3 hormigón en muro		300 €/m3	m3 hormigón en solera		220 €/m3					
Largo m	18											
Ancho m	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Superficie	180,0	198,0	216,0	234,0	252,0	270,0	288,0	306,0	324,0	342,0	360,0	
Altura l'amina	6,96	6,32	5,80	5,35	4,97	4,64	4,35	4,09	3,86	3,66	3,48	
m3 muro	187,9	178,1	170,0	145,1	122,5	101,7	98,9	96,4	94,3	92,4	90,7	
m3 solera	81	89,1	97,2	93,6	100,8	108	100,8	107,1	113,4	119,7	126	
Coste €	74.182,1	73.026,1	72.382,3	64.117,8	58.921,5	54.273,0	51.840,1	52.487,6	53.227,1	54.044,2	54.927,2	
Coste €/m3	59,25	58,33	57,82	51,21	47,06	43,35	41,41	41,92	42,52	43,17	43,87	
Coste hormigón €							51.840					



Se observa un óptimo en los 16 m de anchura, adoptándose por tanto reactor de 18 m de largo x 16 m anchura x 4,85 m (0,5 m de salvaguarda), garantiza un volumen de 18x16 x 4,35 = 1253 m<sup>3</sup>. Su coste solo en hormigones, sin considerar excavaciones, es de 51.840 €, superior al de un depósito cilíndrico de acero AISI 304, por lo que se desecha esta topología de reactor.

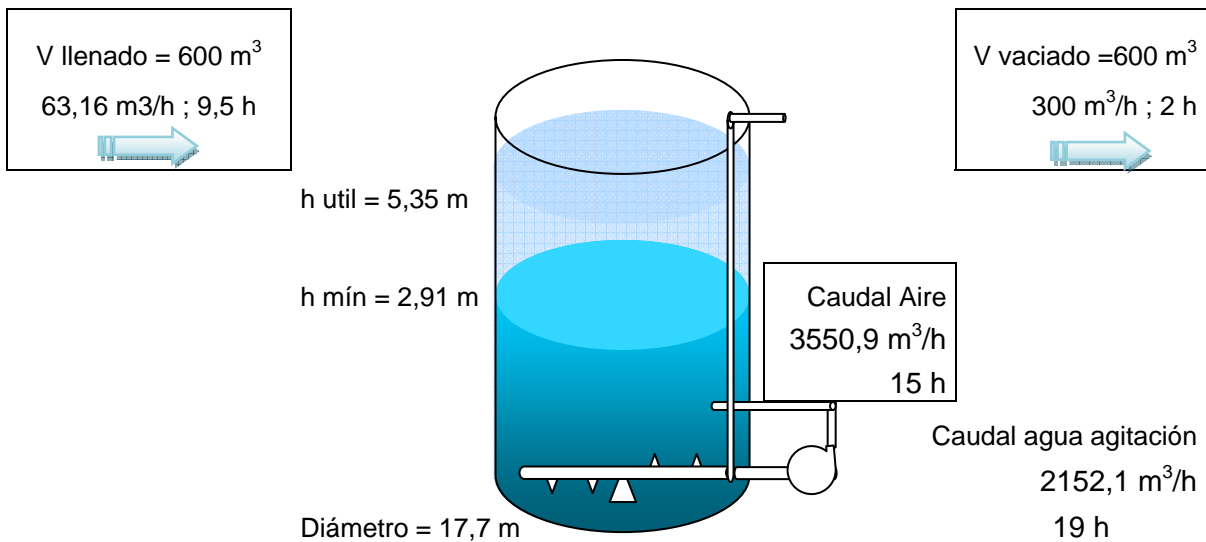
## 2.13 Dimensiones reales del reactor

### Reactor Cilíndrico

Altura Nivel máx. de agua = **5,35 m**

Diámetro = **17,7 m**

Volumen = **1316,41 m<sup>3</sup>**



## 2.14 Necesidades de aireación

Para estimar el caudal de aire necesario para satisfacer las necesidades de aireación del reactor debemos conocer la Tasa de transferencia de O<sub>2</sub> (**SOR**)

Para calcular éste, se estima unas Necesidades teóricas de O<sub>2</sub> por hora (AOR), a partir de un AOR mínimo que calcularemos:

### Calculo de AOR

Consumo de O<sub>2</sub> total en kg O<sub>2</sub>/día OR =

$$OR = \frac{Q \cdot (C_{t1} - C_s) \cdot [1 - Y_{NH} \cdot (1 + f_e \cdot k_d \cdot SRT_E)]}{1000}$$

Siendo:

Q = caudal 600 m<sup>3</sup>/día

C<sub>s</sub> = DQO salida = 125 mg/l

C<sub>t1</sub> = DQO total biodegradable = 1200 mg/l

Y<sub>NH</sub> = Crecimiento de microorganismos por DQO eliminada = 0,171 mg/mg DQO

f<sub>e</sub> = fracción del total de biomasa inerte = 0,26

k<sub>d</sub> = Coeficiente de descomposición endógena = 0,12 d<sup>-1</sup>

SRT<sub>E</sub> = Edad de fangos modificada = 15 días

$$OR = 600 \cdot (1200 - 125) \cdot [1 - 0,171 \cdot (1 + 0,26 \cdot 0,12 \cdot 15)] / 1000 = \mathbf{483,06 \text{ kg O}_2/\text{día}}$$

Consumo de O<sub>2</sub> por ciclo (kg O<sub>2</sub>/ciclo) = OR = **483,06 kg O<sub>2</sub>/día**

Tiempo de Aireación = **15 h**

### Consumo de O<sub>2</sub> por hora (AOR) en kg O<sub>2</sub>/hora

$$AOR = \frac{OR(kgO_2 / ciclo)}{t_{aireación}}$$

**AOR = 483,06 / 15 = 32,2 kg O<sub>2</sub>/hora**

AOR<sub>mínimo</sub> = AOR<sub>calculado</sub> x factor de seguridad = 32,2 · 1,25 = 40,26 kg O<sub>2</sub>/h

**AOR adoptado = 120 kg O<sub>2</sub>/hora**

**Margen de seguridad ≈ 3**

### Calculo de la Tasa de transferencia de O<sub>2</sub> (SOR)

$$SOR = \frac{AOR}{\frac{\beta \cdot C_{sm} - DO}{9,2 \cdot \frac{C_{sm}}{C_{st}}} \cdot \alpha \cdot 1,02^{(T-20)}}$$

Siendo:

AOR = AOR Adoptado = 120 kg/h

β = 0,99

C<sub>sm</sub> = Coeficiente de media saturación:

$$C_{sm} = 0,5 \cdot C_{st} \cdot \left( \frac{P_b}{P_a} + \frac{O_t}{21} \right)$$

donde

C<sub>st</sub> = 7,4

P<sub>a</sub> = presión atmosférica = 1 atm

P<sub>b</sub> = Presión del agua en el difusor = P<sub>a</sub> (atm) + H<sub>media</sub> (m)/10 = 1 + 5,04/10 = 1,5 atm

O<sub>t</sub> = Relación oxígeno/aire

$$O_t = \frac{21 \cdot (1 - SOTE)}{79 + 21 \cdot (1 - SOTE)}$$

siendo:

SOTE = Eficacia de la transferencia de oxígeno dada por la expresión:

$$SOTE = \frac{5 \cdot H_{media}}{100}$$

### Cálculo de la H<sub>media</sub>

**CALCULO ALTURA MEDIA DE LA LAMINA DE AGUA EN SBR CIRCULAR**

Caudal por ciclo (m<sup>3</sup>/día)

Horas de turno de trabajo por ciclo( h)

Caudal nominal medio horario (m<sup>3</sup>/h)

Altura util (m)

TIEMPOS

Tiempo llenado estático (h)	NI SOPLANTE NI BOMBA REC.	1,5
Tiempo de llenado anóxico (h)	BOMBA REC.	2
Tiempo llenado aerobio ( h)	SOPLANTE Y BOMBA REC.	6
Tiempo aireación (h)	SOPLANTE Y BOMBA REC.	9
Tiempo aireación Total (h)		9,5
Tiempo anoxia (h)	BOMBA REC.	2
Tiempo de decantación (h)		1
Tiempo de extracción y purga (h)		2
Tiempo IDLE (h)		0,5

DIAMETRO DEL DEPOSITO (m)

ALTURAS

Altura mínima fin ciclo anterior (m) 2,91

Altura fin de llenado estático (m) 3,30

Altura fin de llenado estático y anóxico (m) 3,81

Altura fin de llenado estático, anóxico y aerobio (m) 5,35

Altura media en el llenado aerobio (m) 4,58

Tiempo de extracción y decantación +IDLE 3,5

DATOS GRÁFICA

	TIEMPO	ALTURA	TIEMPO ANTES	DURACION
INICIO LLENADO ESTATICO	0	2,9	0	1,5
INICIO LLENADO ANOXICO	1,5	3,3	1,5	2
INICIO LLENADO AEROBIO	3,5	3,8	3,5	6
INICIO FASE REACCION	9,5	5,4	9,5	9
INICIO FASE ANOXICA	18,5	5,4	18,5	2
	15,5	5,4	20,5	1
INICIO EXTRACCION	21,5	5,4	21,5	2
	23,5	2,9	23,5	0,5
	24	2,9		

Evolución de la Altura del SBR

Altura media

HORAS FUNC. BOMBA RECIRCULACION 19

HORAS FUNC. SOPLANTE 15

por tanto

$$SOTE = 5,1 \cdot 5,04 / 100 = 25,7\%$$

$$O_t = 21 \cdot (1 - 0,257) / [79 + 21 \cdot (1 - 0,257)] = 0,16$$

resultando:

$$C_{sm} = 0,5 \cdot 7,4 \cdot [(1,5/1) + 16/21] = 8,47$$

considerando además que:

DO = Concentración de O<sub>2</sub> disuelto = 2 mg/l

α = eficiencia de la transferencia = 0,9

T = temperatura considerada en el reactor = 25 °C

$$SOR = 120 / (((0,99 - 8,47) - 2) / (9,2 \cdot (8,47 / 7,4))) \cdot 0,9 \cdot 1,02^{(25-20)} = 199,15 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

Se obtiene una tasa de transferencia de oxígeno SOR = 199,15 kg O<sub>2</sub>/h

### Caudal de Aire

$$Q_a = \frac{SOR}{SOTE/100 \cdot \left(0,3 \frac{\text{kg O}_2}{\text{Nm}^3 \text{aire}}\right)}$$

SOR = 199,15 kg O<sub>2</sub>/h

SOTE = 25,7%

$$Q_a = 199,15 / (0,257 \cdot 0,3) = 2581,67 \text{ m}^3/\text{h} \approx 2600 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3 ELIMINACIÓN DE NITROGENO

#### 3.1 Datos de partida adoptados en la eliminación de C

##### Diseño de la estrategia de funcionamiento adoptada

Caudal a tratar		<b>1200</b>	m <sup>3</sup> /día
Horas/día		<b>24</b>	h/día
Nº reactores		<b>2</b>	
Nº ciclos		<b>1</b>	Ciclos/día
Tiempo ciclo	Tciclo =	<b>24</b>	h/día
T llenado aireado	T llaire =	<b>6</b>	h/día
Tiempo llenado anóxico	T llanox	<b>2</b>	h/día
Tiempo llenado estático	Tllestático	<b>1,5</b>	h/día
T.llenadoact=Tllaire+Tllanox+Tllestático=	Tllenadoact	<b>9,5</b>	h/día
T llenado	T llenado	<b>9,5</b>	h/día
T aireación	T aireación	<b>9,0</b>	h/día
Tiempo reacción en anoxia	Tdesnitriipa	<b>2,0</b>	h/día
Tiempo decantación	Tdecantación	<b>1,0</b>	h/día
T Extracción y Ex fangos		<b>2,0</b>	h/día
Tiempo en reposo	Tiddle	<b>0,5</b>	h/día
Tiempo total ciclo	Ttotal	<b>24</b>	h/día

##### Fraciones de la DQO

DQOfd/DQO	Ss1/Ct1	0,11
DQOsi/DQO	Sh/Ct1	0,10
DQOfh/DQO	Sh1/Ct1	0,46
DQOih/DQO	Xs1/Ct1	0,32
DQOpi/DQO	Xh/Ct1	0,01
	Ysp	0,04

##### Cargas de entrada

DQOentrada	<b>1200,000</b>	mg/l
DQOfd	<b>132,000</b>	mg/l
DQOsi	<b>120,000</b>	mg/l
DQOplb	<b>936,000</b>	mg/l
DQOpi	<b>12,000</b>	mg/l
DQOsalida	<b>125,000</b>	mg/l
DQOinerte	<b>168,000</b>	mg/l
NTK	<b>175,000</b>	mg/l
NTKe	<b>10,000</b>	mg/l
Nitritos	<b>0,000</b>	mg/l
Nitratos	<b>0,000</b>	mg/l
P	<b>15,000</b>	mg/l

##### Coeficientes cinéticos

Y	<b>0,680</b>	mg cell/mg DQO
fb	<b>1,420</b>	
Yh = Y/fb	<b>0,48</b>	mg VSS/mg DQO
a'	<b>0,770</b>	
b	<b>0,120</b>	Coeficiente respiración
Fn	<b>0,100</b>	
YnN	<b>0,150</b>	
fex	<b>0,200</b>	
fes	<b>0,140</b>	
fe = fex+fes =	<b>0,340</b>	





Vf/Vt <sub>(Noi)</sub>	$(1 - Vf/Vt) \cdot (NO_o - NTK_e) - DNO_x =$	5,166
Noi	$Vf/Vt_{(Noi)} / Vf/Vt =$	10,763
Noe	$NO_o + Nitritos + Noi - NTK_e =$	73,135
% Eliminación	$((NTK - NTK_e - (NO_o - NTK_e))/NTK) \cdot 100 =$	58,645

### 3.5 Estimación de la Desnitrificación post-anóxica

#### Desnitrificación post-anóxica

SRT <sub>e</sub>	$(T_{aireación} + T_{llenado}) \cdot SRT/T \text{ ciclo} =$	6,875	d
DNR	$0,5 \cdot (Y_{nH}/Y_{nt}) \cdot X_t \cdot \text{Coef respiración} \cdot (1/\text{horas día}) =$	5,353	mg/l
DNRT <sub>n</sub>	$DNR \cdot T_{desnitrifpa} =$	10,707	mg/l
Noef	$Noe - DNRT_n =$	62,428	mg/l
Consumo DQO	$DQO/N_{ratio} \cdot NTK =$	672,308	mg/l
DQOs	$DQO_{entrada} - \text{Consumo DQO} = 1200 - 672,308 =$	<b>527,692</b>	<b>mg/l</b>

<b>Volumen reacción m<sup>3</sup></b>	$V_f / Vf/Vt = 1250$	<b>1250,00 m<sup>3</sup></b>
---------------------------------------	----------------------	------------------------------

### 3.6 Estimación de la producción de fangos

#### Producción de fangos

$$\text{Ciclo1} \quad (Q_{dia} \cdot (DQO_{entra} - DQO_{sal}) \cdot Y_{nH} \cdot (1 + f_{ex} \cdot SRT_e) + Q_{dia} \cdot DQO_{opi}) / 1000 = 371 \text{ kg/día}$$

<b>DXv</b>		<b>370,513</b>	<b>Kg/día total</b>
<b>DXmv</b>	DXv Kg/día total/N <sup>o</sup> reactores	<b>185,256</b>	<b>Kg/día reactor</b>

### 3.7 Estimación del requerimiento de oxígeno

#### Requerimientos de Oxígeno

	$(Q_{dia} \cdot (DQO_s - DQO_{salida}) \cdot (1 - Y_{nH} \cdot (1 + f_{ex} \cdot b \cdot SRT_e))) / 1000 + \text{consum } O_2 \text{ desnitrif} =$	1104,69	kg/día
	kg O <sub>2</sub> /día/n <sup>o</sup> ciclos	1104,69	kg O <sub>2</sub> /ciclo
<b>Tiempo de aireación</b>	$T_{llaire} + T_{aireación} = 15$	<b>15,00</b>	
<b>AOR</b>	$Kg \text{ O}_2/\text{ciclo}/(n^o \text{ reactores} \cdot T_{reacción}) =$	36,82	kg O <sub>2</sub> /hora
<b>AOR adoptado</b>		<b>120,00</b>	kg O <sub>2</sub> /hora
	<b>Cst</b>	<b>7,40</b>	
	<b>β</b>	<b>0,99</b>	
	<b>Ha</b>	<b>5,04</b>	mca
	<b>Hv</b>	<b>0,40</b>	mca
	<b>Hdif</b>	<b>1,10</b>	mca
	<b>P<sub>a</sub></b>	<b>1,00</b>	bar
	<b>Cl</b>	<b>2,00</b>	mg/l
	<b>Temperatura</b>	<b>25</b>	°C
	<b>α</b>	<b>0,90</b>	
	<b>E</b>	<b>0,70</b>	
<b>P<sub>b</sub></b>	$P_a + Ha/10 =$	1,50	bar
<b>SOTE</b>	$5,1 \cdot Ha/100 =$	26%	
<b>O<sub>t</sub></b>	$(21 \cdot (1 - SOTE)) / (79 + 21 \cdot (1 - SOTE)) =$	0,16	
<b>Csm</b>	$0,5 \cdot Cst \cdot ((P_b/P_a) + (O_t \cdot 100/21)) =$	8,53	
<b>SOR</b>	$AOR_{adopado} / (((\beta \cdot Csm) - Cl) / (9,2 \cdot (Csm/Cst))) \cdot \alpha \cdot 1,02^{(T-20)} =$	199,15	kg O <sub>2</sub> /hora
<b>Caudal aire</b>	$SOR / (SOTE \cdot 0,3) =$	<b>2582,64</b>	<b>Nm<sup>3</sup>/h</b>
<b>Potencia requerida</b>	$(\text{Caudal aire} \cdot (Ha + Hv + Hdif)) / 10 / (E \cdot 26,88) \cdot 0,736 =$	66,07	kW

### 3.8 Elección del soplante

Tamaño	Motor rpm	Sopl rpm	5 mca			6 mca		
			Q m <sup>3</sup> /h	N. abs kW	N. motor kW	Q m <sup>3</sup> /h	N. abs kW	N. motor kW
SEM. 11 TR / DN 80	3000	2000	329	6.9	92	314	8.1	11
SEM. 11 TR / DN 80	3000	2500	442	8.7	11	427	10.3	15
SEM. 11 TR / DN 80	3000	3000	556	10,5	15	541	12.6	18.5
SEM. 11 TR / DN 80	3000	3400	647	11.9	15	632	14.3	18.5
SEM. 11 TR / DN 80	3000	3800	73	13.4	18.5	723	16.1	22
SEM. 11,5 TR / DN 100	3000	2000	449	9.4	15	433	11	15
SEM. 11,5 TR / DN 100	3000	2500	605	11.7	15	590	13.8	18.5
SEM. 11,5 TR / DN 100	3000	3000	762	14	18.5	746	16.6	22
SEM. 11,5 TR / DN 100	3000	3400	886	15.9	22	871	18.9	30
SEM. 11,5 TR / DN 100	3000	3800	1011	17.7	22	996	21.1	30

Se proponen 2 soplantes por reactor con impulsión DN 100 y 22 kW de motor de accionamiento, con un caudal de 746 m<sup>3</sup>/h a 6 mca

$$\text{Caudal aire aportado por reactor} = 2 \cdot 746 = 1492 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Caudal aire aportado total} = 2 \cdot 1492 = 2984 \text{ m}^3/\text{h} > 2562 \text{ m}^3/\text{h} \text{ máximos necesarios.}$$

### 3.9 Bomba de llenado

$$Q_{\text{dia}} / (n^{\circ} \text{ ciclos} \cdot T_{\text{llenado}}) / N^{\circ} \text{ reac.} = 1200 \text{ m}^3/\text{día} / (1 \text{ ciclo/día} \cdot 9,5 \text{ h/ciclo}) / 2 = \mathbf{63, 16 \text{ m}^3/\text{h} \text{ y reactor}}$$

Se proponen bombas de acero inoxidable de 75 m<sup>3</sup>/h a 9 m cda y 7,5 kW motor de accionamiento

**% sequedad fangos prevista 1%**

### 3.10 Bomba extracción fangos

$$(DX_{mv} \text{ kg/día-reactor} / n^{\circ} \text{ ciclos}) / \% \text{sequedad fangos} / 1000 = \mathbf{18,526 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Se proponen bombas de acero inoxidable de 25 m<sup>3</sup>/h a 9 m cda y 3 kW motor de accionamiento

## 4 DEPOSITO REGULADOR DE SALIDA

Dado que el vertido de cada ciclo es de 600 m<sup>3</sup> en un máximo de 2 h, el caudal de vertido sería de 300 m<sup>3</sup>/h que no puede ser absorbido por el colector de salida que tiene una limitación de 50 m<sup>3</sup>/h

Considerando 12 h la separación de ciclos entre los dos reactores, el volumen mínimo a almacenar será de 600 m<sup>3</sup>

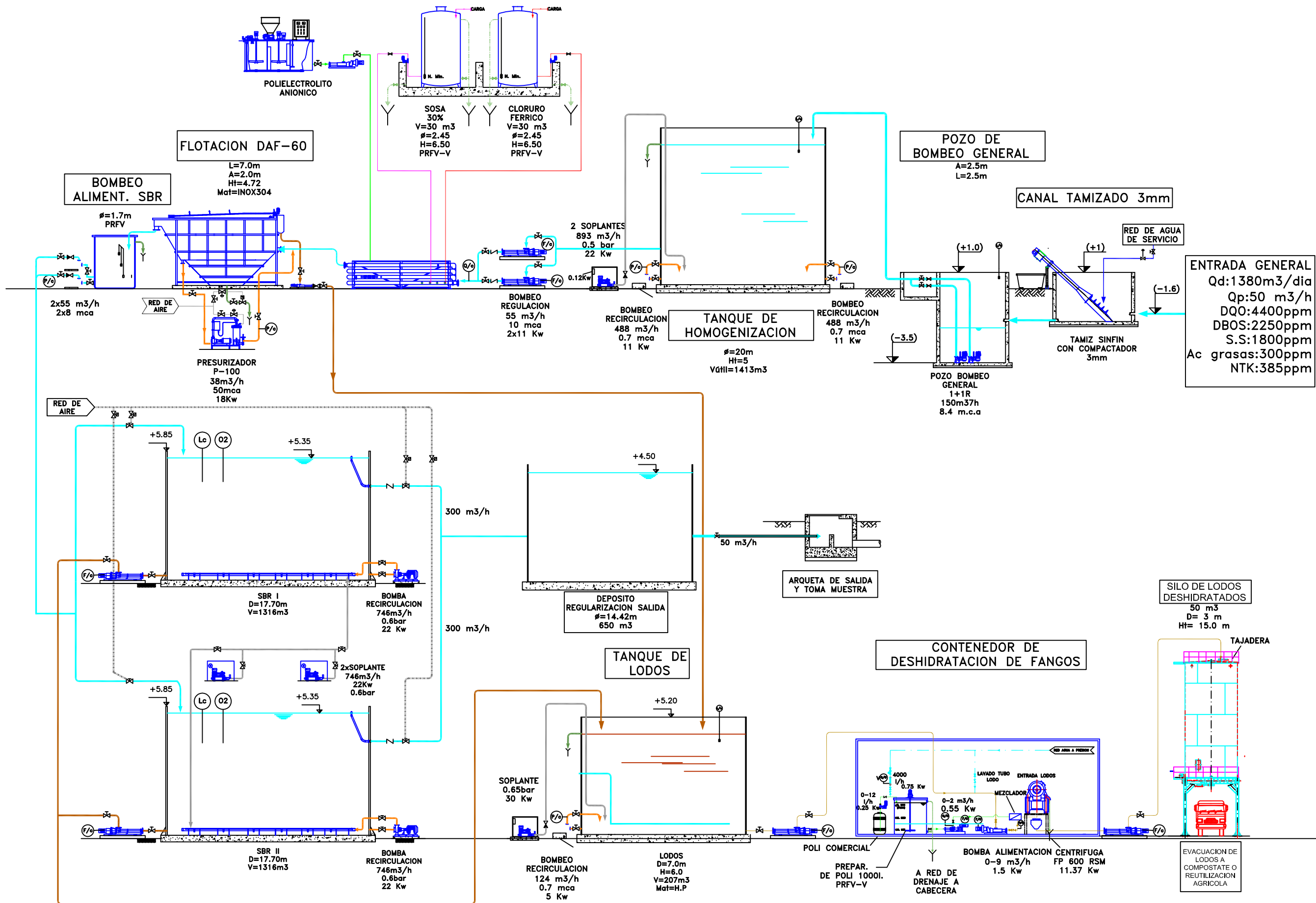
$$600 \text{ m}^3/\text{ciclo y reactor en 12 horas} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se propone depósito de regulación de salida en hormigón de forma cilíndrica vertical y altura total de 4,5 m con diámetro 14,42 m y una altura útil de agua de 4 m (0,5 m de salvaguarda) que otorga una capacidad de 653 m<sup>3</sup>.

## 5 ESQUEMA DEL TRATAMIENTO CON SBR

Se adjunta en apéndice el esquema de tratamiento de la EDAR para esta opción con dos Reactores Biológicos Secuenciales.





**ENTRADA GENERAL**  
 Qd:1380m<sup>3</sup>/dia  
 Qp:50 m<sup>3</sup>/h  
 DQO:4400ppm  
 DBOS:2250ppm  
 S.S:1800ppm  
 Ac grasas:300ppm  
 NTK:385ppm

**TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

AUTOR		ESQUEMA	
ESQUEMA DEL TRATAMIENTO CON SBR			
ANEJO	ESCALA	FECHA	
8	S/E	JUNIO DE 2010	

M<sup>a</sup> Carmen Llorca Iglesias

## ANEJO NÚM. 08

### CALCULO TRATAMIENTO BIOLÓGICO EN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR)

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	ELIMINACIÓN DE CARBONO .....	1
2.1	Datos de partida.....	1
2.2	Coeficientes cinéticos .....	1
2.3	Fraccionamiento de la DQO.....	1
2.4	Datos influente / efluente .....	2
2.5	Estimación de la edad de fangos .....	2
2.6	Fraccionamiento de la DQO a la salida.....	3
2.7	Producción de fangos .....	4
2.8	Estrategia de tiempos .....	5
2.9	Volumen del reactor .....	6
2.10	Concentración de microorganismos.....	7
2.11	Ciclo óptimo .....	7
2.12	Dimensiones teóricas del reactor.....	8
2.13	Dimensiones reales del reactor.....	11
2.14	Necesidades de aireación.....	11
3	ELIMINACIÓN DE NITROGENO.....	14
3.1	Datos de partida adoptados en la eliminación de C .....	14
3.2	Estimación de la edad de fangos .....	15
3.3	Estimación de la nitrificación .....	15
3.4	Estimación de la edad de desnitrificación preanóxica.....	15
3.5	Estimación de la Desnitrificación post-anóxica .....	16
3.6	Estimación de la producción de fangos.....	16
3.7	Estimación del requerimiento de oxígeno .....	16
3.8	Elección del soplante .....	17
3.9	Bomba de llenado .....	17
3.10	Bomba extracción fangos.....	17
4	DEPOSITO REGULADOR DE SALIDA.....	17
5	ESQUEMA DEL TRATAMIENTO CON SBR.....	17

## ANEJO NÚM. 09

---

### ELECCIÓN SISTEMA TRATAMIENTO DE FANGOS

---

#### 1 OBJETO

Consecuencia de que en la EDAR se van a producir fangos que hay que eliminar, si es posible mediante vía de valorización, es pertinente analizar el destino final de los mismos dada la incidencia que estos tienen en los costes de explotación.

En este anejo se pretende analizar y seleccionar el sistema de tratamiento de fangos previo a su deshidratación mecánica.

#### 2 OPCIONES DE TRATAMIENTO DE LOS FANGOS

En la EDAR se producen fangos en el tratamiento primario (lodos poco digeridos) y en el tratamiento biológico (lodos más digeridos).

Antes de su tratamiento de deshidratación mecánica para reducir su volumen y poderlos transportar fácilmente, es necesaria su mezcla, homogenización y cierto grado de espesamiento. Esta es la opción mínima de inversión a disponer.

Una segunda opción es añadir a la indicada un tratamiento de digestión aeróbica que permita por un lado reducir la cantidad de lodos a deshidratar y por otro obtener fangos digeridos válidos para su deposición en suelos agrícolas. Esta opción requiere comparativamente una mayor inversión y costes de explotación.

Deben pues compararse ambas opciones para su toma de decisión.

Estas dos opciones son:

- Mezcla, homogenización y espesamiento lodos mixtos: Lodos sin digerir (LSD).
- Mezcla, homogenización, digestión aeróbica y espesamiento lodos mixtos: Lodos digeridos (LD).

Se describe a continuación las dos opciones que se quieren comparar

##### 2.1 Lodos mixtos sin digestión

El objetivo de la mezcla de los lodos producidos en el tratamiento primario y secundario (lodos biológicos), su mezcla para su homogenización y un cierto grado de espesamiento bajo la exclusiva acción de la gravedad antes de su envío a centrifuga. Por tanto solo se requiere el depósito de acumulación y mezcla, un agitador y tiempo de reposo para espesamiento por gravedad.

##### 2.1.1 Inversión requerida.

Tal como se justifica en anejos 5 y 7 se precisa:

- **Homogenizador- espesador** de lodos mixtos y siguientes características
  - Volumen útil de 787 m<sup>3</sup>
  - Forma: Cilíndrico vertical
  - Diámetro 14,42 m
  - Material hormigón
  - Altura 5,2 m
  - Calado adoptado 4,7 m
- **Agitador** sumergible de 4 kW

- **Medidor** de nivel hidrostático con 0,1 kW
- **Potencia eléctrica instalada: 4,10 kW**

La valoración de dicha inversión requerida es:

Costes inversión SD	€
Depósito $\Phi= 14,42$ m Coste = $1506,501 \cdot \Phi^{1,224}$	39.495,07
Equipos electromecánicos	14.085,00
Instalaciones de servicio y complementarias	6.450,00
10% s/inversión pp puesta en marcha e ing. detalle	6.003,01
Total =	<b>66.033,08</b>

### 2.1.2 Fangos Producidos.

La concentración del fango decantado suele estar entorno al 1% y en las mejores ocasiones del 1,5 %

Producción total de fangos

Fangos de la flotación = 1728,00 kg/día a una concentración media del 2%

Fangos del biológico = 814,62 kg/día a una concentración media del 0,8%

Total lodo homogenizado = 2542,62 kg/día

Concentración de lodo mezclado =  $(1728 \cdot 0,02 + 814,62 \cdot 0,008) / 2542,62 = 1,62\%$

Volumen diario de lodo mezclado =  $2542 \text{ kg/día} / 0,0162 \text{ mg/l} = 157,4 \text{ m}^3/\text{día}$

Concentración máxima de lodo espesado: 3,5%

Volumen a evacuar a centrifuga:  $2542,62 / 0,035 = 72,64 \text{ m}^3/\text{día}$

Horas funcionamiento centrifuga de 400 kg/h =  $2542,62 / 400 = 6,35 \text{ h/día}$

Volumen lodos desecados al 22% =  $2542,62 / 0,22 = 11,6 \text{ m}^3/\text{día} \approx 2 \text{ contenedores/día} \approx 16 \text{ contenedores/semanales}$

### 2.1.3 Explotación

Dentro de los problemas propios de la explotación de este tipo de lodos, el principal consiste en la baja digestión de los fangos procedentes del tratamiento primario y los olores que generan si se disponen sobre terreno agrícola.

### 2.1.4 Aplicabilidad.

La utilidad de estos lodos viene condicionada fundamentalmente a dos vías de deposición:

- Deposición en depósito controlado (vertedero) a un coste de 69,06 €/t
- Deposición en planta de compostaje a un coste de 32 €/t.

## 2.2 Con digestión de lodos.

El objetivo, además de su mezcla para su homogenización de los lodos producidos en el tratamiento primario y secundario y un cierto grado de espesamiento bajo la exclusiva acción de la gravedad antes de su envío a centrifuga, es digerir dichos lodos por acción biológica (oxidación) mediante la agitación y aireación tal como se calcula en anejo 7 con una reducción del 30% de las SV. Por tanto solo se requiere además del depósito de acumulación y mezcla, una agitación y aireación y tiempo de reposo para espesamiento por gravedad.

### 2.2.1 Inversión requerida.

Tal como se justifica en anejos 5 y 7 se precisa:

- **Homogenizador- espesador** de lodos mixtos y siguientes características
  - Volumen útil de 787 m<sup>3</sup>
  - Forma: Cilíndrico vertical
  - Diámetro 14,42 m
  - Material hormigón
  - Altura 5,2 m
  - Calado adoptado 4,7 m
- **Dos bombas para recirculación de lodos de 15 kW/c.u.**
- **Soplante de 30 kW** con un caudal de 1575 m<sup>3</sup>/h a 0,4 bars
- **Medidor** de nivel hidrostático con 0,1 kW
- **Potencia eléctrica instalada: 60,36 kW**

La valoración de dicha inversión requerida es:

Costes inversión CD	€
Depósito $\Phi= 14,42$ m Coste = $1506,501 * \Phi^{1,224}$	39.495,07
Equipos electromecánicos	25.345,00
Instalaciones de servicio y complementarias	9.550,00
10% s/inversión pp puesta en marcha e ing. detalle	7.439,01
Total =	81.829,08

### 2.2.2 Fangos Producidos.

Tal como se justifica en el apartado 11 del anejo 7 la reducción de fangos producidos es de 381,39 kg/día

**Producción de lodo estabilizado** = Producción total de fangos - fangos eliminados

Fangos de la flotación = 1728,00 kg/día

Fangos del biológico = 814,62 kg/día

Fangos eliminados = 381,39 kg/día

Lodo estabilizado = (1728 + 814,62) - 381,39 kg/día = 2161,23 kg/día

Concentración de lodo estabilizado = 3,5%

Volumen diario de lodo estabilizado = 2161,23 kg/día / 0,035 mg/l = **61,75 m<sup>3</sup>/día**

Concentración máxima de lodo espesado: 3,5%

Volumen a evacuar a centrifuga: 2542,62/0,035 = 72,64 m<sup>3</sup>/día

Horas funcionamiento centrifuga de 400 kg/h = 2161,23/400 = 5,40 h/día

Volumen lodos desecados al 22% = 2161,62/0,22 = 9,82 m<sup>3</sup>/día  $\approx$  7 contenedores/semana

### 2.2.3 Explotación

La principal ventaja de los fangos digeridos es que se pueden disponer sobre terreno agrícola a un coste inferior. En contrapartida se tienen un mayor coste de explotación que requiere un análisis económico de viabilidad.

### 2.2.4 Aplicabilidad.

La utilidad de estos lodos viene condicionada fundamentalmente a las dos vías de deposición indicadas anteriormente y:

- Deposición en terreno agrícola a un coste de 15 €/t.



### 3 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.

Se analiza dicha viabilidad económica por comparación entre las dos opciones por diferencia de inversión y de los flujos que generan.

#### 3.1 Diferencia de inversión

Indicadas anteriormente se tiene:

Inversión con digestión	81.829,08 €
Inversión sin digestión	66.033,08 €
$\Delta$ inversión =	<b>15.796,00 €</b>

#### 3.2 Diferencia de flujos

Se considera el incremento de pagos por mayor consumo eléctrico, término de potencia, mayor mantenimiento y p.p de gastos fijos que la opción CD tiene respecto a SD.

En contrapartida se tienen los ahorros que genera la opción CD en menores tiempos de funcionamiento de la centrífuga, ahorro de consumo de polielectrolito en la misma, y gastos de transporte y deposición al tener que eliminar menos lodos.

##### 3.2.1 Costes a considerar

Costes energéticos:

Coste de la energía =	0,07 €/ kW·h
Coste de la potencia instalada =	1,91879 €/kW

Coste de reactivos:

Polielectrolito :	3,01 €/kg
Dosis estimada en centrífuga:	8 kg/t MS
Caudal centrífuga:	400 kg MS/h

Costes de transporte y deposición:

- Servicio de transporte de residuos:
  - Transporte camión bañera (1 semanal) 55 €/h
  - Transporte contenedor de 7m<sup>3</sup> (1 diario) 200 €/serv.
- Servicio de analíticas:
  - Coste analítica terrenos agrícolas 300 €
  - Coste analítica planta compostaje 500 €
  - Coste analítica deposito controlado 900 €
- Servicios de deposición de residuos:
  - Deposición en deposito controlado 69,06 €/t
  - Deposición en planta de compostaje ) 32 €/t
  - Deposición terreno agrícola 15 €/t

##### 3.2.2 Incremento de pagos

Consumos eléctricos:

	Pot. kW	Abs. kW	Horas/Día	Días/Año	kW-h/año
<b>CONSUMOS Energía eléctrica opción CD</b>					
Bomba recirculación en riñón digestor fangos 1	15,00	11,25	21,00	365,0	86.231,3
Bomba recirculación en riñón digestor fangos 2	15,00	11,25	21,00	365,0	86.231,3
Soplante digestor fangos	30,00	22,50	16,00	325,0	117.000,0
Ventilador cabina de insonorización	0,18	0,14	16,00	325,0	702,0
Electro válvula aporte de aire (purga clarificados)	0,08	0,06	2,00	325,0	39,0
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,08	24,00	365,0	657,0
				<b>Total</b>	<b>290.860,6</b>
<b>CONSUMOS Energía eléctrica opción SD</b>					
Agitador sumergible	4,00	3,00	21,00	365,0	22.995,0
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,08	24,00	365,0	657,0
				<b>Total</b>	<b>23.652,0</b>

$\Delta$ pagos energía	kW-h/año	Coste €/kW-h	€año
Con digestión lodos CD	290.860,50		
Sin digestión lodos SD	23.652,00		
	267.208,50	0,07	<b>18.704,60</b>

$\Delta$ pagos potencia	Potencia instalada	Potencia requerida	Coste €/kW-mes	€año
Con digestión lodos CD	60,36	45,27		
Sin digestión lodos SD	4,10	3,075		
<b>Diferencia</b>	<b>56,26</b>	<b>42,195</b>	<b>1,91879</b>	<b>971,56</b>

Mantenimiento equipos: 5% Incremento inversión =  $5 \cdot 15.796,00 = 789,80$  €/año

Parte proporcional gastos fijos = 15% s/45000 €/año = 6.750 €/año

Resumen incremento de pagos:

Incremento pagos €/año	
Consumo eléctrico	18.704,60
Término potencia	971,56
Mantenimiento	789,80
PP. Gastos fijos	6.750,00
<b>Total <math>\Delta</math> pagos</b>	<b>27.215,96</b>

### 3.2.3 Decremento de pagos (ahorro)

#### Ahorro tratamiento fangos eliminados

SD 2.542,60 kg/día

CD 2.161,23 kg/día

$381,37 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días/año} = 139.200,05 \text{ kg/año} / 0,035 \text{ mg/l} = 3.977,14 \text{ m}^3/\text{año}$

Caudal centrifuga 400 kg/h

$139.200,05 \text{ kg/año} / 400 \text{ kg/h centrifuga} = 348,0 \text{ h/año}$

Potencia instalada en deshidratación lodos = 15,47 kW

Potencia absorbida =  $15,47 \times 0,8 = 12,38 \text{ kW}$

Ahorro coste energético =  $12,38 \text{ kW} \times 348 \text{ h/año} \times 0,07 \text{ €/kW}\cdot\text{h} = 341,48$  €/año

Ahorro reactivo poli:

381,37 kg/día x 8 kg poli/t = 3,05096 kg poli/día

3,05096 kg poli/día x 365 días año x 3,01 €/kg poli = **3.351,94 €/año**

Ahorro en transporte a deposición lodos al 22%:

139.200,05 kg/año/0,22 mg/l = 632,7275 m<sup>3</sup>/año

Número de contenedores de transporte de 7 m<sup>3</sup> = 632,72/7 ≈ 90 contenedores/año

90 contenedores/año x 200 €/contenedor = **18.000 €/año**

Ahorro en deposición en terreno agrícola:

632,75 m<sup>3</sup>/año x 1,05 t/m<sup>3</sup> = 664,36 t/año

664 t/año x 15 €/t = **9.960 €/año**

Resumen decremento de pagos:

Ahorros €/año	
Deshidratación	301,48
Poli	3.351,94
Transporte	18.000,00
Deposición	9.960,00
<b>Total</b>	<b>31.613,42</b>

Resumen ahorros y pagos:

Diferencia Δ flujos de caja	€/año
Ahorro	31.613,42
Pagos	27.215,96
<b>Total</b>	<b>4.397,46</b>

### 3.2.4 Evaluación económica

Se considera el análisis a 10 años de vida a efectos de evaluación

No se considera valor residual

Año	Flujos caja	Actualización		
		10%	20%	25%
0	-15.796,00	-15.796,00	-15.796,00	-15.796,00
1	4.397,46	3997,69	3664,55	3517,97
2	4.397,46	3634,27	3053,79	2814,38
3	4.397,46	3303,88	2544,83	2251,50
4	4.397,46	3003,53	2120,69	1801,20
5	4.397,46	2730,48	1767,24	1440,96
6	4.397,46	2482,25	1472,70	1152,77
7	4.397,46	2256,59	1227,25	922,21
8	4.397,46	2051,45	1022,71	737,77
9	4.397,46	1864,95	852,26	590,22
10	4.397,46	1695,41	710,21	472,17
	<b>VAN</b>	<b>11.224,50</b>	<b>2.640,23</b>	<b>-94,85</b>
	<b>Año recuperación</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>

Resultando TIR = 24,8% por lo que **se adopta la solución con digestión de fangos.**

## ANEJO NÚM. 09

---

### ELECCIÓN SISTEMA TRATAMIENTO DE FANGOS

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	OPCIONES DE TRATAMIENTO DE LOS FANGOS .....	1
2.1	Lodos mixtos sin digestión.....	1
2.1.1	Inversión requerida. ....	1
2.1.2	Fangos Producidos.....	2
2.1.3	Explotación.....	2
2.1.4	Aplicabilidad.....	2
2.2	Con digestión de lodos. ....	2
2.2.1	Inversión requerida. ....	2
2.2.2	Fangos Producidos.....	3
2.2.3	Explotación.....	3
2.2.4	Aplicabilidad.....	3
3	ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA. ....	4
3.1	Diferencia de inversión .....	4
3.2	Diferencia de flujos .....	4
3.2.1	Costes a considerar .....	4
3.2.2	Incremento de pagos .....	4
3.2.3	Decremento de pagos (ahorro).....	5
3.2.4	Evaluación económica .....	6

## ANEJO NÚM. 10

---

### JUSTIFICACIÓN ALTERNATIVA ADOPTADA

---

#### 1 OBJETO

Teniendo en cuenta las indicaciones de las opciones que para el reactor biológico se han presentado en el anejo 4 y sus justificaciones dimensionales dadas en los anejos 5, 7 y 8 junto con la incidencia que dichas opciones tienen en los costes de explotación, es preciso su análisis económico para justificar la elección del sistema de reactor biológico a adoptar.

En este anejo se pretende analizar y seleccionar el reactor biológico a adoptar, en continuo o secuencial, que a su vez definen las dos alternativas a comparar y teniendo en cuenta los costes de inversión y de explotación que cada alternativa proporciona.

#### 2 OPCIONES DE REACTOR BIOLÓGICO

Para la tecnología a emplear en el reactor biológico de fangos activos se presentan dos opciones:

- Alternativa 1: Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo
- Alternativa 2: Reactor biológico secuencial (SBR)

Ambas alternativas requieren de acuerdo con las conclusiones del anejo 3 “Unidades funcionales disponibles” y de los mencionados anejos de cálculo 5, 7 y 8 de las siguientes unidades funcionales:

#### Alternativa 1: Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo

##### Equipos electromecánicos

- TAMIZADO
- BOMBEO GENERAL
- DESENGRASE
- HOMOGENIZACION DE CARGA Y CAUDAL CON BIOABSORCION
- TRATAMIENTO 1º : REDUCCION DE CARGA POR FLOTACION DAF-SR
- TRATAMIENTO BIOLOGICO
- DOSIFICACION REACTIVOS ELIMINACION FOSFORO
- DECANTADOR SECUNDARIO
- RECIRCULACION EXTERNA Y EXTRACCION DE LODOS SECUNDARIOS
- ACUMULADOR-HOMOGENIZADOR DE FANGOS
- DESHIDRATACION DE LODOS
- BOMBEO DE DRENAJES
- MEDIDA DE CAUDAL DE VERTIDO
- PROGRAMACION DE AUTOMATAS, SUPERVISION Y CONTROL
- PUESTA EN MARCHA Y ALECCIONAMIENTO DE PERSONAL

##### Depósitos opción 1

- Depósito homogenización:  $\phi$  20,00 m Ht = 5 m;  $V_{util}$  = 1413 m<sup>3</sup>
- Reactor anóxico:  $\phi$  = 19,11 m; H = 5 m; V = 1290 m<sup>3</sup>
- Reactor aerobio:  $\phi$  = 23,03; H = 5 m; V = 1873 m<sup>3</sup>
- Decantador secundario:  $\phi$  = 12,10 m H = 4 m ; V = 402 m<sup>3</sup>

- Depósito Homogeneizador-espesador-estabilizador lodos:  $\phi = 14,42$ ; Ht = 5,2 m ; V = 750 m<sup>3</sup>

#### **Instalaciones eléctricas**

- Potencia instalada: 316, 54 kW ( Ver apéndice 1 justificación potencia eléctrica instalada)
- Acometida 400 kW
- Cuadro general
- Conexión a electromotores

#### **Obra civil complementaria opción 1**

- MOVIMIENTOS PREPARACION PARCELA
- CANAL DE RECEPCION Y TAMIZADO
- POZO BOMBEO AGUA BRUTA
- DESENGRASE CAF
- FLOTADORES DAF
- CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE
- EDIFICIOS
- VARIOS

#### **Ingeniería de detalle**

- Obra civil
- Instalaciones

### **Alternativa 2: Reactor Biológico Secuencial SBR**

#### **Equipos electromecánicos**

- TAMIZADO
- BOMBEO GENERAL Y PREHOMOGENIZACION
- TRATAMIENTO 1º : REDUCCION DE CARGA POR FLOTACION DAF-CR
- HOMOGENIZACION DE CARGA Y PULMON SBR
- TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO DAF
- TRATAMIENTO BIOLOGICO SBR
- ACUMULADOR-HOMOGENIZADOR DE FANGOS
- BOMBEO EXTRACCION DE LODOS SBR
- DESHIDRATACION DE LODOS
- BOMBEO DE DRENAJES
- DEPÓSITO REGULADOR DE SALIDA
- MEDIDA DE CAUDAL DE VERTIDO
- PROGRAMACION DE AUTOMATAS,SUPERVISION Y CONTROL
- PUESTA EN MARCHA Y ALECCIONAMIENTO DE PERSONAL

#### **Depósitos opción 2**

- Depósito homogenización de carga y pulmón SBR:  $\phi 20,00$  m Ht = 5 m; Vutil= 1413 m<sup>3</sup>
- Reactor SBR I  $\phi=17,7$  m; H = 5,35 m; V = 1316 m<sup>3</sup>
- Reactor SBR II:  $\phi=17,7$  m; H = 5,35 m; V = 1316 m<sup>3</sup>

- Depósito Homogeneizador-espesador-estabilizador lodos:  $\phi = 14,42$ ; Ht = 5,2 m ; V = 750 m<sup>3</sup>
- Depósito regulador de salida  $\phi=14,42$  m; ht=4,5; V=653 m<sup>3</sup>

#### **Instalaciones eléctricas**

- Potencia instalada: 394,39 kW ( Ver apéndice 1 justificación potencia eléctrica instalada)
- Acometida 500 kW
- Cuadro general
- Conexión a electromotores

#### **Obra civil complementaria opción 2**

- MOVIMIENTOS PREPARACION PARCELA
- CANAL DE RECEPCION Y TAMIZADO
- POZO BOMBEO AGUA BRUTA
- CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE
- EDIFICIOS
- VARIOS

#### **Ingeniería de detalle**

- Obra civil
- Instalaciones

La elección de una u otra alternativa se va a realizar mediante la comparación de los costes de inversión que cada una requiere y su diferencia compararla con la de los flujos que la cuenta de explotación (costes de depuración) conlleva.

Los criterios para la valoración de las inversiones han sido:

- Para los Equipos electromecánicos: Valor de mercado de los mismos instalados de acuerdo con ofertas comerciales.
- Para los depósitos de proceso: Se adoptan depósitos circulares de hormigón armado realizados "*in situ*" de acuerdo con las justificaciones dadas en anejo 3 y 11.3 para elección y justificación de coste, empleándose a función ajustada de acuerdo con el diámetro de los depósitos. Coste (€) = 1506,501 ·  $\phi^{1,224}$  donde  $\phi$  es el diámetro del depósito expresado en m
- Para las instalación eléctrica se ha considerado unos coste de 45 €/kW y 150 €/kW instalado para la acometida y conexiones a electromotores. El cuadro general: 6000 + 105 €/kW instalado. En apéndice 1 se justifica la potencia instalada para cada opción.
- Para la obra civil complementaria se ha estimado mediante estado de mediciones el presupuesto estimativo de coste que se da en apéndice 2 para cada opción
- Finalmente los costes de inversión por la ingeniería de detalle se ha estimado en un 4% de la inversión en obra civil e instalaciones de cada alternativa.

Se valora a continuación las inversiones que requieren las dos opciones que se quieren comparar

## 2.1 Alternativa 1: Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo sin reactivos

Se considera el diseño señalado en el punto 13 del anejo 7:

### Línea de aguas:

- Un **tratamiento primario** donde se eliminen los sólidos en suspensión fácilmente sedimentables, parte de materia orgánica y los aceites y grasas.

Las tecnologías a emplear para el tratamiento primario para esta opción son:

- Pretratamiento para separación de sólidos mediante tamiz rotativo.
- Separación de aceites y grasas tipo CAF a fin de disminuir el uso de floculantes
- Deposito de homogenización de carga y caudal con bioadsorción
- Reducción de la carga prevista a entrada a biológico mediante flotación tipo DAF sin reactivos (DAF-SR)
- **Tratamiento biológico** (reactor biológico) por cultivos en suspensión (**fangos activos**) a fin de oxidar la materia orgánica (eliminación de carbono) y procesos de nitrificación-desnitrificación para eliminación de nitrógeno. Dispondrá de un volumen total de reacción de 3.000 m<sup>3</sup> separados en dos reactores, uno anóxico con el 40% del volumen total de reacción y otro aerobio con el 60% restante.
- **Tratamiento químico** del agua, previamente a su clarificación, mediante coagulación a fin de asegurar niveles inferiores a 2 mg/l de P<sub>total</sub>
- **Decantación secundaria** para clarificación del agua, que mediante sedimentación los flóculos, formados en el reactor biológico, decantan y se extraen. Una parte se emplea en recirculación de dichos fangos y los lodos en exceso para su acondicionamiento posterior.

### Línea de lodos

- Depósito Estabilizador-Homogeneizador-Espesador de los fangos mixtos (físico-químico + biológicos)
- Tratamiento de deshidratación de fangos de tipo mecánico mediante centrifuga horizontal

#### 2.1.1 Inversión requerida en equipos electromecánicos.

De acuerdo con los criterios de valoración de inversiones señalados anteriormente se tiene:

Equipos electromecánicos	€
CAP 1: TAMIZADO	71.345,00
CAP 2: BOMBEO GENERAL	46.487,00
CAP 3: DESENGRASE	57.581,00
CAP 4: HOMOGENIZACION DE CARGA Y CAUDAL CON BIOABSORCION	154.066,00
CAP 5: TRATAMIENTO 1º : REDUCCION DE CARGA POR FLOTACION DAF-SR	131.595,00



CAP 6: TRATAMIENTO BIOLÓGICO	171.810,00
CAP 7: DOSIFICACION REACTIVOS ELIMINACION FOSFORO	14.443,00
CAP 8: DECANTADOR SECUNDARIO	52.195,00
CAP 9: RECIRCULACION EXTERNA Y EXTRACCION DE LODOS SECUNDARIOS	63.986,00
CAP 10: ACUMULADOR-HOMOGENIZADOR DE FANGOS	37.764,00
CAP 11: DESHIDRATACION DE LODOS	143.143,00
CAP 12: BOMBEO DE DRENAJES	14.227,00
CAP 13: MEDIDA DE CAUDAL DE VERTIDO	7.471,00
CAP 14: PROGRAMACION DE AUTOMATAS,SUPERVISION Y CONTROL	48.396,00
CAP 15: PUESTA EN MARCHA Y ALECCIONAMIENTO DE PERSONAL	11.194,00
TOTAL EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS ALTERNATIVA 1	1.025.703,00

### **2.1.2 Inversión requerida en depósitos de proceso.**

Depósitos de hormigón armado "in situ"	€
Depósito homogeneización: $\phi$ 20,00 m Ht = 5 m; Vútil= 1413 m <sup>3</sup>	58.942,72
Reactor anóxico: $\phi$ =19,11 m; H = 5 m; V = 1290 m <sup>3</sup>	55.748,41
Reactor aerobio: $\phi$ =23,03; H= 5 m; V = 1873 m <sup>3</sup>	70.051,46
Decantador secundario: $\phi$ = 12,10 m H = 4 m ; V = 402 m <sup>3</sup>	31.863,88
Homogeneizador-espesador-estabilizador lodos: $\phi$ = 14,42; Ht = 5,2 m ; V = 750 m <sup>3</sup>	39.495,07
TOTAL DEPÓSITOS DE HORMIGÓN ARMADO ALTERNATIVA 1	256.101,55

### **2.1.3 Inversión requerida en Obra Civil complementaria**

Justificada en apéndice 3 se tiene:

Obra civil complementaria	€
CAP 1 : MOVIMIENTOS PREPARACION PARCELA	3.750,00
CAP 2 : CANAL DE RECEPCION Y TAMIZADO	7.744,68
CAP 3 : POZO BOMBEO AGUA BRUTA	11.754,50
CAP 4 : DESENGRASE CAF	9.721,76
CAP 5 : FLOTADORES DAF	16.134,41
CAP 6 : CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE	5.274,45
CAP 7 : EDIFICIOS	32.000,00
CAP 8 : VARIOS	87.325,00
TOTAL OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA ALTERNATIVA 1	173.704,80

### **2.1.4 Inversión requerida en instalación eléctrica**

Justificada la potencia instalada en apéndice 1 y los criterios anteriormente señalados se tiene la siguiente valoración de inversión

Instalación eléctrica	€
Acometida 400 kW	14.244,00
Cuadro general	39.237,00

Conexión a electromotores	47.481,00
<b>TOTAL INSTALACIÓN ELECTRICA ALTERNATIVA 1</b>	<b>100.962,00</b>

### **2.1.5 Inversión requerida en ingeniería de detalle**

Ingeniería de detalle	€
Obra civil	17.192,25
Instalaciones	44.601,80
<b>TOTAL INGENIERIA DE DETALLE ALTERNATIVA 1</b>	<b>61.794,05</b>

### **2.1.6 Inversión total requerida**

	€
Equipos electromecánicos	1.025.703,00
Depósitos	256.101,55
OC complementaria.	178.891,41
Instalación Eléctrica	100.962,00
Suma Obra civil + Equipos +Instalaciones	1.561.657,96
Ingeniería de detalle 4% s/inversión	62.466,32
<b>TOTAL INVERSIÓN ALTERNATIVA 1</b>	<b>1.624.124,28</b>

## **2.2 Alternativa 2: Tratamiento químico (DAF) con reactivos y reactor biológico secuencial (SBR)**

Se considera el diseño señalado en el punto 13 del anejo 7 modificado para tratamiento por un reactor biológico secuencial, justificado en anejo 8 de dimensionado de los mismos.

La diferencia con los sistemas de fangos activados anterior se basa en que en el SBR se realizan las operaciones de reacción y clarificación en el mismo **reactor biológico**, mediante ciclos en los que se suceden las distintas etapas (llenado, reacción, decantación, vaciado y purga).

Previo al tratamiento biológico, se realiza un **pretratamiento**, con un desbaste de gruesos y finos para la separación de sólidos en suspensión, y una **homogeneización** de carga y caudales, mediante un tanque de homogeneización, así como un tratamiento físico-químico con reactivos para disminuir la carga entrada a biológico.

#### **Línea de aguas:**

- Un **tratamiento primario** donde se eliminen los sólidos en suspensión fácilmente sedimentables, parte de materia orgánica y los aceites y grasas.

Las tecnologías a emplear para el tratamiento primario para esta opción son:

- Pretratamiento para separación de sólidos mediante tamiz rotativo.
- Deposito de homogenización de carga y caudal con bioadsorción
- Reducción de la carga prevista a entrada a biológico mediante flotación tipo DAF con reactivos (DAF-CR)
- **Tratamiento biológico** mediante 2 reactores biológicos secuenciales de 1316 m<sup>3</sup> de capacidad c.u. y donde como queda dicho se realizan secuencialmente

las distintas etapas de oxidación de la materia orgánica (eliminación de carbono) y procesos de nitrificación-desnitrificación para eliminación de nitrógeno, así como la decantación, vaciado y purga..

### **Línea de lodos**

- Depósito Estabilizador-Homogeneizador-Espesador de los fangos mixtos (físico-químico + biológicos)
- Tratamiento de deshidratación de fangos de tipo mecánico mediante centrifuga horizontal

#### **2.2.1 Inversión requerida en equipos electromecánicos.**

De acuerdo con los criterios de valoración de inversiones señalados anteriormente se tiene:

Equipos electromecánicos	€
CAP 1: TAMIZADO	71.345,00
CAP 2: BOMBEO GENERAL Y PREHOMOGENIZACION	46.487,00
CAP 3: TRATAMIENTO 1º : REDUCCION DE CARGA POR FLOTACION DAF-CR	135.104,00
CAP 4: HOMOGENIZACION DE CARGA Y PULMON SBR	144.377,00
CAP 5: TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO DAF	23.048,00
CAP 6: TRATAMIENTO BIOLÓGICO SBR	147.135,00
CAP 7: ACUMULADOR-HOMOGENIZADOR DE FANGOS	36.750,00
CAP 8: BOMBEO EXTRACCIÓN DE LODOS SBR	10.199,00
CAP 9: DESHIDRATACION DE LODOS	139.300,00
CAP 10: BOMBEO DE DRENAJES	13.845,00
CAP 11: DEPÓSITO REGULADOR DE SALIDA	8.655,00
CAP 12: MEDIDA DE CAUDAL DE VERTIDO	7.271,00
CAP 13: PROGRAMACION DE AUTOMATAS,SUPERVISION Y CONTROL	47.097,00
CAP 14: PUESTA EN MARCHA Y ALECCIONAMIENTO DE PERSONAL	9.015,00
CAP 15: INGENIERIA DE DETALLE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS	11.620,00
<b>TOTAL EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS ALTERNATIVA 2</b>	<b>815.248,00</b>

#### **2.2.1 Inversión requerida en depósitos de proceso.**

Depósitos de hormigón armado "in situ"	€
Depósito homogenización: $\phi$ 20,00 m Ht = 5 m; Vútil= 1413 m <sup>3</sup>	58.942,72
Reactor SBR I: $\phi$ =17,7 m; H = 5,35 m; V = 1316 m <sup>3</sup>	50.756,15
Reactor SBR II: $\phi$ =17,7 m; H = 5,35 m; V = 1316 m <sup>3</sup>	50.756,15
Homogeneizador-espesador-estabilizador lodos: $\phi$ = 14,42; Ht = 5,2 m ; V = 750 m <sup>3</sup>	39.495,07
Depósito regulador salida D=14,42; ht=4,5; V=653 m <sup>3</sup>	31.596,06
<b>TOTAL DEPÓSITOS DE HORMIGÓN ARMADO ALTERNATIVA 2</b>	<b>231.546,15</b>

### 2.2.2 Inversión requerida en Obra Civil complementaria

Justificada en apéndice 3 se tiene:

Obra civil complementaria	€
CAP 1 : MOVIMIENTOS PREPARACION PARCELA	3.750,00
CAP 2 : CANAL DE RECEPCION Y TAMIZADO	7.744,68
CAP 3 : POZO BOMBEO AGUA BRUTA	11.754,50
CAP 4 : CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE	7.802,65
CAP 5 : FLOTADORES DAF	16.134,41
CAP 6 : CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE	5.274,45
CAP 7 : EDIFICIOS	76.000,00
CAP 8 : VARIOS	84.310,00
<b>TOTAL OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA ALTERNATIVA 2</b>	<b>191.361,83</b>

### 2.2.3 Inversión requerida en instalación eléctrica

Justificada la potencia instalada en apéndice 1 y los criterios anteriormente señalados se tiene la siguiente valoración de inversión

Instalación eléctrica	€
Acometida 500 kW	17.748,00
Cuadro general	47.411,00
Conexión a electromotores	59.159,00
<b>TOTAL INSTALACIÓN ELECTRICA ALTERNATIVA 2</b>	<b>124.318,00</b>

### 2.2.4 Inversión requerida en ingeniería de detalle

Ingeniería de detalle	€
Obra civil	16.916,32
Instalaciones	38.557,84
<b>TOTAL INGENIERIA DE DETALLE ALTERNATIVA 2</b>	<b>55.474,16</b>

### 2.2.5 Inversión total requerida

	€
Equipos	815.248,00
Depósitos	231.546,15
OC complementaria.	191.361,83
Instalación Eléctrica	124.318,00
Suma Obra civil + Equipos +Instalaciones	1.398.473,98
Ingeniería de detalle 4% s/inversión	55.474,16
<b>TOTAL INVERSIÓN ALTERNATIVA 2</b>	<b>1.453.948,14</b>

## 3 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.

Se analiza dicha viabilidad económica por comparación entre las dos opciones por diferencia de inversión y de los flujos que generan a partir de sus respectivas cuentas de explotación.

### 3.1 Diferencia de inversión

Indicadas anteriormente se tiene:

Inversión alternativa 1	1.624.124,28 €
Inversión alternativa 2	1.453.948,14 €
$\Delta$ inversión =	<b>170.176,14 €</b>

### 3.2 Cuentas de explotación previsible

Se considera los costes fijos y variables para los datos de partida:

- Caudal a depurar.
- Parámetros medios de entrada a EDAR
- Parámetros medios de salida de diseño
- Rendimientos a obtener.

Entre los costes fijos se tiene:

- Costes de personal
- Costes de análisis y control
- Costes generales (limpieza, teléfono etc.)
- Costes de mantenimiento
- Costes eléctricos por el término de potencia

Dichos costes son iguales en ambas opciones, salvo los dos últimos, los de mantenimiento y término de potencia por distinto nivel de inversión necesaria y potencia eléctrica instalada.

Entre los costes variables se han considerado para cada alternativa:

- Consumos eléctricos (término de energía)
- Consumo de reactivos
- Costes de evacuación y rechazo de lodos

#### 3.2.1 Datos de partida

##### CAUDALES.

Días de la semana (días/semana)	5
Caudal diario de diseño (m <sup>3</sup> /día).	1.200 m <sup>3</sup> /día
Caudal semanal (m <sup>3</sup> /semana).	6.000 m <sup>3</sup> /semana
Caudal año (m <sup>3</sup> /año).	312.000,0 m <sup>3</sup> /año

##### PARÁMETROS MEDIOS DE ENTRADA EDAR.

DBO5 (ppm).	2.250 ppm
DQO (ppm).	4.400 ppm
SS (ppm).	1.800 ppm
Ac. Y grasas (ppm)	300 ppm
Nt	385 ppm

pH	7
Coeficiente punta	1,25

**PARÁMETROS MEDIOS DE SALIDA DE DISEÑO.**

DBO5 (ppm).	25 ppm
DQO (ppm).	125 ppm
SS (ppm).	35 ppm
Aceites y grasas (ppm)	18 ppm
Nt	15 ppm
pH.	6-9

**RENDIMIENTOS.**

**DBO<sub>5</sub>**

Caudal diario	1.200 m <sup>3</sup> /día
DBO5 entrada	2,25 kg/m <sup>3</sup>
DBO5 salida	0,025 kg/m <sup>3</sup>
DBO5 eliminada	2,23 kg/m <sup>3</sup>
DBO5 eliminada	2.670 kg/día
Rendimiento (%)	98,89 %
Días/semana.	5
DBO5 eliminada	13.350 kg/semana
Semanas/año	52,0
DBO5 eliminada	694.200 kg/año

**DQO**

Caudal diario	1.200 m <sup>3</sup> /día
DQO entrada	4,40 kg/m <sup>3</sup>
DQO salida	0,13 kg/m <sup>3</sup>
DQO eliminada	4,28 kg/m <sup>3</sup>
DQO eliminada	5.130 kg/día
Rendimiento (%)	<b>97,16</b> %
Días/semana.	5
DQO eliminada en la semana	25.650 kg/semana
Semanas/año	52,0
DQO eliminada al año.	1.333.800 kg/año

**S.S.**

Caudal diario	1.200 m <sup>3</sup> /día
SS entrada	1,80 kg/m <sup>3</sup>
SS salida	0,04 kg/m <sup>3</sup>
SS eliminada	1,77 kg/m <sup>3</sup>
SS eliminada por día	2.118 kg/día
Rendimiento (%)	98,06 %
Días/semana.	5
SS eliminada a la semana	10.590 kg/semana
Semanas/año	52,0
SS eliminada al año	550.680 kg/año

**Aceites y grasas**

Caudal diario	1.200 m <sup>3</sup> /día
Aceites y grasas entrada	0,30 kg/m <sup>3</sup>
Aceites y grasas salida	0,018 kg/m <sup>3</sup>
Aceites y grasas eliminada	0,28 kg/m <sup>3</sup>

SS eliminada	338 kg/día
Rendimiento (%)	94,00 %
Días/semana.	5
Aceites y grasas eliminada a la semana	1.692 kg/semana
Semanas/año	52,0
SS eliminada al año	87.984 kg/año

### **3.2.2 Costes fijos**

#### **3.2.2.1.- COSTES DE PERSONAL.**

##### **JEFE DE PLANTA:**

Jornada laboral anual	1.760 h/año
Horas semanales	8,0 h/semana
Horas años	416 h/año
Dedicación jefe de planta.	23,64 %
Categoría jefe de planta.	TGM
Coste horario jefe de planta.	18,60 €/h
Coste año	7.737,60 €/año

##### **OFICIAL DE 1ª.**

Jornada laboral anual	1.760,00 h/año
Horas diarias	5,0 h/semana
Horas semanales	25 h/semana
Horas años	1.300 h/año
Dedicación oficial de 1ª	73,86 %
Categoría oficial de primera.	O-2
Coste horario oficial de primera	10,60 €/h
Coste año (	13.780,00 €/año

#### **Total costes anual del personal**

**21.517,60 €/año**

#### **3.2.2.2- ANÁLISIS Y CONTROL.**

##### **LÍNEA DE AGUA.**

Punto de muestreo:	2,00	
	Salida general.	
Análisis por punto de muestreo (Análisis/punto/mes).	1	
Análisis totales por mes (Análisis/mes).	6,00	
Coste por parámetros		
	pH	3,00 €
	Conductividad.	3,00 €
	S.S.	9,02 €
	NTK	15,03 €
	DBO <sub>5</sub>	15,03 €
	DQO	12,02 €
	Aceites y grasas.	15,03 €
Coste de un análisis línea de agua	72,13 €	
Nº de análisis año (Análisis/año).	72	
<b>Coste total en el año de la línea de agua</b>	<b>5.193 €/año</b>	

##### **LÍNEA DE LODOS.**

Punto de muestreo:	Salida de lodos.
Análisis mensuales por punto de muestreo	1
Análisis de lodos deshidratados.	
Materia volátil (550° C).	18,03 €
Materia seca (105° C)	24,04 €
pH	3 €
Coste de 1 análisis línea de lodos	45,07 €
Nº de análisis año (Análisis/año).	12
<b>Coste total en el año línea de lodos.</b>	<b>541 €/año</b>
<b>Total costes de análisis y control.</b>	<b>5.734,20 €/año</b>

### **3.2.2.3.- COSTES VARIOS.**

Limpieza.	250 €
Teléfono.	60 €
Agua potable.	60 €
Comunicaciones, mensajería, correos, etc.	45 €
Vestuario de personal.	167,74 €

	Ud.	€/ud	€
Botas	4	13,87	55,48
Monos impermeables	4	18,14	72,56
Guantes	10	2,69	26,9
Gafas protección.	2	6,4	12,8
			<u>167,74</u>

Seguridad y salud personal EDAR	401,61 €
---------------------------------	----------

	Ud	€/ud	€
Pequeña farmacia	1	77,57	77,57
h formación	20	12	240
Reconocimiento médico obligatorio	2	42,02	84,04
			<u>401,61</u>

<b>Total costes varios</b>	<b>984,35 €/año</b>
----------------------------	---------------------

### **3.2.2.4.- COSTES DE MANTENIMIENTO**

#### **Mantenimiento y conservación de equipos electromecánicos.**

	sol1 SR	SBR
Se estima 1% inversión en equipos		
Inversión prevista en equipos (€)	1.025.703	851.248
Total año (€/año)	10.257	8.512

#### **Mantenimiento y conservación generales de la planta.**

	sol1 SR	SBR
Se estima 0,5% de la obra civil		
Inversión prevista en obra civil (€)	429.806	422.908
Total año (€/año)	2.149	2.115

<b>Total año de mantenimiento y cons. (Euros).</b>	<b>12.406</b>	<b>10.627</b>
--	---------------	---------------

### **3.2.2.5.- COSTE TERMINO DE POTENCIA.**



Potencia contratada (kW).	316,54	394,39
Precio de la potencia (€/kW)	1,99554	1,99554
<b>Coste total año (€año).</b>	<b>7.580,02</b>	<b>9.444,26</b>

TOTAL COSTES FIJOS	Alt1 SR	Alt2 SBR
<b>COSTE TOTAL (€año)</b>	<b>48.222,31</b>	<b>48.307,50</b>
<b>COSTE POR M<sup>3</sup> DE AGUA TRATADA (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,15456</b>	<b>0,15483</b>

### 3.2.3 Costes variables

#### 3.2.3.1. Consumos eléctricos

	Alt1	Alt2 (SBR)
Precio de la energía (€/kWh).	0,080	0,080
Consumo de energía en el año (kWh/año).	1.329.443,6	1.311.416,4

TOTAL COSTES ELÉCTRICOS.

<b>Coste año de la energía (€/año).</b>	<b>106.355,49</b>	<b>104.913,31</b>
<b>Coste año por m<sup>3</sup> tratado (€/m<sup>3</sup>).</b>	<b>0,3409</b>	<b>0,3363</b>

#### 3.2.3.2. Consumo de reactivos.

	Alt1	Alt2 (SBR)
<b>Tipo de reactivo:</b> <i>Cloruro férrico o Policloruro de Aluminio</i>		
<b>Servicio:</b> Tratamiento químico línea de agua		
Dosis máxima (kg/m <sup>3</sup> )	0,2	0,4
Caudal diario (m <sup>3</sup> /día)	1.200	1.200
Consumo de Cloruro férrico (kg/día).	240	480
Días de trabajo (días/semana).	6,5	5
Consumo semanal de Cloruro férrico (kg/semana).	1.560	2.400
Semanas de trabajo en el año (Semanas/año).	52	52
Consumo en el año de cloruro férrico (kg/año).	81.120	124.800
Costes de Cloruro férrico (€/kg)	0,45	0,45
Coste en el año de Cloruro férrico (€/año).	36.504	56.160
Coste por m <sup>3</sup> tratado (€/m <sup>3</sup> ).	0,117	0,18
Coste por kg DQO eliminado (€/kg).	0,0274	0,0421

**Tipo de reactivo:** *Polielectrolito aniónico*

**Servicio:** Tratamiento químico línea de aguas

Dosis (kg/m <sup>3</sup> )	0,00	0,012
Caudal diario (m <sup>3</sup> /día)	0,00	1.200
Consumo polielectrolito diario (kg/día).	0,00	14
Días de trabajo (días/semana).	0,00	5
Consumo de polielectrolito An. (kg/semana).	0,00	72
Semanas de trabajo en el año (semanas/año).	0,00	52
Consumo en el año de polielectrolito An. (kg/año).	0,00	3.744
Costes de polielectrolito An. (€/kg)	0,00	3
Coste en el año de polielectrolito A (€/año).	0,00	11.269
Coste por m <sup>3</sup> tratado (€/m <sup>3</sup> ).	0,00	0,036

Coste por Kg DQO eliminado (€/kg).	0,00	0,008
------------------------------------	------	-------

**Tipo de reactivo:**

**Servicio: Deshidratación de lodos.**

Dosis máxima (Kg/Tm M.S.)	6	6
Carga diaria de Materia Seca (kg/día)	2.161	2.252
Consumo polielectrolito diario (kg/día).	12,966	13,512
Días de trabajo (días/semana).	5	5
Consumo semanal de polielectrolito (kg/semana).	64,83	67,56
Semanas de trabajo en el año (Semanas/año).	52	52
Consumo en el año de polielectrolito (kg/año).	3371,16	3513,12
Costes de polielectrolito (€/kg)	3,01	3,01
Coste en el año de polielectrolito (€/año).	10.147,2	10.574,5
Coste por m <sup>3</sup> tratado (€/m <sup>3</sup> ).	0,0325	0,0339
Coste por kg DQO eliminado (€/kg).	0,0076	0,0079
TOTAL COSTES DE REACTIVOS.		
<b>Coste año de reactivos (€/año).</b>	<b>46.651,19</b>	<b>78.003,93</b>
<b>Coste de reactivo por m<sup>3</sup> tratado (€/m<sup>3</sup>).</b>	<b>0,150</b>	<b>0,250</b>
<b>Costes reactivos por kg DQO eliminado (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,035</b>	<b>0,058</b>

**3.2.3.3. Evacuación de rechazos y lodos.**

**Alt1      Atl2 (SBR)**

**3.2.3.3.1. Rechazos pretratamiento.**

Caudal (m <sup>3</sup> /día)	1.200	1.200
Rechazo (%)	0,05	0,05
Volumen de rechazo diario (m <sup>3</sup> /día).	0,60	0,60
Volumen de rechazo semanal (m <sup>3</sup> /semana).	0,70	0,70
Capacidad del contenedor (m <sup>3</sup> ).	4,00	4,00
Volumen de rechazo anual (m <sup>3</sup> /año).	36,40	36,40
Peso de rechazo anual (kg).	36.400	36.400
Contenedores por semana (Cont./semana).	0,18	0,18
Contenedores adoptados por semana (Cont./semana).	0,25	0,25
Contenedores cada mes (Cont./mes).	1,00	1,00
Contenedores año (Contenedores/año).	12	12

**Costes de transporte.**

**Alt1      Atl2 (SBR)**

Distancia a la explotación (km).	40	40
Porcentaje de rechazos que van a reutilización (%).	100	100
Tarifa de transporte (€/km).	0,60	0,60
Coste de transporte para 1 contenedor (€/Cont.).	24	24
Contenedores por semana (Cont./semana).	0,18	0,18
Contenedores año (Cont./año).	12	12
Coste de transporte año (€).	288,48	288,48

**Costes de gestión.**

Costes de gestión (€/kg).	0,069	0,069
Coste de gestión (€/año).	2.511,60	2.511,60

**TOTAL COSTES RECHAZOS PRETRATAMIENTO.**

Costes totales rechazos de pretratamiento (€/año).	2.800,08	2.800,08
Coste rechazos de pretrat. por m <sup>3</sup> tratado (€/m <sup>3</sup> ).	0,0090	0,0090

### 3.2.3.3.2. Lodos deshidratados.

	Alt1	Alt2 (SBR)
Carga diaria de lodos (kg/día).	2.161,0	2.589,8
Días de trabajo (días/semana).	5,0	5,0
Nº de horas diarias de trabajo.	14,0	14,0
Carga de tratamiento (kg/h).	154,4	185,0
Concentración media de salida (%).	20,0	20,0
<b>Volumen medio diario de lodos (m<sup>3</sup>/día).</b>	10,81	12,95
Volumen semanal lodos (m <sup>3</sup> /semana).	54,03	64,75
Contenedores semanales (24 m <sup>3</sup> /contenedor).	5,40	5,40
Contenedores semanales adoptados. (Cont./semanal).	5,00	5,00
Semanas de trabajo en el año (Semanas/año).	52	52
Volumen año de lodos (m <sup>3</sup> /año).	2.809,3	3.366,7
Densidad de la torta (t/m <sup>3</sup> ).	1,05	1,05
Lodos producidos en el año (t/año).	2.949,77	3.535,08
Lodos a evacuar en el año (t/año).	2.949,77	3.535,08

### 3.2.3.3.2 Destino de los lodos.

#### Reutilización agrícola o compostaje.

	Alt1	Alt2 (SBR)
<b>Costes de transporte.</b>		
Porcentaje de lodos que van a reutilización (%).	100	100
Coste de transporte para 1 contenedor (€/Cont.).	200	200
Contenedores semanales (Cont./semana).	11	10
Contenedores reutilización (Cont./semana).	11	10
Contenedores en el año (Cont./año).	572	520
Coste de transporte (€/año).	114.400	104.000
<b>Costes de reutilización.</b>		
Costes de reutilización (€/kg).	0,015	0,015
Coste de reutilización (€/año).	44.246,48	53.026,16
<b>TOTAL COSTES DE REUTILIZACIÓN.</b>		
Costes totales de reutilización (€/año).	158.646,48	157.026,16
Coste de reutilización por m <sup>3</sup> tratado (€/m <sup>3</sup> ).	0,51	0,50
<b>TOTAL COSTES EVACUACIÓN Y GESTIÓN DE RECHAZOS Y LODOS.</b>		
<b>Costes totales (€/año).</b>	<b>161.446,56</b>	<b>159.826,24</b>
<b>Coste por m<sup>3</sup> tratado (€/m<sup>3</sup>).</b>	<b>0,517</b>	<b>0,512</b>
<b>Costes por Kg DQO eliminado (€/kg)</b>	<b>0,121</b>	<b>0,120</b>

<b>TOTAL COSTES VARIABLES.</b>	<b>Alt1</b>	<b>Alt2 (SBR)</b>
TOTAL COSTES ELÉCTRICOS (€)	106.355,49	104.913,31
TOTAL COSTES DE REACTIVOS (€).	46.651,19	78.003,93
TOTAL COSTES EVACUACIÓN (€).	161.446,56	159.826,24
<b>TOTAL COSTES VARIABLES (€/año)</b>	<b>314.453,24</b>	<b>342.743,47</b>

### 3.2.4 Resumen costes explotación

<b>TOTAL COSTES FIJOS.</b>	<b>Alt1</b>	<b>Alt2 (SBR)</b>
<i>Costes de personal.</i>	21.517,60	21.517,60
<i>Costes de análisis y control.</i>	5.734,27	5.734,27
<i>Costes varios.</i>	984,35	984,35
<i>Coste de mantenimiento y conservación.</i>	12.406,06	10.627,02
<i>Costes del término de potencia.</i>	7.580,02	9.444,26
<b>COSTE TOTAL (€/año).</b>	<b>48.222,31</b>	<b>48.307,50</b>
<b>COSTE/M<sup>3</sup> DE AGUA TRATADA (€/m<sup>3</sup>).</b>	<b>0,1546</b>	<b>0,1548</b>
<b>COSTE POR kg DQO eliminado (€/kg)</b>	<b>0,036</b>	<b>0,036</b>

<b>TOTAL COSTES VARIABLES.</b>	<b>Alt1</b>	<b>Alt2 (SBR)</b>
<i>Costes eléctricos (€)</i>	106.355,49	104.913,31
<i>Costes de reactivos (€).</i>	46.651,19	78.003,93
<i>Costes de evacuación (€)</i>	161.446,56	159.826,24
<b>COSTE TOTAL (€/año)</b>	<b>314.453,24</b>	<b>342.743,47</b>
<b>COSTE POR m<sup>3</sup> TRATADO (€/m<sup>3</sup>).</b>	<b>1,0079</b>	<b>1,0985</b>
<b>COSTE POR kg DQO eliminado (€/kg)</b>	<b>0,2358</b>	<b>0,2570</b>

<b>COSTES TOTALES ANUALES</b>	<b>Alt1</b>	<b>Alt2 (SBR)</b>
<i>COSTES FIJOS (€/año).</i>	48.222,31	48.307,50
<i>COSTES VARIABLES (€/año).</i>	314.453,24	342.743,47
<b>COSTE TOTAL (€/año)</b>	<b>362.675,54</b>	<b>391.050,98</b>
<b>COSTE TOTAL/m<sup>3</sup> TRATADO (€/m<sup>3</sup>).</b>	<b>1,1624</b>	<b>1,2534</b>
<b>COSTE TOTAL/ kg DQO eliminado (€/kg)</b>	<b>0,2719</b>	<b>0,2932</b>

### 3.2.5 Influencia de los costes sobre el total

<b>INFLUENCIA DE COSTES SOBRE EL TOTAL</b>	<b>Alt1</b>	<b>Alt2 (SBR)</b>
<i>Costes de personal (%).</i>	5,93	5,50
<i>Costes de análisis y control (%).</i>	1,58	1,47
<i>Costes varios (%).</i>	0,27	0,25
<i>Coste de mantenimiento y conservación (%)</i>	3,42	2,72
<i>Costes del término de potencia (%).</i>	2,09	2,42
<i>Costes eléctricos (%)</i>	31,42	29,24
<i>Costes de reactivos (%).</i>	12,86	19,95
<i>Costes de evacuación (%).</i>	44,52	40,87

### 3.3 Diferencia de inversión y flujos de caja. Análisis económico.

Se considera el incremento de inversión de la alternativa 1 con respecto a la alternativa 2, así como la diferencia de pagos que genera la explotación de ambas alternativas anteriormente justificadas.

#### 3.3.1 Inversiones consideradas

Concepto inversión	Alternativa 1 €	Alternativa 2 €	Δ de inversión €
Equipos electromecánicos	1.025.703	851.248	
Depósitos hormigón	256.102	231.546	
O.C. Complementaria	178.891	191.362	
Instalación eléctrica	100.962	124.318	
Ingeniería de detalle	62.259	55.474	
<b>Total</b>	<b>1.624.124</b>	<b>1.453.948</b>	<b>170.176</b>

#### 3.3.2 Diferencia de pagos

COSTESEXPLOTACIÓN.	Alternativa 1	Alternativa 2	Diferencia costes
<b>FIJOS (€/año)</b>	<b>48.222,31</b>	<b>48.307,50</b>	<b>- 85,19</b>
<b>VARIABLES (€/año)</b>	<b>314.453,24</b>	<b>342.743,47</b>	<b>- 28.290,23</b>
<b>TOTAL (€/año)</b>	<b>362.675,54</b>	<b>391.050,98</b>	<b>- 28.375,43</b>

El ahorro anual de 28.375,44 €/año que se obtienen por diferencia entre la alternativa 1 y la alternativa 2 se analizan seguidamente para un incremento de inversión de 170.176 € que representa la elección de la alternativa 1 con respecto a la 2.

#### 3.3.3 Evaluación económica

Se considera el análisis a 10 años de vida a efectos de evaluación

No se considera valor residual

	Flujos €	Tasas actualización		
		8%	10%	12%
Δ inversión	-170.175,54	-170.175,55	-170.175,55	-170.175,55
año 1	28.375,43	26.273,55	25.795,85	25.335,21
año 2	28.375,43	24.327,36	23.450,77	22.620,72
año 3	28.375,43	22.525,33	21.318,88	20.197,07
año 4	28.375,43	20.856,79	19.380,80	18.033,10
año 5	28.375,43	19.311,84	17.618,91	16.100,98
año 6	28.375,43	17.881,34	16.017,19	14.375,88
año 7	28.375,43	16.556,79	14.561,08	12.835,60
año 8	28.375,43	15.330,36	13.237,35	11.460,36
año 9	28.375,43	14.194,78	12.033,95	10.232,47
año 10	28.375,43	13.143,32	10.939,96	9.136,13
VAN		20.225,28	4.178,57	- 9.848,65
Año recuperación		9	10	11

Resultando **TIR = 10,6%** por lo que **se adopta la solución de la alternativa 1, es decir aireación prolongada a baja carga y sin reactivos.**

## Apéndice 1 Justificación potencia eléctrica instalada y consumo de energía

CONSUMOS Alternativa 1	Pot. (kW)	Abs/ins.	Pot. Abs.(kW)	h/día	Dias/Año	Cons. Anual(kW·h)
<b>TAMIZADO</b>						
Motorreductor tamiz inclinado 1	1,50	0,6	0,90	4,20	260,0	982,8
Motorreductor tamiz inclinado 2	1,50	0,6	0,90	4,20	260,0	982,8
Bomba limpiezas tamices	1,10	0,7	0,77	2,80	260,0	560,6
<b>BOMBEO DE AGUA BRUTA</b>						
Bomba de agua bruta 1	5,50	0,75	4,13	4,00	260,0	4.290,0
Bomba de agua bruta 2	5,50	0,75	4,13	4,00	260,0	4.290,0
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
<b>DESENGRASE</b>						
Aireador CAF 1	0,75	0,75	0,56	12,00	260,0	1.755,0
Aireador CAF 2	0,75	0,75	0,56	12,00	260,0	1.755,0
Puente barredor superficial	0,37	0,70	0,26	12,00	260,0	808,1
Transportador sinfin	1,50	0,70	1,05	6,00	260,0	1.638,0
<b>HOMOGENIZACION</b>						
Bomba recirculación en riñón homogenización 1	11,00	0,75	8,25	24,00	325,0	64.350,0
Bomba recirculación en riñón homogenización 2	11,00	0,75	8,25	12,00	325,0	32.175,0
Soplante homogenización 1	22,00	0,75	16,50	24,00	325,0	128.700,0
Soplante homogenización 2	22,00	0,75	16,50	12,00	325,0	64.350,0
Ventilador cabina de insonorización 1	0,18	0,75	0,14	24,00	325,0	1.053,0
Ventilador cabina de insonorización 2	0,18	0,75	0,14	12,00	325,0	526,5
Bomba salida homogenización 1	7,50	0,75	5,63	24,00	325,0	43.875,0
Bomba salida homogenización 2	7,50	0,75	5,63	24,00	325,0	43.875,0
Variador de frecuencia. 3 Kw	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
Caudalímetro electromagnético	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
<b>FLOTACION DAF</b>						
Bomba presurización	18,00	0,75	13,50	24,00	312,0	101.088,0
Electroválvula aporte de aire N.A. (DAF)	0,08	0,75	0,06	16,00	45,0	691,2
Puente barredor superficial (DAF)	0,37	0,75	0,28	15,75	345,0	1.507,9
Compresor línea de aire	3,00	0,75	2,25	5,25	325,0	3.839,1
Bomba mono fangos 1º 1	1,50	0,65	0,98	3,50	325,0	1.109,1
Bomba mono fangos 1º 2	1,50	0,65	0,98	3,50	325,0	1.109,1
Caudalímetro electromagnético (fangos 1º)	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
Medidor de nivel hidrostático (compartimento fangos)	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
<b>REACTOR BIOLÓGICO</b>						
Agitador cámara anóxica	5,00	0,75	3,75	24,00	365,0	32.850,0
Bomba recirculación en riñón Reactor biológico 1	22,00	0,75	16,50	24,00	325,0	128.700,0
Bomba recirculación en riñón Reactor biológico 2	22,00	0,75	16,50	16,38	325,0	87.824,2
Soplante reactor biológico 1	22,00	0,75	16,50	16,50	325,0	88.481,3
Soplante reactor biológico 2	22,00	0,75	16,50	16,50	325,0	88.481,3
Ventilador cabina de insonorización 1	0,18	0,70	0,13	16,50	325,0	675,7
Ventilador cabina de insonorización 2	0,18	0,70	0,13	16,50	325,0	675,7
Bomba recirculación interna Reactor biológico 1	3,00	0,70	2,10	12,00	325,0	8.190,0
Bomba recirculación interna Reactor biológico 2	3,00	0,70	2,10	12,00	325,0	8.190,0
Medidor de oxígeno disuelto	0,10	0,70	0,07	24,00	365,0	613,2
<b>ELIMINACION DE FOSFORO</b>						
Bomba dosificadora policloruro de aluminio	0,18	0,75	0,14	24,00	325,0	1.053,0

<b>CONSUMOS Alternativa 1 (cont)</b>	<b>Pot. (kW)</b>	<b>Abs/ins.</b>	<b>Pot. Abs.(kW)</b>	<b>h/día</b>	<b>Días/Año</b>	<b>Cons. Anual(kW-h)</b>
<b>DECANTADOR SECUNDARIO</b>						
Puente barredor	0,37	0,65	0,24	24,00	365,0	2.106,8
<b>RECIRCULACION-EXTRACC.DE LODOS</b>						
Bomba recirculación externa de fangos 2º. 1	3,00	0,75	2,25	12,00	365,0	9.855,0
Bomba recirculación externa de fangos 2º. 2	3,00	0,75	2,25	12,00	365,0	9.855,0
Bomba extracción de fangos 2º. 1	1,50	0,75	1,13	1,8	325,0	658,1
Bomba extracción de fangos 2º. 2	1,50	0,75	1,13	1,8	325,0	658,1
<b>ARQUETA GENERAL DE SALIDA</b>						
Grupo de presión agua industrial	1,50	0,75	1,13	1,00	325,0	365,6
Medidor ultrasonidos	0,10	0,70	0,08	24	365	657,0
<b>DIGESTOR AEROBIO DE FANGOS</b>						
Bomba recirculación en riñón digestor fangos 1	15,00	0,75	11,25	21,00	365,0	86.231,3
Bomba recirculación en riñón digestor fangos 2	15,00	0,75	11,25	21,00	365,0	86.231,3
Soplante digestor fangos	30,00	0,75	22,50	16,00	325,0	117.000,0
Ventilador cabina de insonorización	0,18	0,75	0,14	16,00	325,0	702,0
Electroválvula aporte de aire (Purga clarificados)	0,08	0,75	0,06	2,00	325,0	39,0
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
<b>DESHIDRATACIÓN DE LODOS</b>						
Bomba mono alimentación centrífuga	1,50	0,65	0,98	17,00	260,0	4.309,5
Variador de frecuencia. 1,5 kW	0,08	0,75	0,06	24,00	365,0	525,6
Centrífuga	11,00	0,75	8,25	17,00	260,0	36.465,0
Rascador lodos centrífuga.	0,37	0,75	0,28	17,00	260,0	1.226,6
Electroválvula Lavado Centrífuga	0,08	0,75	0,06	0,10	260,0	1,6
Electroválvula lavado de tuberías.	0,08	0,75	0,06	0,10	260,0	1,6
Electroválvula dilución de poli	0,08	0,75	0,06	2,00	260,0	31,2
Bomba mono poli. Diluido.	0,37	0,75	0,28	17,00	260,0	1.226,6
Variador de frecuencia 0,37 kW	0,08	0,75	0,06	24,00	365,0	525,6
Bomba polielectrolito concentrado	0,25	0,75	0,19	2,00	260,0	97,5
Electro agitador polielectrolito.	1,50	0,75	1,13	16,00	365,0	6.570,0
Transportador sinfín fango deshidratado	1,50	0,75	1,13	16,00	365,0	6.570,0
<b>BOMBEO DE DRENAJES</b>						
Bomba de drenajes 1	1,90	0,75	1,43	2,55	260,0	944,8
Bomba de drenajes 2	1,90	0,75	1,43	2,55	260,0	944,8
<b>TOTAL</b>	<b>316,54</b>		<b>234,80</b>			<b>1.329.443,6</b>



CONSUMOS Alternativa 2	Pot. (kW)	Abs/ins.	Abs	h/día	días/año	kW-h/año
<b>TAMIZADO</b>						
Motorreductor tamiz inclinado 1	1,50	0,6	0,90	4,2	260,00	982,80
Motorreductor tamiz inclinado 1	1,50	0,6	0,90	4,2	260,00	982,80
Bomba limpiezas tamices	1,10	0,7	0,77	2,8	260,00	560,56
<b>BOMBEO DE AGUA BRUTA Y PREHOM.</b>						
Bomba de agua bruta 1	5,50	0,75	4,13	4,00	260,0	4.290,00
Bomba de agua bruta 2	5,50	0,75	4,13	4,00	260,0	4.290,00
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,00
Caudalímetro electromagnético	0,00					
<b>TRATAMIENTO QUIMICO</b>						
Bomba dosificadora policloruro de aluminio	0,18	0,75	0,14	13,30	260,0	467,08
Bomba dosificadora polielectrolito preparado	0,25	0,75	0,19	13,30	260,0	648,62
Variador de frecuencia. 0,25 kW	0,08	0,75	0,06	24,00	365,0	525,60
Equipo de preparación poli A	1,70	0,75	1,28	16,00	360,0	7.344,00
<b>FLOTACION DAF</b>						
Bomba presurización	18,00	0,75	13,50	13,30	260,0	46.683,00
Electroválvula aporte de aire (DAF)	0,08	0,75	0,06	3,70	260,0	57,72
Puente barredor superficial (DAF)	0,37	0,75	0,28	13,30	312,0	1.151,51
Compresor línea de aire	3,00	0,75	2,25	2,00	260,0	1.170,00
Bomba mono fangos 1º 1	2,20	0,65	1,43	3,50	260,0	1.301,30
Bomba mono fangos 1º 2	2,20	0,65	1,43	3,50	260,0	1.301,30
Caudalímetro electromagnético (fangos 1º)	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,00
Medidor de nivel hidrostático (compartimiento fangos)	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,00
Agitador tanque selector	3,00	0,75	2,25	24,00	365,0	19.710,00
Bomba de agua bruta 1 a homogenización	2,00	0,75	1,50	6,90	260,0	2.691,00
Bomba de agua bruta 2 a homogenización	2,00	0,75	1,50	6,90	260,0	2.691,00
<b>HOMOGENIZACION-PULMON</b>						
Bomba recirculación en riñón homogenización 1	11,00	0,75	8,25	24,00	325,0	64.350,00
Bomba recirculación en riñón homogenización 2	11,00	0,75	8,25	18,00	325,0	48.262,50
Soplante homogenización 1	22,00	0,75	16,50	24,00	325,0	128.700,00
Soplante homogenización 2	22,00	0,75	16,50	18,00	325,0	96.525,00
Ventilador cabina de insonorización 1	0,18	0,75	0,14	24,00	325,0	1.053,00
Ventilador cabina de insonorización 1	0,18	0,75	0,14	12,00	325,0	526,50
Bomba salida homogenización 1	7,50	0,75	5,63	4,00	260,0	5.850,00
Bomba salida homogenización 2	7,50	0,75	5,63	4,00	260,0	5.850,00
Caudalímetro electromagnético	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,00
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,00
Variador frecuencia	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,00
<b>REACTOR BIOLÓGICO</b>						
Bomba recirculación en riñón 1 SBR I	15,00	0,80	12,00	18,00	365,00	78.840,00
Bomba recirculación en riñón 2 SBR I	15,00	0,80	12,00	12,00	260,00	37.440,00
Soplante 1 SBR I	22,00	0,80	17,60	12,00	365,00	77.088,00
Soplante 2 SBR I	22,00	0,80	17,60	12,00	260,00	54.912,00
Ventilador cabina de insonorización 2	0,18	0,70	0,13	12,00	365,00	551,88
Ventilador cabina de insonorización 1	0,18	0,70	0,13	12,00	260,00	393,12
Electroválvula salida decanter	5,50	0,75	4,13	2,00	260,00	2.145,00
Electroválvula limpieza decanter	5,50	0,75	4,13	0,40	260,00	429,00
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,00	657,00
Medidor de oxígeno disuelto	0,10	0,75	0,08	24,00	365,00	657,00
Bomba recirculación en riñón 1 SBR II	15,00	0,80	12,00	18,00	365,00	78.840,00
Bomba recirculación en riñón 2 SBR II	15,00	0,80	12,00	12,00	260,00	37.440,00

**Proyecto de instalación de depuradora para el tratamiento de 1200 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales procedentes de industria de matadero de aves y sala de despiece anexa situados en el T.M. de Bellvís (Pla d'Urgell)**

<b>CONSUMOS Alternativa 2 (cont.)</b>	<b>Pot. (kW)</b>	<b>Abs/ins.</b>	<b>Abs</b>	<b>h/día</b>	<b>días/año</b>	<b>kW-h/año</b>
Soplante 1 SBR II	22,00	0,80	17,60	12,00	365,00	77.088,00
Soplante 2 SBR II	22,00	0,80	17,60	12,00	260,00	54.912,00
Ventilador cabina de insonorización 2	0,18	0,70	0,13	12,00	365,00	551,88
Ventilador cabina de insonorización 1	0,18	0,70	0,13	12,00	260,00	393,12
Electroválvula salida decanter	5,50	0,75	4,13	2,00	260,00	2.145,00
Electroválvula limpieza decanter	5,50	0,75	4,13	0,40	260,00	429,00
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,00	657,00
Medidor de oxígeno disuelto	0,10	0,75	0,08	24,00	365,00	657,00
<b>EXTRACCION DE LODOS BIOLÓGICOS</b>						
Bomba extracción de fangos 2º.	1,50	0,75	1,13	2	260,00	585,00
Bomba extracción de fangos 2º.	1,50	0,75	1,13	2	260,00	585,00
<b>SALIDA GENERAL Y SERVICIOS</b>						
Electroválvula salida	5,50	0,75	4,13	1	260,00	1.072,50
Grupo de presión agua industrial	1,50	0,75	1,13	1	260,00	292,50
Medidor ultrasonidos	0,10	0,75	0,08	24	260,00	468,00
<b>DIGESTOR AEROBIO DE FANGOS</b>						
Bomba recirculación en riñón digestor fangos 1	15,00	0,75	11,25	21,00	365,0	86.231,3
Bomba recirculación en riñón digestor fangos 2	15,00	0,75	11,25	21,00	365,0	86.231,3
Soplante digestor fangos	30,00	0,75	22,50	16,00	325,0	117.000,0
Ventilador cabina de insonorización	0,18	0,75	0,14	16,00	325,0	702,0
Electroválvula aporte de aire (Purga clarificados)	0,08	0,75	0,06	2,00	325,0	39,0
Medidor de nivel hidrostático	0,10	0,75	0,08	24,00	365,0	657,0
<b>DESHIDRATACIÓN DE LODOS</b>						
Bomba mono alimentación centrífuga	1,50	0,65	0,98	17,00	260,0	4.309,5
Variador de frecuencia. 1,5 kW	0,08	0,75	0,06	24,00	365,0	525,6
Centrífuga.	11,00	0,75	8,25	17,00	260,0	36.465,0
Rascador lodos centrífuga.	0,37	0,75	0,28	17,00	260,0	1.226,6
Electroválvula Lavado Centrífuga	0,08	0,75	0,06	0,10	260,0	1,56
Electroválvula lavado de tuberías.	0,08	0,75	0,06	0,10	260,0	1,6
Electroválvula dilución de poli	0,08	0,75	0,06	2,00	260,0	31,2
Bomba mono poli. Diluido.	0,37	0,75	0,28	17,00	260,0	1.226,6
Variador de frecuencia. 0,37 kW	0,08	0,75	0,06	24,00	365,0	525,6
Bomba polielectrolito concentrado	0,25	0,75	0,19	2,00	260,0	97,5
Electro agitador polielectrolito.	1,50	0,75	1,13	16,00	365,0	6.570,0
Transportador sinfin fango deshidratado	1,50	0,75	1,13	16,00	365,0	6.570,0
<b>BOMBEO DE DRENAJES</b>						
Bomba de drenajes 1	1,90	0,75	1,43	2,55	260,0	944,8
Bomba de drenajes 2	1,90	0,75	1,43	2,55	260,0	944,8
<b>TOTAL</b>	<b>394,39</b>		<b>302,06</b>			<b>1.311.417,0</b>

**Apéndice 2 Obra civil complementaria de las alternativas estudiadas**

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
<b>CAP 1 : MOVIMIENTOS PREPARACION PARCELA</b>										
1.1	m2 Desbroce y limpieza superficial	1	100	50		5000	5000	0,3	1.500,00	
1.2	m3 Transporte a vertedero próximo a la parcela	1	100	50	0,3	1500	1500	1,5	2.250,00	
										3.750,00
<b>CAP 2 : CANAL DE RECEPCION Y TAMIZADO</b>										
2.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1	7	4	3,8	106,4	106,4	3	319,20	
2.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido, vibrado. Terminado (Formación de tabique de acceso a tamiz)	1	7	4	0,1	2,8				
		1	5	1,1	1,25	6,875				
							9,675	63,33	612,72	
2.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	5	2	0,3	3				
		2	5	0,25	3	7,5				
		2	2	0,25	3	3				
							13,5	92,15	1.244,03	
2.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras, colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	13,5			1620	1620	1,1	1.782,00	
2.5	m Junta de estanqueidad hidroexpansiva tipo bonding, colocada.	2	5			10				
		2	2			4				
							14	12	168,00	
2.6	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	5		0,3	3				
		2	4		0,3	2,4				
		4	5		3	60				
		4	2		3	24				

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
2.7	m3 Relleno tierras procedentes excavación compactado	1	106,4				89,4	25,84	2.310,10	
	a deducir		46,75			59,65	59,65	18,02	1.074,89	
2.8	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra	1,3	46,75			58,4375	58,4375	4	233,75	
<b>CAP 3 : POZO BOMBEO AGUA BRUTA</b>										7.744,68
3.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1	6	5	5,5	165	165	5	825,00	
3.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido, vibrado. Terminado	1	6	5	0,1	3	3	63,33	189,99	
3.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	4	3	0,25	3				
		2	4	0,25	5,15	10,3				
		2	3	0,25	5,15	7,725				
							21,025	92,15	1.937,45	
3.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras, colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	21,025			2523	2523	1,1	2.775,30	
3.5	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	4		0,3	2,4				
		2	3		0,3	1,8				
		4	4		5,15	82,4				
		4	3		5,15	61,8				
							148,4	25,84	3.834,66	

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
3.6	m3 Relleno tierras procedentes d excavación, compactado	1	165							
	a deducir		60			105	105	18,02	1.892,10	
3.7	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra.	1,3	60			75	75	4	300,00	
<b>CAP 4 : DESENGRASE CAF</b>										11.754,50
4.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1	9,2	3,2	0,4	11,776	11,776	5	58,88	
4.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido, vibrado. Terminado	1	9,2	3,2	0,1	2,944	2,944	63,33	186,44	
4.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	9,2	3,2	0,4	11,776				
		2	8,6	0,3	4,5	23,22				
		2	2	0,3	4,5	5,4				
							40,396	92,15	3.722,49	
4.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras, colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	40,396			4847,52	4847,52	1,1	5.332,27	
4.5	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	9,2		0,4	7,36				
		2	3,2		0,4	2,56				
		4	8,6		4,5	154,8				
		4	2		4,5	36				
							200,72	25,84	5.186,60	

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
4.6	m Junta de estanqueidad hidroexpansiva tipo bonding o similar, colocada.	2	8,6			17,2				
		2	3,6			7,2				
							24,4	12	292,80	
4.7	m3 Relleno con tierras procedentes de la excavación compactado a deducir	1	11,776							
			6,4			5,376	5,376	18,02	96,88	
4.8	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra.	1,3	6,4			8	8	4	32,00	
										14.908,37
	<b>CAP 5 : FLOTADORES DAF</b>									
5.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1,2	9,5	3,5	0,4	15,96	15,96	3	47,88	
5.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido, vibrado. Terminado	1	9,5	3,5	0,1	3,325	3,325	63,33	210,57	
5.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	8,5	2,5	0,3	6,375				
		2	8,5	0,3	5	25,5				
		4	2	0,3	5	12				
							43,875	92,15	4.043,08	
5.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras, colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	43,875			5265	5265	1,1	5.791,50	
5.5	m Junta de estanqueidad hidroexpansiva tipo bonding, colocada.	2	8,5			17				

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
5.6	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	2			4	21	12	252,00	
		2	8,5		0,3	5,1				
		2	3,5		0,3	2,1				
		4	8,5		5	170				
		4	2		5	40				
5.7	m3 Relleno tierras procedentes de la excavación, compactado					217,2	25,84	5.612,45		
	a deducir	1	15,96							
5.8	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra.		8,5			7,46	7,46	18,02	134,43	
		1,3	8,5			10,625	10,625	4	42,50	
<b>CAP 6 : CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE</b>										16.134,41
6.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1,2	6	6	0,4	17,28	17,28	3	51,84	
6.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido, vibrado. Terminado	1	6	6	0,1	3,6	3,6	63,33	227,99	
6.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	5,5	5,5	0,15	4,5375				
		2	5	0,3	1	3				
		2	5	0,3	1	3				
						10,5375	92,15	971,03		

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
6.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras, colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	10,5375			1264,5	1264,5	1,1	1.390,95	
6.5	m Junta de estanqueidad hidroexpansiva tipo bonding, colocada.	2	5			10				
		2	2			4				
							14	12	168,00	
6.6	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	5,5		0,15	1,65				
		2	6		0,15	1,8				
		4	5		1	20				
		4	5		1	20				
							43,45	25,84	1.122,75	
6.7	m3 Relleno con tierras procedentes de la excavación compactado a deducir	1	17,28							
			14,4			2,88	2,88	18,02	51,90	
6.8	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra.	1,3	14,4			18	18	5	90,00	
6.9	Impermeabilización interior con resino PRFV-V antiácido.	2	5			10				
		2	5			10				
							20	60	1.200,00	
										5.274,45



Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
<b>CAP 7 : EDIFICIOS</b>										
7.1	Edificio de explotación principal (zona control y equipos: 3 m)	1	8	5		40				
7.2	Edificio de deshidratación de fangos (altura : 5 m)	1	8	5		40				
							80	400	32.000,00	
<b>CAP 8 : VARIOS</b>										
8.1	P.A. Red de aguas DN 400-350-315- PVC PN 10 atm, tramos aéreos en inox 304.Incluso pp obra civil enterramiento. (aprox. 140 m.)	1	1			1	1	10500	10.500,00	
8.2	P.A. Red de lodos DN 110 con pp obra civil (57 m de zanja y enterramiento, 25 m. de tubería a edificio deshidratación)	1	1			1	1	1500	1.500,00	
8.3	P.A. para canalizaciones eléctricas interiores enterradas en PVC DN 110 mm con pp de arquetas	1	1			1	1	8750	8.750,00	
8.4	P.A. para conducciones de drenajes interiores enterradas en PVC DN 315-110 mm con pp de arquetas	1	1			1	1	8750	7.500,00	
8.5	P.A. Red de agua de servicios potable	1	1			1	1	1250	7.500,00	
8.6	P.A. para construcción de canal general de salida..	1	1			1	1	1875	7.500,00	
8.7	P.A. Soleras y bancadas	1	1			1	1	1875	7.500,00	
8.8	P.A. Iluminación exterior-interior	1	1			1	1	1500	7.500,00	
8.9	P.A. Red de tierras	1	1			1	1	2250	7.500,00	
8.10	P.A. Acabado explanación con zahorra compactada.	1	1			1	1	1500	7.500,00	
8.11	P.A. Acabado explanación con pavimentación de hormigón y simple mallazo	1	1			1	1	3125	7.500,00	32.000,00

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OPCIÓN 1	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
8.12	P.A. Arqueta acometida eléctrica y salida de cond. eléctricas de 1000 x 500 mm y 1 m de profundidad. Con tapa resistente.	1	1			1	1	625	625,00	
8.13	P.A. Pozo de bombeo de drenajes a ejecutar con anillos de hormigón armado prefabricado de 2m de diámetro. Ht: 4 m.	1	1			1	1	3750	3.750,00	
8.14	P.A. Seguridad y salud	1	1			1	1	2200	2.200,00	
IMPORTE TOTAL ESTIMACION OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP-1										87.325,00
IMPORTE TOTAL ESTIMACION OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP-1										178.891,41

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP 2	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
<b>CAP 1 : MOVIMIENTOS PREPARACION PARCELA</b>										
1.1	m2 Desbroce y limpieza superficial	1	100	50		5000	5000	0,3	1.500,00	
1.2	m3 Transporte a vertedero próximo a la parcela	1	100	50	0,3	1500	1500	1,5	2.250,00	
										3.750,00
<b>CAP 2 : CANAL DE RECEPCION Y TAMIZADO</b>										
2.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1	7	4	3,8	106,4	106,4	3	319,20	
2.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido, vibrado. Terminado	1	7	4	0,1	2,8				
	(Formación de tabique de acceso a tamiz)	1	5	1,1	1,25	6,875				
							9,675	63,33	612,72	
2.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	5	2	0,3	3				

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP 2	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
		2	5	0,25	3	7,5				
		2	2	0,25	3	3				
2.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras, colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	13,5			1620	1620	1,1	1.782,00	
2.5	m Junta de estanqueidad hidroexpansiva tipo bonding, colocada.	2	5			10				
		2	2			4				
							14	12	168,00	
2.6	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	5		0,3	3				
		2	4		0,3	2,4				
		4	5		3	60				
		4	2		3	24				
							89,4	25,84	2.310,10	
2.7	m3 Relleno tierras procedentes excavación, compactado	1	106,4							
	a deducir		46,75			59,65	59,65	18,02	1.074,89	
2.8	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra.	1,25	46,75			58,4375	58,4375	4	233,75	
										7.744,68
	<b>CAP 3 : POZO BOMBEO AGUA BRUTA</b>									
3.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1	6	5	5,5	165	165	5	825,00	
3.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido, vibrado. Terminado	1	6	5	0,1	3	3	63,33	189,99	

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP 2	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
3.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	4	3	0,25	3				
		2	4	0,25	5,15	10,3				
		2	3	0,25	5,15	7,725				
							21,025	92,15	1.937,45	
3.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras, colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	21,025			2523	2523	1,1	2.775,30	
3.5	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	4		0,3	2,4				
		2	3		0,3	1,8				
		4	4		5,15	82,4				
		4	3		5,15	61,8				
							148,4	25,84	3.834,66	
3.6	m3 Relleno con tierras procedentes de la excavación compactado	1	165							
	a deducir		60			105	105	18,02	1.892,10	
3.7	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra.	1,25	60			75	75	4	300,00	
	<b>CAP 4: CUBETO DE SEGURIDAD DEPOSITO COAGULANTE</b>									11.754,50
4.1	m3 Excavación con medios mecánicos terreno de consistencia media resistencia 1,5 kg/cm2	1,2	8	8	0,4	30,72	30,72	5	153,60	
4.2	m3 Hormigón HL-150 Vertido ,vibrado. Terminado	1	7	7	0,1	4,9	4,9	63,33	310,32	

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP 2	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
4.3	m3 Hormigón HA-30 IV Qa. Vertido, vibrado. Terminado	1	7	7	0,15	7,35	17,85	92,15	1.644,88	
		2	7	0,3	1	4,2				
		3	7	0,3	1	6,3				
4.4	kg Hierro corrugado BS 500 en armaduras , colocado en cuantía media de 120 kg/m3.	120	17,85			2142	2142	1,1	2.356,20	
4.5	m Junta de estanqueidad hidroexpansiva tipo bonding, colocada.	2	7			14	18	12	216,00	
		2	2			4				
4.6	m2 Encofrado y desencofrado recto	2	7		0,15	2,1	60,2	25,84	1.555,57	
		2	7		0,15	2,1				
		4	7		1	28				
		4	7		1	28				
4.7	m3 Relleno tierras procedentes excavación compactado a deducir	1	30,72			16,32	16,32	18,02	294,09	
			14,4							
4.8	m3 Carga y transporte a vertedero a 5 km máximo de la obra.	1,25	14,4			18	18	4	72,00	

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP 2	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
4.9	Impermeabilización interior con resino PRFV-V antiácido	2	5			10				
		2	5			10				
							20	60	1.200,00	
										7.802,65
	<b>CAP 5 : EDIFICIOS</b>									
5.1	Edificio de explotación principal (altura zona DAF : 4,25m , altura zona control y equipos: 3 m)	1	15	10		150				
5.2	Edificio de deshidratación de fangos (altura : 5 m)	1	8	5		40				
							190	400	76.000,00	
										76.000,00
	<b>CAP 6: VARIOS</b>									
6.1	P.A. Red de aguas DN 400-350-315- PVC PN 10 atm, tramos aéreos en inox 304.Incluso pp obra civil enterramiento. (aprox. 140 m.)	1	1			1	1	9240	9.240,00	
6.2	P.A. Red de lodos DN 110 con pp obra civil (57 m de zanja y enterramiento, 25 m. de tubería a edificio deshidratación)	1	1			1	1	1320	1.320,00	
6.3	P.A. para canalizaciones eléctricas interiores enterradas en PVC DN 110 mm con pp de arquetas	1	1			1	1	7700	7.700,00	
6.4	P.A. para conducciones de drenajes interiores enterradas en PVC DN 315-110 mm con pp de arquetas	1	1			1	1	7700	7.500,00	
6.5	P.A. Red de agua de servicios potable	1	1			1	1	1100	7.500,00	
6.6	P.A. para construcción de canal general de salida..	1	1			1	1	1650	7.500,00	

Nº	OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP 2	Nº	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIAL	TOTAL MEDICION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL €	TOTAL CAPITULO
6.7	P.A. Soleras y bancadas	1	1			1	1	1650	7.500,00	
6.8	P.A. Iluminación exterior-interior	1	1			1	1	1320	7.500,00	
6.9	P.A. Red de tierras	1	1			1	1	1980	7.500,00	
6.10	P.A. Acabado explanación con zahorra compactada.	1	1			1	1	1320	7.500,00	
6.11	P.A. Acabado explanación con pavimentación de hormigón y simple mallazo	1	1			1	1	2750	7.500,00	
6.12	P.A. Arqueta acometida eléctrica y salida de cond. eléctricas de 1000 x 500 mm y 1 m de profundidad. Con tapa resistente.	1	1			1	1	550	550,00	
6.13	P.A. Pozo de bombeo de drenajes a ejecutar con anillos de hormigón armado prefabricado de 2m de diámetro. Ht: 4 m.	1	1			1	1	3300	3.300,00	
6.14	P.A. Seguridad y salud	1	1			1	1	2200	2.200,00	
										84.310,00
<b>IMPORTE TOTAL ESTIMACION OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA OP-2</b>										<b>191.361,83</b>





---

## ANEJO 10.- JUSTIFICACIÓN ALTERNATIVA ADOPTADA

---

### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	OPCIONES DE REACTOR BIOLÓGICO.....	1
2.1	Alternativa 1: Aireación prolongada de baja carga y tratamiento en continuo sin reactivos .....	4
2.1.1	Inversión requerida en equipos electromecánicos.....	4
2.1.2	Inversión requerida en depósitos de proceso. ....	5
2.1.3	Inversión requerida en Obra Civil complementaria .....	5
2.1.4	Inversión requerida en instalación eléctrica .....	5
2.1.5	Inversión requerida en ingeniería de detalle .....	6
2.1.6	Inversión total requerida.....	6
2.2	Alternativa 2: Tratamiento químico (DAF) con reactivos y reactor biológico secuencial (SBR).....	6
2.2.1	Inversión requerida en equipos electromecánicos.....	7
2.2.1	Inversión requerida en depósitos de proceso. ....	7
2.2.2	Inversión requerida en Obra Civil complementaria .....	8
2.2.3	Inversión requerida en instalación eléctrica .....	8
2.2.4	Inversión requerida en ingeniería de detalle .....	8
2.2.5	Inversión total requerida.....	8
3	ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA. ....	8
3.1	Diferencia de inversión.....	9
3.2	Cuentas de explotación previsible.....	9
3.2.1	Datos de partida.....	9
3.2.2	Costes fijos.....	11
3.2.3	Costes variables.....	13
3.2.4	Resumen costes explotación .....	16
3.2.5	Influencia de los costes sobre el total .....	16
3.3	Diferencia de inversión y flujos de caja. Análisis económico. ....	17
3.3.1	Inversiones consideradas .....	17
3.3.2	Diferencia de pagos .....	17
3.3.3	Evaluación económica .....	17
	Apéndice 1 Justificación potencia eléctrica instalada.....	18
	Apéndice 2 Obra civil complementaria de las alternativas estudiadas.....	22

## ANEJO NÚM. 11

### ELECCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS DEPÓSITOS DE LA EDAR

#### 1 OBJETO

En este anejo se pretende analizar y justificar, mediante la comparación de costes de ejecución, la elección del sistema constructivo de los diversos depósitos de tratamiento de la EDAR.

#### 2 ALTERNATIVAS A CONSIDERAR

Se presentan las alternativas constructivas de los depósitos según material a emplear:

- a) Depósitos en hormigón, con dos opciones:
  - i. Ejecutados "in situ"
  - ii. De tipo prefabricado en taller y montado en obra
- b) Depósitos metálicos de acero galvanizado o acero inoxidable AISI 304

La descripción, materiales y sistema de construcción se han aportado en Anejo 3, siendo objeto de este anejo realizar el análisis de coste anunciado en aquel.

A efectos de dicho análisis se adoptan los volúmenes, justificados en los anejos de cálculo de los tratamientos en depósitos cilíndricos para las siguientes unidades funcionales:

Depósito	Diámetro (m)	Altura agua (m)	Resguardo (m)	Altura total (m)
Homogenización	20,00	4,50	0,50	5,00
Reactor anóxico	19,11	4,50	0,5	5,00
Reactor óxico	23,03	4,50	0,5	5,00
Espesador fangos	14,42	4,70	0,5	5,20

Caso aparte es el decantador secundario que además de sus características constructivas especiales, no es necesario en el caso que se adopte finalmente para el tratamiento biológico el sistema SBR.

Para la aireación prolongada sus dimensiones serían:

Depósito	Diámetro (m)	Altura agua (m)	Resguardo (m)	Altura total (m)
Decantador 2º	12,10	4,00	0,5	4,50

Para cada alternativa se indican las condiciones de ejecución valorándose por un lado las unidades de obra necesarias para la cimentación de los depósitos de tipo prefabricado y por otro

la estimación de precio del prefabricado. En el caso de ejecución de depósitos de hormigón "in situ", la distintas unidades de obra intervinientes.

En apéndice del anejo se justificas las distintas unidades de obra a considerar.

## 2.1 Depósitos de hormigón ejecutados "in situ"

Se consideran depósitos semienterrados que de acuerdo con los anejos de cálculo 10, 11 y 12 se tienen las siguientes características dimensionales:

Depósito	Diámetro (m)	Altura agua (m)	Resguardo (m)	Altura total (m)	Altura tierras (m)	Talón (m)	Muro (m)	Puntera (m)	Longitud (B)	Canto (m)
Homogenización	20	4,5	0,5	5	1	1,15	0,3	1,15	2,6	0,5
Reactor anóxico	19,11	4,5	0,5	5	0,5	1,25	0,3	1,25	2,8	0,5
Reactor óxico	23,03	4,5	0,5	5	0,5	1,25	0,3	1,25	2,8	0,5
E. fangos	14,42	4,7	0,5	5,2	0,5	1,1	0,3	1,1	2,5	0,5

Muro					Armado					Cuantía
Depósito	Diám.	h	S m <sup>2</sup>	Vh m <sup>3</sup>	Flexión	kg/m <sup>2</sup>	Trasdós	kg/m <sup>2</sup>	kg acero	kg/m <sup>3</sup>
Homogen.	20	5	314,16	94,25	# φ12 a 10	17,80	# φ12 a 25	7,12	7828,8	83,07
R. anóxico	19,11	5	300,18	90,05	# φ12 a 10	17,80	# φ12 a 25	7,12	7480,5	83,07
R. óxico	23,03	5	361,75	108,53	# φ12 a 10	17,80	# φ12 a 25	7,12	9014,9	83,07
Es. fangos	14,42	5,2	235,57	70,67	# φ12 a 10	17,80	# φ12 a 25	7,12	5870,4	83,07

Zapata											
Depósito	Lon.	canto	φext	φint	S(m <sup>2</sup> )	Vh (m <sup>3</sup> )	Armado	kg/m <sup>2</sup>	kg acero	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> encof.
Homog.	2,6	0,5	21,45	18,85	82,29	41,15	# φ14 a 10	24,2	1991,51	48,4	63,30
R.anóxico	2,8	0,5	20,66	17,86	84,71	42,35	# φ14 a 10	24,2	2049,97	48,4	60,51
R. óxico	2,8	0,5	24,58	21,78	101,95	50,98	# φ14 a 10	24,2	2467,21	48,4	72,82
E. fangos	2,5	0,5	15,82	13,32	57,22	28,61	# φ14 a 10	24,2	1384,63	48,4	45,77

Solera					H limpieza		
Depósito	Diámetro	espesor	S(m <sup>2</sup> )	Vh (m <sup>3</sup> )	Diámetro	espesor	Vh HL-150
Homogenización	18,85	0,5	279,07	139,53	21,45	0,1	36,1364
Reactor anóxico	17,86	0,5	250,53	125,26	20,66	0,1	33,5236
Reactor óxico	21,78	0,5	372,57	186,28	24,58	0,1	47,4519
Esp. fangos	13,32	0,5	139,35	69,67	15,82	0,1	19,6563

Ejecución Muro	m <sup>3</sup> HA-30/B/20/IIa+Qa	379,86 €/m <sup>3</sup>
Depósito	Vh (m <sup>3</sup> )	€
Homogenización	94,24	35.801,0
Reactor anóxico	90,05	34.207,8
Reactor óxico	108,52	41.224,8
Espesador fangos	70,67	26.845,0

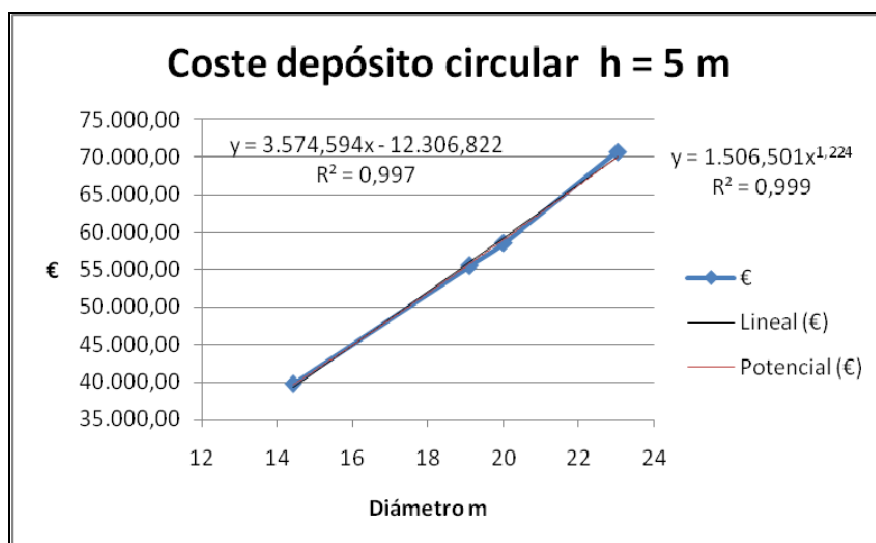
<b>Ejecución Zapata</b>		HA-30/B/40/IV	152,55 €/m <sup>3</sup>
Depósito		Vh (m <sup>3</sup> )	€
Homogenización		41,15	6.277,0
Reactor anóxico		42,35	6.461,2
Reactor óxico		50,98	7.776,3
Espesador fangos		28,61	4.364,2

<b>Ejecución solera</b>		HA-30/B/20/IIa+Qa	47,66 €/m <sup>3</sup>
Depósito		S(m <sup>2</sup> )	€
Homogenización		279,07	13.300,5
Reactor anóxico		250,53	11.940,1
Reactor óxico		372,57	17.756,6
Espesador fangos		139,35	6.641,3

<b>H limpieza</b>		HL-150	63,32 €/m <sup>3</sup>	<b>Encofrado Zap.</b>	13,15 €/m <sup>3</sup>
Depósito		Vh (m <sup>3</sup> )	€	m <sup>2</sup>	€
Homogenización		36,1364	2.288,2	63,30	832,44
Reactor anóxico		33,5236	2.122,7	60,51	795,67
Reactor óxico		47,4519	3.004,7	72,82	957,61
Espesador fangos		19,6563	1.244,6	45,77	601,92

<b>Resumen costes</b>	Ø	Muro	Zapata	Solera	H limpieza	Enc. Zap	<b>TOTAL</b>
Depósito	m	€	€	€	€	€	€
Homogenización	20,00	35.801,0	6.277,0	13.300,5	2.288,2	832,44	<b>58.499,14</b>
Reactor anóxico	19,11	34.207,8	6.461,2	11.940,1	2.122,7	795,67	<b>55.527,47</b>
Reactor óxico	23,03	41.224,8	7.776,3	17.756,6	3.004,7	957,61	<b>70.720,01</b>
Espesador fangos	14,42	26.845,0	4.364,2	6.641,3	1.244,6	601,92	<b>39.697,02</b>

Realizando el correspondiente ajuste estadístico para los 4 depósitos calculados en función del diámetro del depósito, se determina la función de coste para depósitos circulares de hormigón con una altura total de 5 m (semiempotrado 0,5-1 m y una altura de agua 4,5 m ) siguiente:



Resultando una función potencial:

**Coste (€) = 1506,501 · Ø<sup>1,224</sup>** en donde el diámetro (Ø) se expresa en m

Con dicha función se puede evaluar el coste de cualquier depósito de estas características.

## 2.2 Depósitos de hormigón prefabricados

Se evalúa a partir de los datos disponibles de coste de los elementos prefabricados para 4 depósitos de HP con una altura de 5 m (0,5 m resguardo) la función coste de dichos elementos transportados y montados.

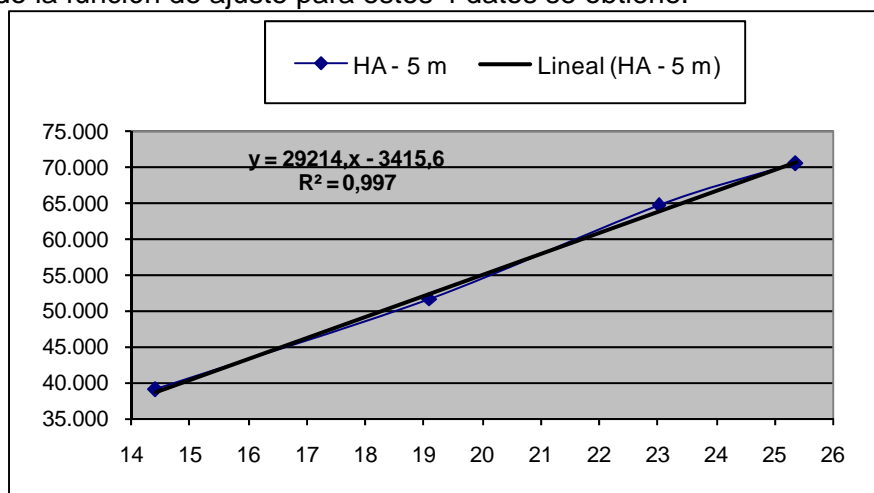
Adicionalmente la cimentación de dichos elementos mediante losa corrida en anillo circular de 3,10 m de anchura y 0,3 m de profundidad y losa de 0,25 m de espesor ambas en HA-30/B/20/IIa+Qa

Todas ellas sobre capa de hormigón de limpieza de 0,10 m

El coste de los elementos prefabricados transportados y montados en obra es:

Diámetro m	Volumen almacenado m <sup>3</sup>	Coste €
14,42	750	38.959,73
19,11	1290	51.694,11
23,03	1873	64.626,48
25,37	2376	70.410,34

Realizando la función de ajuste para estos 4 datos se obtiene:

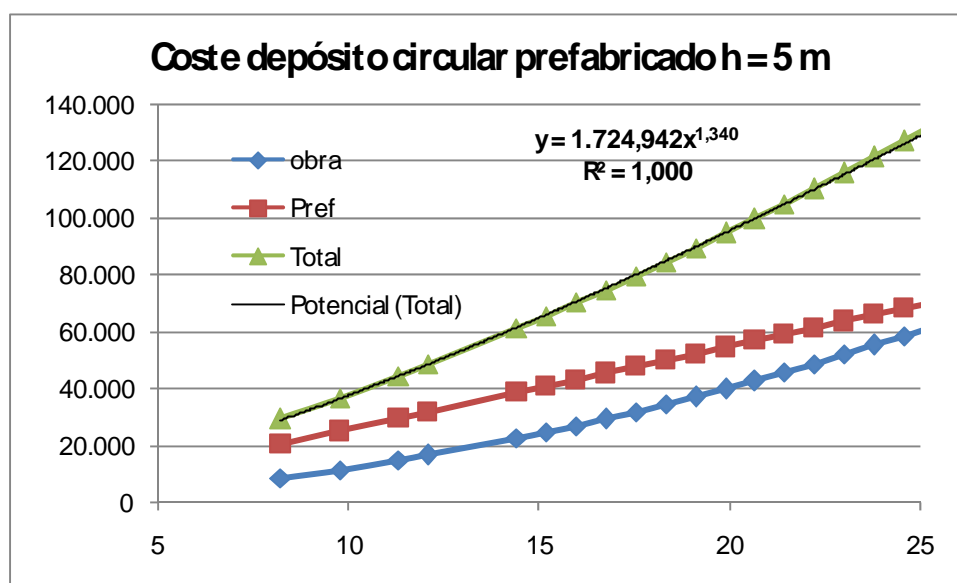


La parte de obra a realizar en los diámetros usuales de este tipo de depósitos:

Cimentación y losa				m <sup>3</sup> S/espesores		HL-150	Encofrado	Coste €		
Diám.	Vagua h=4,5	Solera m <sup>2</sup>	Zapata m <sup>2</sup>	zapata 0,3	solera 0,25			m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Obra
8,22	238,81	53,07	39,30	11,79	13,27	74,20	15,212	8.797,82	20.598	29.396
9,76	336,67	74,82	46,80	14,04	18,70	99,58	18,114	11.646,88	25.097	36.744
11,32	452,89	100,64	54,39	16,32	25,16	129,08	21,055	14.923,79	29.654	44.578
12,1	517,46	114,99	58,19	17,46	28,75	145,27	22,525	16.709,77	31.933	48.643
14,42	734,91	163,31	69,49	20,85	40,83	199,06	26,898	22.603,20	38.710	61.314
15,2	816,56	181,46	73,29	21,99	45,36	219,04	28,369	24.780,04	40.989	65.769
15,98	902,52	200,56	77,08	23,13	50,14	239,98	29,839	27.055,22	43.268	70.323

16,76	992,77	220,62	80,88	24,26	55,15	261,87	31,309	29.428,75	45.547	74.975
17,55	1088,57	241,90	84,73	25,42	60,48	285,02	32,798	31.932,96	47.854	79.787
18,33	1187,48	263,89	88,53	26,56	65,97	308,84	34,268	34.504,44	50.133	84.638
19,11	1290,70	286,82	92,33	27,70	71,71	333,62	35,739	37.174,27	52.412	89.586
19,9	1399,61	311,03	96,17	28,85	77,76	359,68	37,228	39.978,58	54.720	94.698
20,67	1510,02	335,56	99,92	29,98	83,89	386,03	38,679	42.808,97	56.969	99.778
21,45	1626,14	361,36	103,72	31,12	90,34	413,67	40,150	45.773,84	59.248	105.022
22,22	1744,98	387,77	107,47	32,24	96,94	441,90	41,601	48.797,16	61.498	110.295
23,03	1874,52	416,56	111,41	33,42	104,14	472,59	43,128	52.080,97	63.864	115.945
23,81	2003,65	445,25	115,21	34,56	111,31	503,12	44,598	55.343,40	66.142	121.486
24,59	2137,07	474,91	119,01	35,70	118,73	534,61	46,068	58.704,17	68.421	127.125
25,37	2274,80	505,51	122,81	36,84	126,38	567,06	47,539	62.163,29	70.700	132.863

Resultando las siguientes funciones de ajuste:



Resultando una función potencial:

**Coste (€) = 1.724,94 · Ø<sup>1,340</sup>** en donde el diámetro (Ø) se expresa en m

Con dicha función se puede evaluar el coste de cualquier depósito de estas características.

### 2.3 Depósitos de acero inoxidable AISI 304

Se evalúa, a partir de los datos disponibles de coste de este tipo de depósitos con una altura de 4,85 y 6,05 m, la función coste de dichos elementos transportados y montados.

Adicionalmente la cimentación de dichos elementos mediante losa armada de 0,5 m de espesor y diámetro de Ø<sub>depósito</sub> + 1 m en HA-30/B/20/IIa+Qa

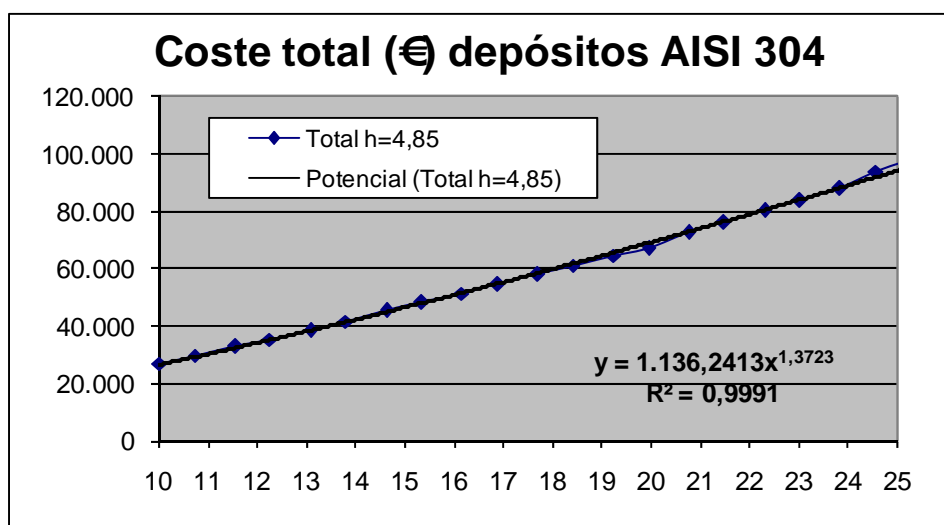
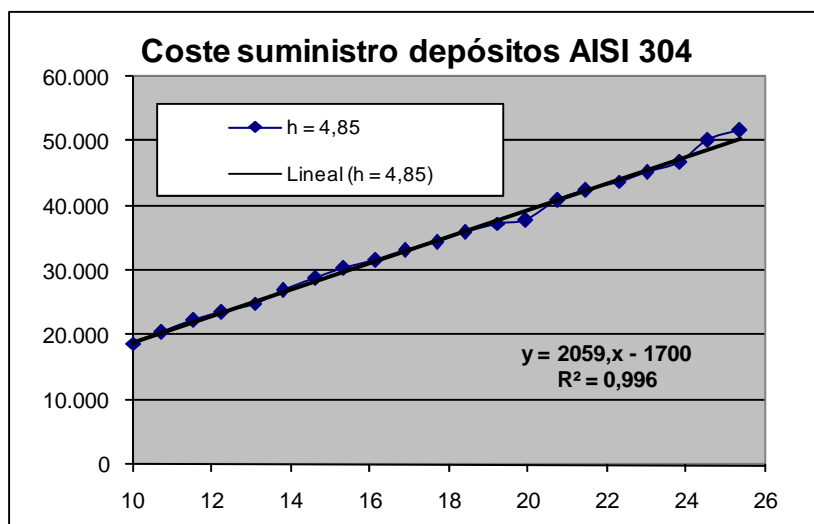
La losa sobre capa de hormigón de limpieza de 0,10 m

El coste de los depósitos montados en obra es:

Diámetro	€	Ajuste	Sup	HL-150	Losa 0,5 m HA-30	Total	Ajuste
m	h = 4,85	Lineal	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	€	€
10,02	18.863	18.940	95,38	9,54	47,69	8.155,58	26.851,05
10,74	20.585	20.423	108,25	10,82	54,12	9.256,09	29.533,69

11,56	22.375	22.112	123,90	12,39	61,95	10.594,26	32.969,26	32.671,39
12,27	23.707	23.575	138,30	13,83	69,15	11.825,88	35.532,88	35.456,18
13,09	25.041	25.264	155,92	15,59	77,96	13.332,56	38.373,56	38.747,78
13,81	26.958	26.747	172,27	17,23	86,13	14.729,96	41.687,96	41.702,14
14,63	28.944	28.436	191,87	19,19	95,94	16.406,26	45.350,26	45.137,28
15,34	30.340	29.899	209,70	20,97	104,85	17.930,63	48.270,63	48.170,23
16,16	31.740	31.588	231,27	23,13	115,64	19.775,44	51.515,44	51.738,60
16,88	33.137	33.071	251,09	25,11	125,54	21.469,73	54.606,73	54.928,00
17,7	34.535	34.760	274,65	27,46	137,32	23.484,15	58.019,15	58.622,49
18,41	35.932	36.223	295,90	29,59	147,95	25.301,29	61.233,29	61.873,39
19,23	37.332	37.912	321,43	32,14	160,71	27.484,21	64.816,21	65.686,38
19,95	37.881	39.395	344,71	34,47	172,36	29.475,39	67.356,39	69.084,75
20,76	41.008	41.064	371,88	37,19	185,94	31.798,70	72.806,70	72.962,83
21,48	42.437	42.547	396,90	39,69	198,45	33.937,84	76.374,84	76.457,70
22,3	43.869	44.236	426,38	42,64	213,19	36.458,89	80.327,89	80.491,37
23,01	45.297	45.698	452,77	45,28	226,38	38.714,70	84.011,70	84.028,91
23,83	46.730	47.387	484,22	48,42	242,11	41.404,26	88.134,26	88.165,34
24,55	50.242	48.871	512,71	51,27	256,35	43.840,28	94.082,28	91.841,35
25,37	51.741	50.560	546,15	54,61	273,07	46.699,45	98.440,45	96.077,03

Resultando las siguientes funciones de ajuste:



Resultando una función potencial:

**Coste (€) = 1.136,24 · Ø<sup>1,3723</sup>** en donde el diámetro (Ø) se expresa en m

Con dicha función se puede evaluar el coste de cualquier depósito de estas características.

### 3 COMPARACIÓN DE COSTES

Aplicando las funciones de coste evaluadas anteriormente para cada tipo de depósito y materiales a emplear se tiene:

Depósito	Diámetro	Coste total en €		
	m	Hormigón <i>in situ</i>	Hormigón prefabricado	AISI-304
Homogenización	20,00	58.498,99	95.533,28	69.322,47
Reactor anóxico	19,11	55.527,52	89.880,16	65.124,53
Reactor óxico	23,03	70.719,98	115.411,31	84.129,16
Decantador 2º	12,10	28.212,90	48.719,96	34.783,79
Espesador fangos	14,42	39.697,01	61.629,40	44.250,54

Se infiere la conveniencia de realizar los depósitos de hormigón "in situ".

Ahora bien, en el caso del depósito decantador secundario que se precisa en la aireación prolongada, dado que su diseño requiere la canaleta de evacuación del agua clarificada, que no ha sido considerada, se indica la posibilidad de utilizar dicho sistema en el caso que se requiera este depósito.

### 4 PRECIOS DE UNIDADES DE OBRA CONSIDERADOS PARA COMPARACIÓN

m <sup>3</sup> muro de hormigón armado 2C, 3<H<6 m, HA-35/B/20/Ila+Qa fabricado en central con cemento MR, con aditivo hidrófugo y vertido con cubilote, acero UNE-EN 10080 B 500 S, en cuantía 85 kg/m <sup>3</sup> , espesor 30 cm, encofrado metálico, con acabado tipo industrial para no revestir.				
Ud	Descripción	Rend.	p.s.	Precio
Ud	Separador de plástico rígido, homologado para muros.	8	0,05	0,40
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios.	85	0,91	77,35
m <sup>2</sup>	Encofrado y desencofrado a dos caras, en muros, con paneles metálicos modulares, hasta 6 m de altura, incluso p/p de elementos para paso de instalaciones.	6,66	25,84	172,09
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-35/B/20/Ila+Qa, fabricado en central con cemento MR, con aditivo hidrófugo, vertido con cubilote.	1,05	92,46	97,08
h	Oficial 1ª construcción.	0,449	17,25	7,75
h	Peón ordinario construcción.	0,449	14,28	6,41
%	Medios auxiliares	2	361,084	7,22
%	Costes indirectos	3	368,306	11,05
			<b>Total:</b>	<b>379,36</b>



<b>m<sup>3</sup> zapata corrida de cimentación, HA-30/B/40/IV fabricado en central con aditivo hidrófugo y vertido desde camión, acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m<sup>3</sup>.</b>				
Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio
Ud	Separador de plástico rígido, homologado para cimentaciones.	7	0,12	0,84
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios.	50	0,91	45,50
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-30/B/40/IV, fabricado en central con aditivo hidrófugo, vertido desde camión.	1,1	83,4	91,74
h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción.	0,226	17,25	3,90
h	Peón ordinario construcción.	0,226	14,28	3,23
%	Medios auxiliares	2	145,21	2,90
%	Costes indirectos	3	148,11	4,44
			<b>Total:</b>	<b>152,55</b>

<b>m<sup>2</sup> solera, HA-30/B/20/IIa+Qa fabricado en central con cemento SR, y vertido con bomba, acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m<sup>3</sup>, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica.</b>				
Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio
Ud	Separador de plástico rígido, homologado para cimentaciones.	1,5	0,12	0,18
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios.	15	0,91	13,65
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-30/B/20/IIa+Qa, fabricado en central con cemento SR, vertido con bomba.	0,315	90,47	28,50
m	Aserrado de juntas de retracción en pavimento continuo de hormigón.	0,06	0,66	0,04
h	Regla vibrante de 3 m.	0,11	4,67	0,51
h	Fratasadora mecánica de hormigón.	0,08	5,07	0,41
h	Equipo para corte de juntas en soleras de hormigón.	0,015	9,09	0,14
h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción.	0,06	17,25	1,04
h	Peón ordinario construcción.	0,06	14,28	0,86
h	Ayudante construcción.	0,003	15,03	0,05
%	Medios auxiliares	2	45,36	0,91
%	Costes indirectos	3	46,27	1,39
			<b>Total:</b>	<b>47,66</b>

<b>m<sup>3</sup> capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20 fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.</b>				
Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio
m <sup>3</sup>	Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central, vertido desde camión.	1,05	41,23	43,29
h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción.	0,54	17,25	9,32
h	Peón ordinario construcción.	0,54	14,28	7,71
%	Medios auxiliares	2	60,32	1,21
%	Costes indirectos	3	60,32	1,81
			<b>Total:</b>	<b>63,33</b>

<b>m<sup>2</sup> encofrado recuperable metálico en zapata corrida de cimentación.</b>				
Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
m <sup>2</sup>	Encofrado con panel metálico en cimentaciones.	1	4,6	4,60
m	Fleje para encofrado metálico.	0,1	0,29	0,03
kg	Alambre para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,05	1,33	0,07
kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,1	7	0,70
h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción.	0,226	17,25	3,90
h	Peón ordinario construcción.	0,226	14,28	3,23
%	Medios auxiliares	2	12,52	0,25
%	Costes indirectos	3	12,77	0,38
			<b>Total:</b>	<b>13,15</b>

<b>m<sup>3</sup> losa de cimentación, HA-30/B/20/IIa+Qa fabricado en central con cemento SR, y vertido con bomba, acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m<sup>3</sup>, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica.</b>				
Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
Ud	Separador de plástico rígido, homologado para cimentaciones.	5	0,12	0,60
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios.	50	0,91	45,50
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-30/B/20/IIa+Qa, fabricado en central con cemento SR, vertido con bomba.	1,05	90,47	94,99
m	Aserrado de juntas de retracción en pavimento continuo de hormigón.	0,2	0,66	0,13
h	Regla vibrante de 3 m.	0,336	4,67	1,57
h	Fratadora mecánica de hormigón.	0,277	5,07	1,40
h	Equipo para corte de juntas en soleras de hormigón.	0,05	9,09	0,45
h	Oficial 1 <sup>a</sup> construcción.	0,19	17,25	3,28
h	Peón ordinario construcción.	0,186	14,28	2,66
h	Ayudante construcción.	0,009	15,03	0,14
%	Medios auxiliares	2	150,72	3,01
%	Costes indirectos	3	153,74	4,61
			<b>Total:</b>	<b>158,35</b>



## ANEJO NÚM. 11

---

### ELECCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS DEPÓSITOS DE LA EDAR

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO.....	1
2	ALTERNATIVAS A CONSIDERAR.....	1
2.1	Depósitos de hormigón ejecutados “ <i>in situ</i> ” .....	2
2.2	Depósitos de hormigón prefabricados.....	4
2.3	Depósitos de acero inoxidable AISI 304 .....	5
3	COMPARACIÓN DE COSTES .....	7
4	PRECIOS DE UNIDADES DE OBRA CONSIDERADOS PARA COMPARACIÓN ..	7

## ANEJO NÚM. 12

### CALCULOS CONSTRUCTIVOS.- DEPÓSITOS

#### 1 OBJETO

Es objeto de este anejo dimensionar el espesor y el armado, así como la fisuración de los distintos depósitos que se precisan en la EDAR que se proyecta.

#### 2 CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS

Se pretende calcular la pared de varios depósitos cilíndricos parcialmente semienterrados de hormigón armado de las siguientes dimensiones:

Depósito	Diámetro (m)	Altura agua (m)	Resguardo (m)	Altura total (m)	Altura tierras (m)
Homogenización	20,00	4,50	0,50	5,00	1,00
Reactor anóxico	19,11	4,50	0,5	5,00	0,50
Reactor óxico	23,03	4,50	0,5	5,00	0,50
Decantador 2º	12,10	4,00	0,5	4,50	0,50
Espesador fangos	14,42	4,70	0,5	5,20	0,50

#### 3 CONDICIONES DEL DISEÑO

Las características geotécnicas del terreno de relleno son las siguientes:

- Peso específico de las tierras:  $\gamma_t = 19 \text{ KN/m}^3$
- Angulo de rozamiento interno de las tierras:  $\phi = 27,50^\circ$
- La capa freática se sitúa por debajo de la cota de cimentación del depósito
- No se considera sobrecarga en el trasdos

El peso específico del agua residual se considera  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

Dado que el resguardo solo representa un 10% de la altura total de la pared, proponemos simplificar el cálculo suponiendo que tanto el nivel de agua como el nivel de tierras llegan hasta la coronación del muro, con lo que  $H = H_w = H_t = 4,0 \text{ m}$ .

El líquido contenido por el depósito es químicamente agresivo, por lo que se plantean las siguientes hipótesis de abertura máxima de fisura permitida:

- Por la cara interior, debido a la agresividad del líquido se adopta  $w_{\text{máx}} = 0,1 \text{ mm}$ .
- Por la cara exterior, dado que el depósito está semienterrado y por tanto, no habrá solicitaciones térmicas importantes,  $w_{\text{máx}} = 0,2 \text{ mm}$ .
- El tipo de ambiente a considerar será: Ila + Qa
- El recubrimiento de las armaduras se propone de  $r_{\text{total}} = 0,05 \text{ m}$

#### 4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Se propone un espesor de pared de  $h = 0,30$  m

Se adopta un hormigón del tipo HA-30/B/20/IIa +Qa con nivel de control de ejecución normal, esto hace suponer  $\gamma_c = 1,5$  y por tanto:

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20 \text{ N/mm}^2 = 20.000.000 \text{ N/m}^2.$$

Se adoptan unas armaduras pasivas del tipo B 500 S. Esto supone que  $\gamma_s = 1,15$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 435 \text{ N/mm}^2 = 435.000.000 \text{ N/m}^2.$$

#### 5 CAMPOS DE DESPLAZAMIENTO Y ESFUERZOS EN PARED

Tal como plantea Timoshenko y Woinowsky-Krieger (1959) todos los problemas de deformación simétrica de láminas se reduce a la integración de la ecuación:

$$\frac{d^2}{d\omega} \left( D \cdot \frac{d^2}{dx^2} \omega \right) + \frac{E \cdot e}{\phi^2} \cdot \omega = Z$$

La aplicación más sencilla de esta ecuación se obtiene cuando el espesor  $h$  de la lámina es constante. En este caso la ecuación anterior toma la forma:

$$\frac{d^4}{d\omega} \omega(x) + 4\lambda^4 \cdot \omega(x) = \frac{Z(x)}{D}$$

Donde la solución general de la ecuación anterior es:

$$\omega(x) = C_1 \cdot e^{\lambda x} \cdot \cos(\lambda x) + C_2 \cdot e^{\lambda x} \cdot \text{seno}(\lambda x) + C_3 \cdot e^{-\lambda x} \cdot \cos(\lambda x) + C_4 \cdot e^{-\lambda x} \cdot \text{seno}(\lambda x) + f(x)$$

Donde  $C_1, C_2, C_3, C_4$  son constantes de integración que dependen de las condiciones de contorno, y  $f(x)$  es una solución particular, que cuando  $Z(x)$  es una ley rectangular, triangular o trapezoidal vale:

$$f(x) := \frac{Z(x) \cdot \phi^2}{E \cdot e}$$

Siendo además:

$\omega(x)$  = Ley de corrimientos radiales

$\lambda$  = Coeficiente cilíndrico de forma =  $(E \cdot 1000 \cdot e / 4 / \phi^2 / D)^{1/4}$  en  $m^{-1}$

$D$  = Rigidez a flexión de la lámina

$E$  = Módulo de deformación longitudinal del hormigón, en  $N/mm^2$

$e$  = Espesor de la pared

$\phi$  = Radio interior del depósito

$\nu$  = Coeficiente de Poisson para el hormigón

$Z(x)$  = Presión de revolución que solicita la pared

## 6 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

$\nu$ : coeficiente de Poisson;  $\nu = 0,20$ .

E: módulo de deformación longitudinal del hormigón;  $E = 8500 (f_{ck} + 8)^{1/3} = 8500 (30 + 8)^{1/3} = 28.576,79 \text{ N/mm}^2 = 28.576.790.000 \text{ N/m}^2$ .

D: rigidez a flexión;  $D = (E \cdot e^3)/(12 \cdot (1-\nu^2))$

$\lambda$ : coeficiente cilíndrico de forma;  $\lambda = [3 \cdot (1-\nu)2] / (\phi^2 \cdot e^2)^{1/4}$

## 7 ACCIONES A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO DE LA PARED

- Empuje hidrostático:  $q_h = \gamma_w \cdot h_w$ ; para  $x=0 \rightarrow q_h(x=0) = \gamma_w \cdot H_w$

- Empuje de tierras:  $q_t = \gamma_t \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \alpha/2) \cdot h_t$ ; para  $x=0 \rightarrow q_t(x=0) = \gamma_t \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \alpha/2) \cdot H_t$

## 8 ARMADURAS MÍNIMAS EN LAS PAREDES

- Cara interior:  $A_{v\text{mín}1} = A_{h\text{mín}1} = 0,0020 \cdot A_c$  siendo  $A_c = b \cdot e$

- Cara exterior:  $A_{v\text{mín}2} = A_{h\text{mín}2} = 0,0015 \cdot A_c$

## 9 CÁLCULO DE LA PARED DEL DEPÓSITO EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE FLEXIÓN

### 9.1 Acción debida al empuje hidrostático (hipótesis1) $\gamma_f = 1,5$

$$M_{\text{xd}}(x) = 1,5 \cdot \frac{h^2 \cdot \lambda^2 \cdot \gamma_w \cdot R^2}{6(1-\nu^2)} \cdot \left( -H_w \cdot e^{-\lambda x} \cdot \sin(\lambda x) + \left( H_w - \frac{1}{\lambda} \right) \cdot e^{-\lambda x} \cdot \cos(\lambda x) \right)$$

y su valor máximo que se da en el empotramiento:

$$M_{\text{xdmáx}}(x) = M_{\text{xd}}(x=0) = 1,5 \cdot \frac{h^2 \cdot \lambda^2 \cdot \gamma_w \cdot R^2}{6(1-\nu^2)} \cdot \left( H_w - \frac{1}{\lambda} \right)$$

### 9.2 Acción debida al empuje de tierras (Hipótesis 2) con $\gamma_f = 1,6$

$$M_{\text{xd}}(x) = 1,60 \cdot \frac{h^2 \cdot \lambda^2 \cdot \gamma_t \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) \cdot R^2}{6(1-\nu^2)} \cdot \left( H_t \cdot e^{-\lambda x} \cdot \sin(\lambda x) + \left( \frac{1}{\lambda} - H_t \right) \cdot e^{-\lambda x} \cdot \cos(\lambda x) \right)$$

y su valor máximo que se da en el empotramiento:

$$M_{\text{xdmáx}} = M_{\text{xd}}(x=0) = 1,60 \cdot \frac{h^2 \cdot \lambda^2 \cdot \gamma_t \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) \cdot R^2}{6(1-\nu^2)} \cdot \left( \frac{1}{\lambda} - H_t \right)$$

En ambos casos (hipótesis 1 y 2) se tantea con diferentes valores de la ordenada vertical  $x$ , encontrando los valores máximos de los momentos positivo y negativo que definirán el armado necesario.

## 10 CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ESFUERZO CORTANTE

### 10.1 Acción debida al empuje hidrostático (Hip. 1) con $\gamma_f = 1,5$

$$Q_{xdm\acute{a}x} = Q_{xd}(x=0) = 1,50 \cdot \frac{h^2 \cdot \lambda^3 \cdot \gamma_w \cdot R^2}{6 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left( \frac{1}{\lambda} - 2H_w \right)$$

### 10.2 Acción debida al empuje de tierras (Hip. 2) con $\gamma_f = 1,6$

$$Q_{xdm\acute{a}x} = Q_{xd}(x=0) = 1,60 \cdot \frac{h^2 \cdot \lambda^3 \cdot \gamma_t \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) \cdot R^2}{6 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left( 2H_t - \frac{1}{\lambda} \right)$$

### 10.3 Envoltente de esfuerzos cortantes

Se adopta el criterio de que el máximo esfuerzo cortante  $Q_{dmax}$  pueda ser absorbido por la contribución del hormigón  $V_{cu}$ :

$$V_{cu} = \left( 0,12 \cdot \xi^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}} \right) b_0 \cdot d \quad (\text{en N/m})$$

Siendo:

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad \rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d}$$

Y se comprobará si  $Q_{max} < V_{cu}$ , que infiere que no se precisan cercos y el espesor adoptado de pared es correcto.

## 11 CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE TRACCIÓN SIMPLE

La tracción es debida al empuje hidrostático, adoptando  $\gamma_f = 1,00$ :

$$N_{qd}(x) = 1,00 \cdot N_q(x) = 1,00 \cdot \gamma_w \cdot R \cdot \left[ e^{-\lambda x} \cdot \left( \frac{\sin(\lambda x)}{\lambda} - H_w \cdot (\cos(\lambda x) + \sin(\lambda x)) \right) + (H_w - x) \right]$$

Se tantea con diferentes valores de la ordenada vertical  $x$ , encontrando el máximo esfuerzo de tracción simple.

Y adoptando una tensión en el acero de  $\sigma_s = 100 \text{ N/mm}^2$ , se obtendrá una armadura

$$A_{hl} = \frac{N_{qd}}{\sigma_s}$$

## 12 COMPROBACIÓN DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN

Se calcula la envoltente de la ley de momentos flectores verticales debidos al empuje hidrostático y al empuje de tierras con  $g_f = 1$  (momento de servicio)



La abertura característica de fisura se calcula mediante la expresión:

$$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm}$$

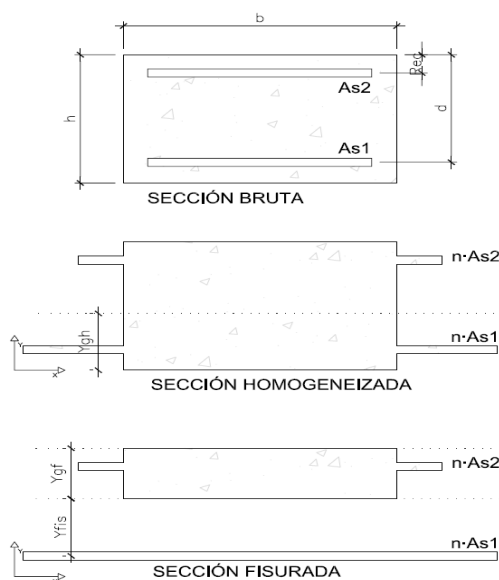
siendo:

$\beta$  = Coeficiente que relaciona la abertura media de fisura con el valor característico y vale 1,7 para el caso en estudio.

$s_m$  = Separación media de fisuras, en mm:  $s_m = 2 \cdot c + 0,2 \cdot s + 0,4 \cdot k_1 (\phi \cdot A_{c,eficaz} / A_s)$

$\varepsilon_{sm}$  = Alargamiento medio de las armaduras, teniendo en cuenta la colaboración del hormigón entre fisuras:  $\varepsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s) \cdot [1 - k_2 \cdot (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2]$  no menor de  $0,4 \cdot (\sigma_s / E_s)$

Conocido el armado necesario, calculado anteriormente, se modelizan los datos de sección, de la sección bruta-neta, de la sección homogeneizada y de la sección fisurada, de acuerdo con el siguiente esquema:



Calculándose el momento de fisuración  $M_{fis} = 0,001 \cdot f_{ct,m} \cdot I_h / Y_{gh}$

Siendo:

$$f_{ct,m} = 0,3 \cdot f_{ck}^{(2/3)}$$

$I_h$  = Inercia homogeneizada:  $(1/12 \cdot b \cdot h^3 + b \cdot h \cdot (h/2 - Y_{gh})^2) + n \cdot (A_{s1} \cdot (Rec - Y_{gh})^2 + A_{s2} \cdot (d - Y_{gh})^2)$

donde:

$b$  = ancho de la sección = 100 cm

$h = e$  = espesor de la pared

$d$  = canto útil

$Y_{gh}$  = distancia del centro de gravedad de la sección homogeneizada a la fibra mas traccionada =  $((b \cdot h^2 / 2) + n \cdot (A_{s1} \cdot Rec + A_{s2} \cdot d)) / A_h$ ,

Siendo:

$$n = E_s / E_c$$

$E_s$  = módulo de deformación del acero = 200.000 Mpa

$E_c$  = Módulo de deformación del hormigón =  $8500 \cdot (f_{ck} + 8)^{1/3}$

$Rec$  = recubrimiento total  $0,05 \text{ m} \cdot 100 \text{ cm/m} = 5 \text{ cm}$

$A_{s1}$  = armadura interior vertical en cm<sup>2</sup>

$A_{s2}$  = armadura vertical exterior en cm<sup>2</sup>

$A_h$  = área homogenizada =  $A_{neta} + n \cdot (A_{s1} + A_{s2})$

$A_{neta} = b \cdot h - A_{s1} - A_{s2}$

Calculando el momento de fisuración (mfis), si es mayor que Mservicio → la sección no fisura y se calcula si  $w_k^+ = 1,7 \cdot \varepsilon_s \cdot \varepsilon_{sm}$  es < de 0,1 mm en el caso del empuje hidrostático y es < 0,2 mm para el empuje de tierras, para el armado seleccionado.

El cálculo se ha modelizado en una hoja de cálculo, resultando para cada depósito los siguientes resultados que se dan en hojas anexas.

## 13 CÁLCULO DEL DEPÓSITO DE HOMOGENIZACIÓN

### 13.1 Materiales

<b>HORMIGON</b>		HA-30
Coef. Seguridad Hormigón....	$\gamma_c$	1,50
Recubrimiento.....	<b>Rec</b>	0,050 m
Resistencia característica.....	$f_{ck}$	30 MPa
Resistencia a tracción media.....	$f_{ct,m}$	2,90 MPa
Mód. Def. Longitudinal.....	$E_c$	28577 MPa
Coef de Poisson.....	$\nu$	0,2
<b>ACERO</b>		B500S
Coef. Seguridad Acero.....	$\gamma_s$	1,15
Resistencia característica.....	$f_{yk}$	500 MPa
Mód. Def. Longitudinal acero.....	$E_s$	200000 MPa

### 13.2 Parámetros del depósito

Espesor del muro.....	$e$	0,30 m
Radio interior del depósito.....	$\emptyset$	10,00 m
Altura de Aguas Residuales.....	$H_w$	4,50 m
Resguardo.....	<b>Res</b>	0,50 m
Altura de depósito.....	<b>H</b>	<b>5,00 m</b>
Altura de tierras.....	$H_T$	1,00 m
Altura del Nivel freático.....	$H_{NF}$	0,00 m
Sobrecarga en trasdós.....	$q$	0,00 kN/m <sup>2</sup>
Coef. cilíndrico de forma.....	$\lambda$	0,752 m <sup>-1</sup>
Rigidez de la lámina.....	<b>D</b>	66976,9 kN·m

### 13.3 Parámetros del terreno

Peso de tierras.....	$\gamma_T$	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico de Agua.....	$\gamma_w$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso tierra sumergida.....	$\gamma_s$	12,00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de rozamiento interno.....	$\alpha$	27,5 °
Coeficiente de empuje Hztal....	$\lambda_H$	0,368

### 13.4 Hipótesis 1 Empuje hidrostático

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,5$

x(H)	E <sub>HDR</sub> Ew(x)	M <sub>xd</sub>	Q <sub>x(x)</sub> TOTAL	N $\phi$ (x) TOTAL	N $\phi$ (x) TOTAL
5,00 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-1,3 kN	-37,2 kN	62,8 kN
4,95 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-1,4 kN	-31,7 kN	58,3 kN
4,90 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-1,5 kN	-26,2 kN	53,8 kN
4,85 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-1,6 kN	-20,7 kN	49,3 kN
4,80 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-1,7 kN	-15,3 kN	44,7 kN
4,75 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-1,8 kN	-9,8 kN	40,2 kN
4,70 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-1,9 kN	-4,3 kN	35,7 kN
4,65 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-2,0 kN	1,1 kN	31,1 kN
4,60 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-2,2 kN	6,6 kN	26,6 kN
4,55 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	0,00 kN-m	-2,3 kN	12,0 kN	22,0 kN
4,50 m	0,00 kN/m <sup>2</sup>	-0,90 kN-m	-2,4 kN	17,4 kN	17,4 kN
4,45 m	0,50 kN/m <sup>2</sup>	-1,02 kN-m	-2,5 kN	22,8 kN	12,8 kN
4,40 m	1,00 kN/m <sup>2</sup>	-1,15 kN-m	-2,7 kN	28,1 kN	8,1 kN
4,35 m	1,50 kN/m <sup>2</sup>	-1,29 kN-m	-2,8 kN	33,5 kN	3,5 kN
4,30 m	2,00 kN/m <sup>2</sup>	-1,43 kN-m	-3,0 kN	38,8 kN	-1,2 kN
4,25 m	2,50 kN/m <sup>2</sup>	-1,58 kN-m	-3,1 kN	44,1 kN	-5,9 kN
4,20 m	3,00 kN/m <sup>2</sup>	-1,74 kN-m	-3,2 kN	49,3 kN	-10,7 kN
4,15 m	3,50 kN/m <sup>2</sup>	-1,91 kN-m	-3,4 kN	54,6 kN	-15,4 kN
4,10 m	4,00 kN/m <sup>2</sup>	-2,08 kN-m	-3,5 kN	59,7 kN	-20,3 kN
4,05 m	4,50 kN/m <sup>2</sup>	-2,26 kN-m	-3,7 kN	64,9 kN	-25,1 kN
4,00 m	5,00 kN/m <sup>2</sup>	-2,45 kN-m	-3,8 kN	69,9 kN	-30,1 kN
3,95 m	5,50 kN/m <sup>2</sup>	-2,64 kN-m	-4,0 kN	75,0 kN	-35,0 kN
3,90 m	6,00 kN/m <sup>2</sup>	-2,85 kN-m	-4,1 kN	79,9 kN	-40,1 kN
3,85 m	6,50 kN/m <sup>2</sup>	-3,06 kN-m	-4,3 kN	84,9 kN	-45,1 kN
3,80 m	7,00 kN/m <sup>2</sup>	-3,27 kN-m	-4,4 kN	89,7 kN	-50,3 kN
3,75 m	7,50 kN/m <sup>2</sup>	-3,50 kN-m	-4,6 kN	94,5 kN	-55,5 kN
3,70 m	8,00 kN/m <sup>2</sup>	-3,73 kN-m	-4,7 kN	99,2 kN	-60,8 kN
3,65 m	8,50 kN/m <sup>2</sup>	-3,97 kN-m	-4,9 kN	103,8 kN	-66,2 kN
3,60 m	9,00 kN/m <sup>2</sup>	-4,22 kN-m	-5,0 kN	108,3 kN	-71,7 kN
3,55 m	9,50 kN/m <sup>2</sup>	-4,47 kN-m	-5,1 kN	112,8 kN	-77,2 kN
3,50 m	10,00 kN/m <sup>2</sup>	-4,73 kN-m	-5,3 kN	117,1 kN	-82,9 kN
3,45 m	10,50 kN/m <sup>2</sup>	-5,00 kN-m	-5,4 kN	121,4 kN	-88,6 kN
3,40 m	11,00 kN/m <sup>2</sup>	-5,27 kN-m	-5,5 kN	125,5 kN	-94,5 kN
3,35 m	11,50 kN/m <sup>2</sup>	-5,55 kN-m	-5,6 kN	129,6 kN	-100,4 kN
3,30 m	12,00 kN/m <sup>2</sup>	-5,83 kN-m	-5,7 kN	133,5 kN	-106,5 kN
3,25 m	12,50 kN/m <sup>2</sup>	-6,12 kN-m	-5,8 kN	137,3 kN	-112,7 kN
3,20 m	13,00 kN/m <sup>2</sup>	-6,41 kN-m	-5,9 kN	140,9 kN	-119,1 kN
3,15 m	13,50 kN/m <sup>2</sup>	-6,71 kN-m	-6,0 kN	144,5 kN	-125,5 kN
3,10 m	14,00 kN/m <sup>2</sup>	-7,01 kN-m	-6,1 kN	147,8 kN	-132,2 kN
3,05 m	14,50 kN/m <sup>2</sup>	-7,32 kN-m	-6,1 kN	151,1 kN	-138,9 kN
3,00 m	15,00 kN/m <sup>2</sup>	-7,62 kN-m	-6,1 kN	154,1 kN	-145,9 kN
2,95 m	15,50 kN/m <sup>2</sup>	-7,93 kN-m	-6,2 kN	157,0 kN	-153,0 kN
2,90 m	16,00 kN/m <sup>2</sup>	-8,24 kN-m	-6,2 kN	159,8 kN	-160,2 kN
2,85 m	16,50 kN/m <sup>2</sup>	-8,55 kN-m	-6,2 kN	162,4 kN	-167,6 kN
2,80 m	17,00 kN/m <sup>2</sup>	-8,86 kN-m	-6,1 kN	164,7 kN	-175,3 kN
2,75 m	17,50 kN/m <sup>2</sup>	-9,16 kN-m	-6,1 kN	166,9 kN	-183,1 kN
2,70 m	18,00 kN/m <sup>2</sup>	-9,47 kN-m	-6,0 kN	168,9 kN	-191,1 kN

2,65 m	18,50 kN/m <sup>2</sup>	-9,76 kN·m	-5,9 kN	170,7 kN	-199,3 kN
2,60 m	19,00 kN/m <sup>2</sup>	-10,06 kN·m	-5,8 kN	172,3 kN	-207,7 kN
2,55 m	19,50 kN/m <sup>2</sup>	-10,34 kN·m	-5,7 kN	173,7 kN	-216,3 kN
2,50 m	20,00 kN/m <sup>2</sup>	-10,62 kN·m	-5,5 kN	174,8 kN	-225,2 kN
2,45 m	20,50 kN/m <sup>2</sup>	-10,89 kN·m	-5,3 kN	175,8 kN	-234,2 kN
2,40 m	21,00 kN/m <sup>2</sup>	-11,15 kN·m	-5,0 kN	176,5 kN	-243,5 kN
2,35 m	21,50 kN/m <sup>2</sup>	-11,39 kN·m	-4,8 kN	176,9 kN	-253,1 kN
2,30 m	22,00 kN/m <sup>2</sup>	-11,63 kN·m	-4,5 kN	177,1 kN	-262,9 kN
2,25 m	22,50 kN/m <sup>2</sup>	-11,84 kN·m	-4,1 kN	177,1 kN	-272,9 kN
2,20 m	23,00 kN/m <sup>2</sup>	-12,04 kN·m	-3,8 kN	176,8 kN	-283,2 kN
2,15 m	23,50 kN/m <sup>2</sup>	-12,21 kN·m	-3,3 kN	176,3 kN	-293,7 kN
2,10 m	24,00 kN/m <sup>2</sup>	-12,37 kN·m	-2,9 kN	175,5 kN	-304,5 kN
2,05 m	24,50 kN/m <sup>2</sup>	-12,50 kN·m	-2,4 kN	174,4 kN	-315,6 kN
2,00 m	25,00 kN/m <sup>2</sup>	-12,61 kN·m	-1,8 kN	173,1 kN	-326,9 kN
1,95 m	25,50 kN/m <sup>2</sup>	-12,68 kN·m	-1,2 kN	171,5 kN	-338,5 kN
1,90 m	26,00 kN/m <sup>2</sup>	-12,73 kN·m	-0,6 kN	169,6 kN	-350,4 kN
1,85 m	26,50 kN/m <sup>2</sup>	-12,74 kN·m	0,1 kN	167,4 kN	-362,6 kN
1,80 m	27,00 kN/m <sup>2</sup>	-12,71 kN·m	0,9 kN	165,0 kN	-375,0 kN
1,75 m	27,50 kN/m <sup>2</sup>	-12,64 kN·m	1,7 kN	162,3 kN	-387,7 kN
1,70 m	28,00 kN/m <sup>2</sup>	-12,54 kN·m	2,6 kN	159,4 kN	-400,6 kN
1,65 m	28,50 kN/m <sup>2</sup>	-12,38 kN·m	3,5 kN	156,2 kN	-413,8 kN
1,60 m	29,00 kN/m <sup>2</sup>	-12,18 kN·m	4,5 kN	152,7 kN	-427,3 kN
1,55 m	29,50 kN/m <sup>2</sup>	-11,93 kN·m	5,6 kN	148,9 kN	-441,1 kN
1,50 m	30,00 kN/m <sup>2</sup>	-11,62 kN·m	6,7 kN	144,9 kN	-455,1 kN
1,45 m	30,50 kN/m <sup>2</sup>	-11,26 kN·m	7,9 kN	140,7 kN	-469,3 kN
1,40 m	31,00 kN/m <sup>2</sup>	-10,83 kN·m	9,2 kN	136,2 kN	-483,8 kN
1,35 m	31,50 kN/m <sup>2</sup>	-10,33 kN·m	10,5 kN	131,4 kN	-498,6 kN
1,30 m	32,00 kN/m <sup>2</sup>	-9,77 kN·m	11,9 kN	126,5 kN	-513,5 kN
1,25 m	32,50 kN/m <sup>2</sup>	-9,14 kN·m	13,4 kN	121,4 kN	-528,6 kN
1,20 m	33,00 kN/m <sup>2</sup>	-8,43 kN·m	15,0 kN	116,0 kN	-544,0 kN
1,15 m	33,50 kN/m <sup>2</sup>	-7,64 kN·m	16,6 kN	110,5 kN	-559,5 kN
1,10 m	34,00 kN/m <sup>2</sup>	-6,76 kN·m	18,4 kN	104,8 kN	-575,2 kN
1,05 m	34,50 kN/m <sup>2</sup>	-5,80 kN·m	20,2 kN	99,0 kN	-591,0 kN
1,00 m	35,00 kN/m <sup>2</sup>	-4,74 kN·m	22,1 kN	93,0 kN	-607,0 kN
0,95 m	35,50 kN/m <sup>2</sup>	-3,59 kN·m	24,0 kN	87,0 kN	-623,0 kN
0,90 m	36,00 kN/m <sup>2</sup>	-2,34 kN·m	26,1 kN	80,8 kN	-639,2 kN
0,85 m	36,50 kN/m <sup>2</sup>	-0,98 kN·m	28,2 kN	74,6 kN	-655,4 kN
0,80 m	37,00 kN/m <sup>2</sup>	0,48 kN·m	30,4 kN	68,4 kN	-671,6 kN
0,75 m	37,50 kN/m <sup>2</sup>	2,06 kN·m	32,7 kN	62,2 kN	-687,8 kN
0,70 m	38,00 kN/m <sup>2</sup>	3,76 kN·m	35,1 kN	56,1 kN	-703,9 kN
0,65 m	38,50 kN/m <sup>2</sup>	5,58 kN·m	37,6 kN	50,0 kN	-720,0 kN
0,60 m	39,00 kN/m <sup>2</sup>	7,52 kN·m	40,2 kN	44,1 kN	-735,9 kN
0,55 m	39,50 kN/m <sup>2</sup>	9,59 kN·m	42,8 kN	38,3 kN	-751,7 kN
0,50 m	40,00 kN/m <sup>2</sup>	11,80 kN·m	45,5 kN	32,7 kN	-767,3 kN
0,45 m	40,50 kN/m <sup>2</sup>	14,14 kN·m	48,3 kN	27,4 kN	-782,6 kN
0,40 m	41,00 kN/m <sup>2</sup>	16,63 kN·m	51,2 kN	22,3 kN	-797,7 kN
0,35 m	41,50 kN/m <sup>2</sup>	19,26 kN·m	54,1 kN	17,7 kN	-812,3 kN
0,30 m	42,00 kN/m <sup>2</sup>	22,04 kN·m	57,1 kN	13,4 kN	-826,6 kN
0,25 m	42,50 kN/m <sup>2</sup>	24,97 kN·m	60,2 kN	9,6 kN	-840,4 kN
0,20 m	43,00 kN/m <sup>2</sup>	28,06 kN·m	63,4 kN	6,3 kN	-853,7 kN
0,15 m	43,50 kN/m <sup>2</sup>	31,31 kN·m	66,6 kN	3,7 kN	-866,3 kN
0,10 m	44,00 kN/m <sup>2</sup>	34,72 kN·m	69,8 kN	1,7 kN	-878,3 kN
0,05 m	44,50 kN/m <sup>2</sup>	38,29 kN·m	73,1 kN	0,4 kN	-889,6 kN
0,00 m	45,00 kN/m <sup>2</sup>	42,03 kN·m	76,5 kN	0,0 kN	-900,0 kN

Resultando:

<b>ELU</b>		
<b>FLEXIÓN – Empuje Hidrostático</b>		
Mº de cálculo máximo vertical.....	$M_{xd,max}$	<b>42,03 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo vertical.....	$M_{xd,min}$	-12,74 m·kN
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	As(V)	4,29 cm <sup>2</sup>
	As(H)	0,84 cm <sup>2</sup>
		<b>Mínima</b>
		6,00 cm <sup>2</sup>
		6,00 cm <sup>2</sup>

#### AXIL

Esf. característico de tracción.....	$N_{\phi d}$	<b>177,14 kN</b>
Armadura Necesaria: As (H).....	8,86 cm <sup>2</sup>	ø16a20

#### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>76,48 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	-6,18 kN
	$V_{cu}$	135,56 kN

#### ARMADURA POR FLEXIÓN

	As(V)	ø12a15	7,54 cm <sup>2</sup>
	As(H)	ø16a20	10,05 cm <sup>2</sup>

#### ARMADO DEFINITIVO

Armadura Manual: As(V).....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>
Armadura Manual: As(H).....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>

#### DATOS DE SECCIÓN

Ancho.....	<b>b</b>	100,0 cm
Canto.....	<b>h1</b>	30,0 cm
Recubrimiento total.....	<b>Rec1</b>	5,0 cm
Canto útil.....	<b>d_1</b>	25,0 cm

Armadura vertical interior.....	$A_{s1}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	10,00 ø12	
Armadura vertical exterior.....	$A_{s2}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	<b>Sep</b>	8,8 cm
Área efectiva (CASO 2).....	$A_{c,ef}$	750,00 cm <sup>2</sup>

#### SECCIÓN BRUTA-NETA

Área Neta.....	$A_n$	2977,38 cm <sup>2</sup>
Área Bruta.....	$A_b$	3000,00 cm <sup>2</sup>
Inercia Bruta.....	$I_b$	225000,0 cm <sup>4</sup>

#### SECCIÓN HOMOGENEIZADA

Área Homogeneizada.....	$A_h$	3135,69 cm <sup>2</sup>
-------------------------	-------	-------------------------

Centro de gravedad.....	Y <sub>gh</sub>	15,11 cm
Inercia homogeneizada.....	I <sub>h</sub>	240867,6 cm <sup>4</sup>

#### SECCIÓN FISURADA

Centro de gravedad.....	Y <sub>gr</sub>	5,49 cm
Area fisurada.....	A <sub>fis</sub>	707,09 cm <sup>2</sup>
Inercia fisurada.....	I <sub>fis</sub>	35663,6 cm <sup>4</sup>
	Y <sub>fis</sub>	19,51 cm
Relación entre las inercias.....	I <sub>fis</sub> /I <sub>b</sub>	16/100

#### FISURACIÓN INTRADÓS

Tipo de ambiente.....		IIIc, Qa, Qb, Qc
Momento de servicio.....	M <sub>k</sub>	28,02 m·kN
Momento de fisuración.....	M <sub>fis</sub>	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	W <sub>max</sub>	<b>0,1 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	W <sub>k</sub> <sup>+</sup>	<b>0,058 mm</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	s <sub>m</sub>	158,0 mm
Alarg. medio de armaduras.....	ε <sub>srm</sub>	0,000215
Tensión acero en fisuración.....	σ <sub>sr</sub>	176,820 MPa
Tensión servicio acero.....	σ <sub>s</sub>	107,293 MPa

### 13.5 Hipótesis 2 Empuje al trasdós

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,6$

x(H)	E <sub>TIERRAS</sub>	Mxd	Mxd(F)	Qx(x)
	E <sub>T</sub> (x)	Ht	total	TOTAL
5,00 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,95 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,90 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,85 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,80 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,75 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,70 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,65 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,0 kN</b>
4,60 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,1 kN</b>
4,55 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,1 kN</b>
4,50 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,1 kN</b>
4,45 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,1 kN</b>
4,40 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,1 kN</b>
4,35 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,1 kN</b>
4,30 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,2 kN</b>
4,25 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,2 kN</b>
4,20 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,2 kN</b>
4,15 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,2 kN</b>
4,10 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,3 kN</b>
4,05 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,3 kN</b>
4,00 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,3 kN</b>
3,95 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,3 kN</b>
3,90 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	-0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>-0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,4 kN</b>
3,85 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,4 kN</b>

3,80 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,4 kN</b>
3,75 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,5 kN</b>
3,70 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,5 kN</b>
3,65 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,5 kN</b>
3,60 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,6 kN</b>
3,55 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,6 kN</b>
3,50 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,7 kN</b>
3,45 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,7 kN</b>
3,40 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,7 kN</b>
3,35 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,8 kN</b>
3,30 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,8 kN</b>
3,25 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,9 kN</b>
3,20 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,4 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,4 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,9 kN</b>
3,15 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,4 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,4 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,0 kN</b>
3,10 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,0 kN</b>
3,05 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,1 kN</b>
3,00 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,1 kN</b>
2,95 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,2 kN</b>
2,90 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,7 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,7 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,2 kN</b>
2,85 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,8 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,8 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,3 kN</b>
2,80 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,8 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,8 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,3 kN</b>
2,75 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	0,9 kN/m <sup>2</sup>	<b>0,9 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,4 kN</b>
2,70 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,5 kN</b>
2,65 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,5 kN</b>
2,60 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,6 kN</b>
2,55 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,6 kN</b>
2,50 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,7 kN</b>
2,45 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,4 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,4 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,7 kN</b>
2,40 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,8 kN</b>
2,35 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,8 kN</b>
2,30 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,9 kN</b>
2,25 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,7 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,7 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,9 kN</b>
2,20 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,8 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,8 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,0 kN</b>
2,15 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	1,9 kN/m <sup>2</sup>	<b>1,9 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,0 kN</b>
2,10 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,0 kN</b>
2,05 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,1 kN</b>
2,00 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,1 kN</b>
1,95 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,90 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,85 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,80 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,7 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,7 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,75 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,8 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,8 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,70 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	2,9 kN/m <sup>2</sup>	<b>2,9 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,65 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,60 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,55 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,50 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,45 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,2 kN</b>
1,40 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,1 kN</b>
1,35 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,7 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,7 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,1 kN</b>
1,30 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,8 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,8 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,0 kN</b>
1,25 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	3,9 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,9 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>2,0 kN</b>
1,20 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	4,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,9 kN</b>
1,15 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	4,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,8 kN</b>



1,10 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	4,1 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,1 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,7 kN</b>
1,05 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	4,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,6 kN</b>
1,00 m	0,0 kN/m <sup>2</sup>	4,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,5 kN</b>
0,95 m	0,3 kN/m <sup>2</sup>	4,4 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,4 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,3 kN</b>
0,90 m	0,7 kN/m <sup>2</sup>	4,4 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,4 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,2 kN</b>
0,85 m	1,0 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>1,0 kN</b>
0,80 m	1,4 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,8 kN</b>
0,75 m	1,7 kN/m <sup>2</sup>	4,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,6 kN</b>
0,70 m	2,1 kN/m <sup>2</sup>	4,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,4 kN</b>
0,65 m	2,4 kN/m <sup>2</sup>	4,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,1 kN</b>
0,60 m	2,8 kN/m <sup>2</sup>	4,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-0,1 kN</b>
0,55 m	3,1 kN/m <sup>2</sup>	4,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-0,4 kN</b>
0,50 m	3,5 kN/m <sup>2</sup>	4,6 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,6 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-0,7 kN</b>
0,45 m	3,8 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-1,0 kN</b>
0,40 m	4,2 kN/m <sup>2</sup>	4,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-1,4 kN</b>
0,35 m	4,5 kN/m <sup>2</sup>	4,4 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,4 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-1,7 kN</b>
0,30 m	4,9 kN/m <sup>2</sup>	4,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-2,1 kN</b>
0,25 m	5,2 kN/m <sup>2</sup>	4,2 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,2 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-2,5 kN</b>
0,20 m	5,6 kN/m <sup>2</sup>	4,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>4,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-3,0 kN</b>
0,15 m	5,9 kN/m <sup>2</sup>	3,9 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,9 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-3,4 kN</b>
0,10 m	6,3 kN/m <sup>2</sup>	3,7 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,7 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-3,9 kN</b>
0,05 m	6,6 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,5 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-4,4 kN</b>
0,00 m	7,0 kN/m <sup>2</sup>	3,3 kN/m <sup>2</sup>	<b>3,3 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>-5,0 kN</b>

Resultando:

#### FLEXIÓN

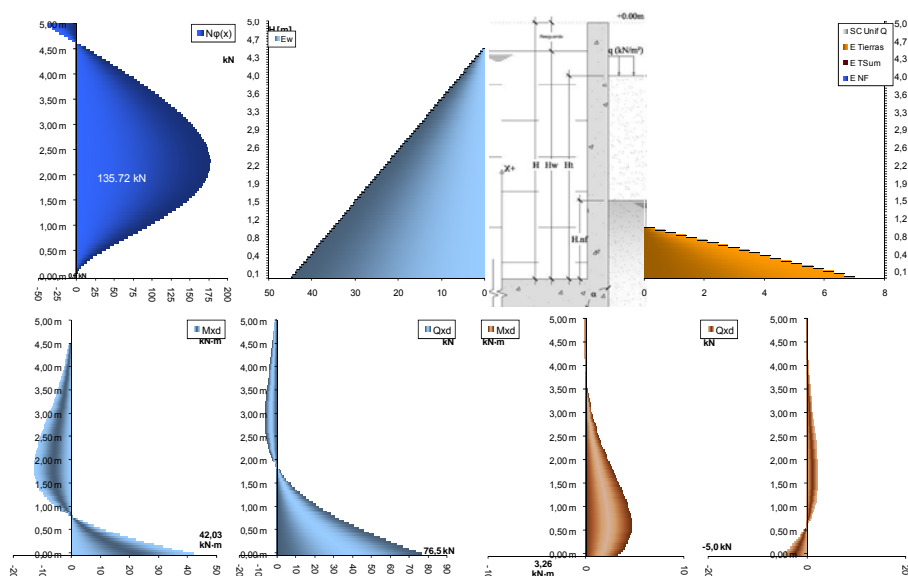
M° de cálculo máximo.....	$M_{xd,max}$	<b>0,20 m·kN</b>
M° de cálculo mínimo.....	$M_{xd,min}$	<b>-4,62 m·kN</b>
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	<b>As(V)</b>	<b>0,02 cm<sup>2</sup></b>
	<b>As(H)</b>	<b>0,00 cm<sup>2</sup></b>
		<b>Mínima</b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>

#### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>2,24 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	<b>-4,99 kN</b>

#### FISURACIÓN TRASDÓS

Tipo de ambiente.....		<b>IIIa,IIIb,IV, F</b>
Momento de servicio.....	$M_k$	<b>0,13 m·kN</b>
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,2 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,00027</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	<b>158,0 mm</b>
Alargamiento medio de armaduras....	$\epsilon_{srm}$	<b>0,000001</b>
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	<b>176,820 MPa</b>
Tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	<b>0,509 MPa</b>



## 14 Cálculo del depósito Reactor anóxico

### 14.1 Materiales

<b>HORMIGON</b>		HA-30
Coef. Seguridad Hormigón....	$\gamma_c$	1,50
Recubrimiento.....	Rec	0,050 m
Resistencia característica.....	$f_{ck}$	30 MPa
Resistencia a tracción media.....	$f_{ct,m}$	2,90 MPa
Mód. Def. Longitudinal.....	$E_c$	28577 MPa
Coef de Poisson.....	$\nu$	0,2
<b>ACERO</b>		B500S
Coef. Seguridad Acero.....	$\gamma_s$	1,15
Resistencia característica.....	$f_{yk}$	500 MPa
Mód. Def. Longitudinal acero.....	$E_s$	200000 MPa

### 14.2 Parámetros del depósito

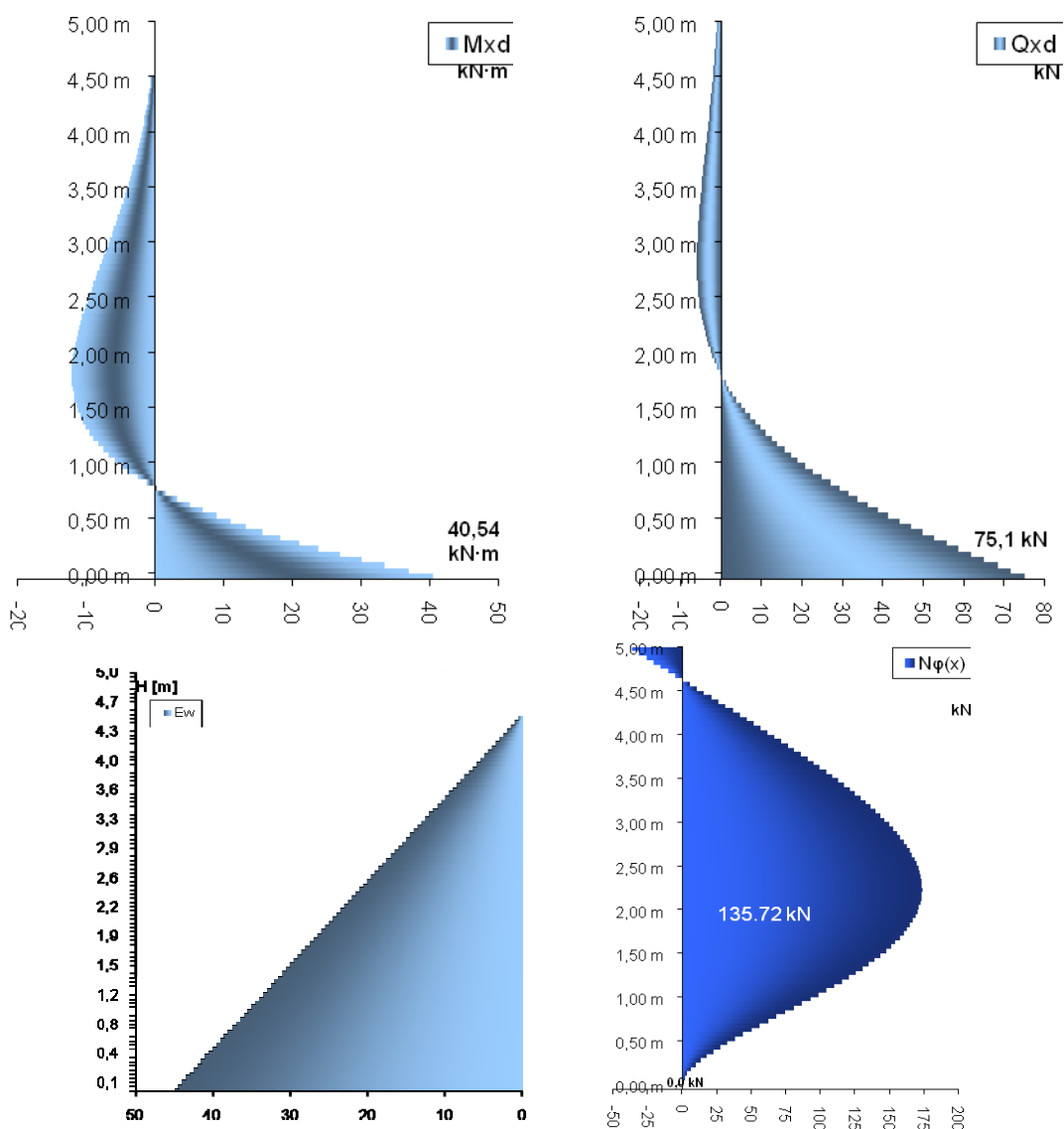
Espesor del muro.....	e	0,30 m
Radio interior del depósito.....	$\emptyset$	9,56 m
Altura de Aguas Residuales.....	$H_w$	4,50 m
Resguardo.....	Res	0,50 m
Altura de depósito.....	H	5,00 m
Altura de tierras.....	$H_T$	0,50 m
Altura del Nivel freático.....	$H_{NF}$	0,00 m
Sobrecarga en trasdós.....	q	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Coef. cilíndrico de forma.....	$\lambda$	0,769 m <sup>-1</sup>
Rigidez de la lámina.....	D	66976,9 kN·m

### 14.3 Parámetros del terreno

Peso de tierras.....	$\gamma_T$	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico de Agua.....	$\gamma_w$	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso tierra sumergida.....	$\gamma_s$	12,00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de rozamiento interno.....	$\alpha$	27,5 °
Coefficiente de empuje Hztal....	$\lambda_H$	0,368

#### 14.4 Hipótesis 1 Empuje hidrostático

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,5$



Resultando:

### ELU

#### FLEXIÓN – Empuje Hidrostático

Mº de cálculo máximo vertical.....	$M_{xd,max}$	<b>40,54 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo vertical.....	$M_{xd,min}$	-12,15 m·kN
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	As(V)	4,13 cm <sup>2</sup>
	As(H)	0,81 cm <sup>2</sup>
		<b>Mínima</b>
		6,00 cm <sup>2</sup>
		6,00 cm <sup>2</sup>

#### AXIL

Esf. característico de tracción.....	$N_{\phi d}$	<b>173,70 kN</b>
Armadura Necesaria: As (H).....	8,68 cm <sup>2</sup>	ø16a20

#### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>75,06 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	-6,18 kN
	$V_{cu}$	135,56 kN

#### ARMADURA POR FLEXIÓN

	As(V)	ø12a15	7,54 cm <sup>2</sup>
	As(H)	ø16a20	10,05 cm <sup>2</sup>

#### ARMADO DEFINITIVO

Armadura Manual: As(V).....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>
Armadura Manual: As(H).....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>

#### DATOS DE SECCIÓN

Ancho.....	<b>b</b>	100,0 cm
Canto.....	<b>h1</b>	30,0 cm
Recubrimiento total.....	<b>Rec1</b>	5,0 cm
Canto útil.....	<b>d_1</b>	25,0 cm
Armadura vertical interior.....	$A_{s1}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	10,00 ø12	
Armadura vertical exterior.....	$A_{s2}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	<b>Sep</b>	8,8 cm
Área efectiva (CASO 2).....	$A_{c,ef}$	750,00 cm <sup>2</sup>

#### SECCIÓN BRUTA-NETA

Área Neta.....	$A_n$	2977,38 cm <sup>2</sup>
Área Bruta.....	$A_b$	3000,00 cm <sup>2</sup>
Inercia Bruta.....	$I_b$	225000,0 cm <sup>4</sup>

#### SECCIÓN HOMOGENEIZADA

Área Homogeneizada.....	$A_h$	3135,69 cm <sup>2</sup>
Centro de gravedad.....	$Y_{gh}$	15,11 cm
Inercia homogeneizada.....	$I_h$	240867,6 cm <sup>4</sup>

### SECCIÓN FISURADA

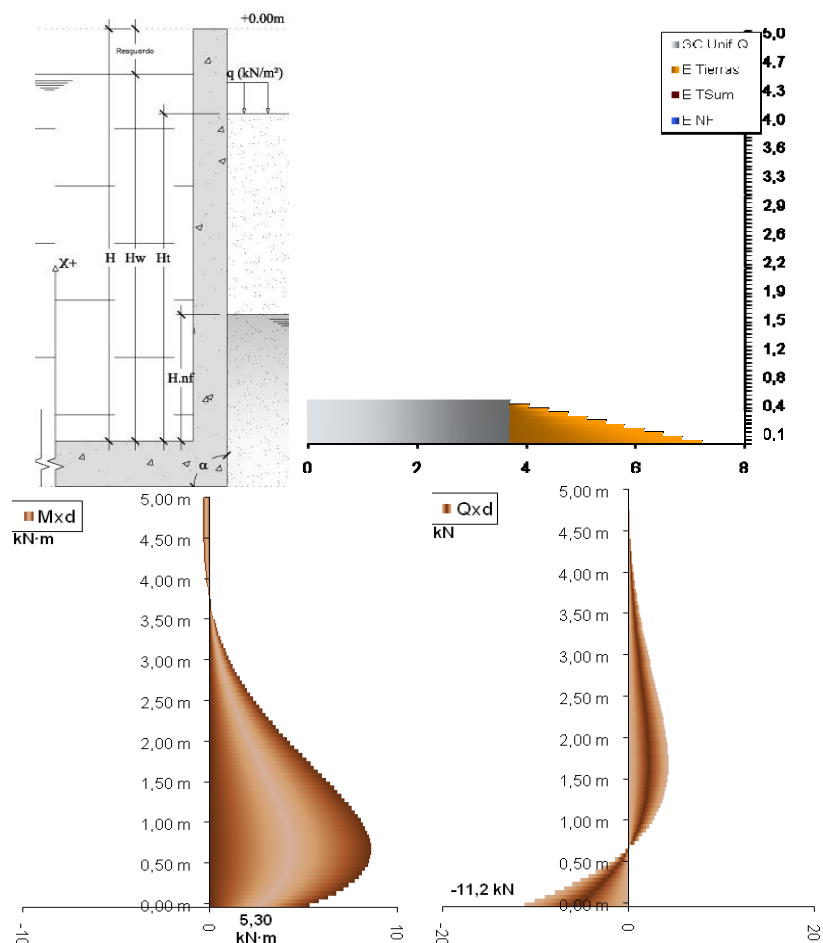
Centro de gravedad.....	$Y_{gr}$	5,49 cm
Área fisurada.....	$A_{fis}$	707,09 cm <sup>2</sup>
Inercia fisurada.....	$I_{fis}$	35663,6 cm <sup>4</sup>
	$Y_{fis}$	19,51 cm
Relación entre las inercias.....	$I_{fis}/I_b$	16/100

### FISURACIÓN INTRADÓS

Tipo de ambiente.....		IIIc, Qa, Qb, Qc
Momento de servicio.....	$M_k$	27,03 m·kN
Momento de fisuración .....	$M_{fis}$	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,1 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,058 mm</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	158,0 mm
Alargamiento. medio de armaduras.....	$\epsilon_{srm}$	0,000207
Tensión acero en fisuración .....	$\sigma_{sr}$	176,820 MPa
tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	103,485 MPa

## 14.5 Hipótesis 2 Empuje al trasdós

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,6$



Resultando:

### FLEXIÓN

Mº de cálculo máximo.....	$M_{xd,max}$	<b>0,37 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo.....	$M_{xd,min}$	-8,62 m·kN
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	<b>As(V)</b>	<b>0,04 cm<sup>2</sup></b>
	<b>As(H)</b>	<b>0,01 cm<sup>2</sup></b>
		<b>Mínima</b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>

### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	4,28 kN
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	<b>-11,24 kN</b>

### FISURACIÓN TRASDÓS

Tipo de ambiente.....		IIIa,IIIb,IV, F
Momento de servicio.....	$M_k$	0,25 m·kN
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,2 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,00051</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	158,0 mm
Alargamiento medio de armaduras....	$\epsilon_{srm}$	0,000002
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	176,820 MPa
Tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	0,951 MPa

## 15 Cálculo del depósito Reactor óxico

### 15.1 Materiales

<b>HORMIGON</b>		HA-30
Coef. Seguridad Hormigón....	$\gamma_c$	1,50
Recubrimiento.....	Rec	0,050 m
Resistencia característica.....	$f_{ck}$	30 MPa
Resistencia a tracción media.....	$f_{ct,m}$	2,90 MPa
Mód. Def. Longitudinal.....	$E_c$	28577 MPa
Coef de Poisson.....	$\nu$	0,2
<b>ACERO</b>		B500S
Coef. Seguridad Acero.....	$\gamma_s$	1,15
Resistencia característica.....	$f_{yk}$	500 MPa
Mód. Def. Longitudinal acero.....	$E_s$	200000 MPa

### 15.2 Parámetros del depósito

Espesor del muro.....	$e$	0,30 m
Radio interior del depósito.....	$\emptyset$	10,52 m
Altura de Aguas Residuales.....	$H_w$	4,50 m

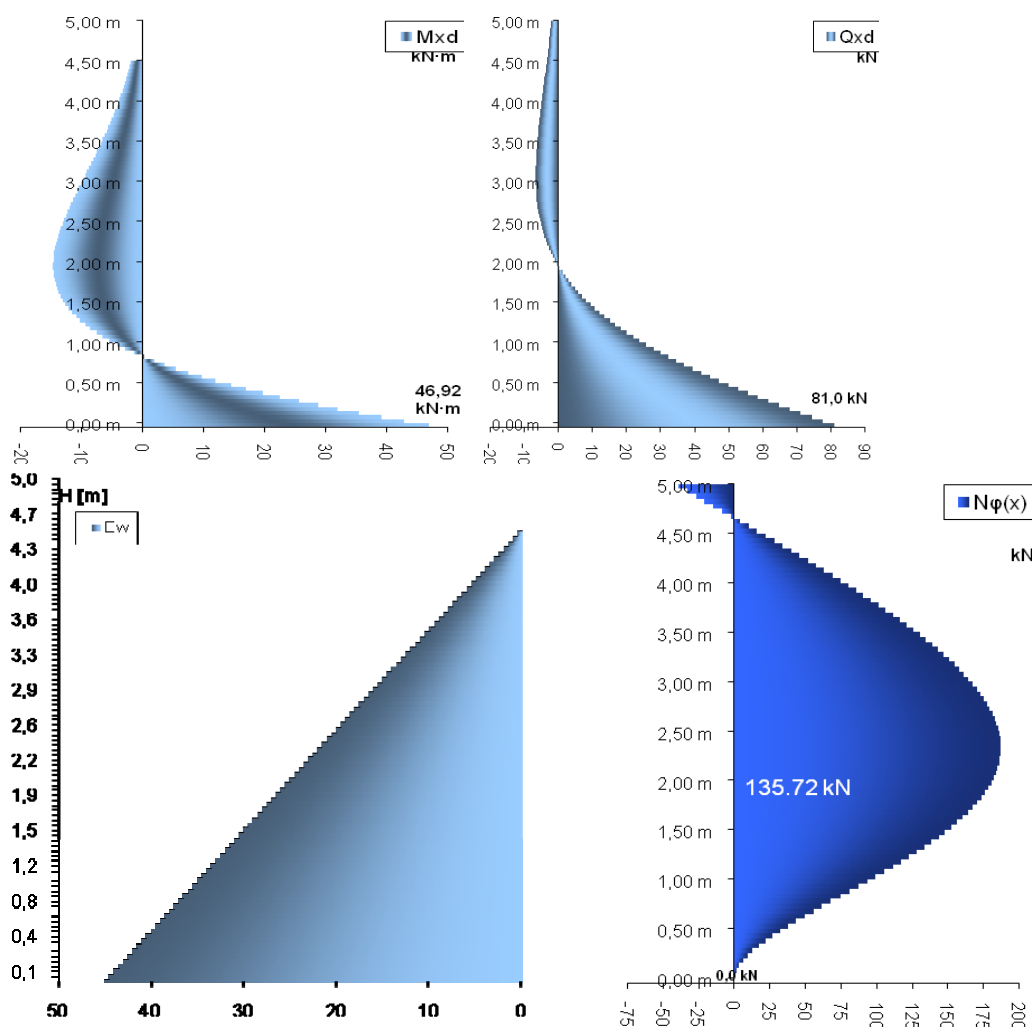
Resguardo.....	Res	0,50 m
Altura de depósito.....	H	5,00 m
Altura de tierras.....	H <sub>T</sub>	0,50 m
Altura del Nivel freático.....	H <sub>NF</sub>	0,00 m
Sobrecarga en trasdós.....	q	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Coef. cilíndrico de forma.....	λ	0,701 m <sup>-1</sup>
Rigidez de la lámina.....	D	66976,9 kN·m

### 15.3 Parámetros del terreno

Peso de tierras.....	γ <sub>T</sub>	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico de Agua.....	γ <sub>w</sub>	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso tierra sumergida.....	γ <sub>s</sub>	12,00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de rozamiento interno.....	α	27,5 °
Coeficiente de empuje Hztal....	λ <sub>H</sub>	0,368

### 15.4 Hipótesis 1 Empuje hidrostático

Coeficiente acciones variables γ<sub>f</sub> = 1,5



Resultando:

### ELU

#### FLEXIÓN – Empuje Hidrostático

Mº de cálculo máximo vertical.....	$M_{xd,max}$	<b>46,92 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo vertical.....	$M_{xd,min}$	-14,73 m·kN
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	$A_s(V)$	<b>4,80 cm<sup>2</sup></b>
	$A_s(H)$	0,84 cm <sup>2</sup>
		<b>Mínima</b>
		<b>6,00 cm<sup>2</sup></b>
		6,00 cm <sup>2</sup>

#### AXIL

Esf. característico de tracción.....	$N_{\phi d}$	<b>173,70 kN</b>
Armadura Necesaria: $A_s(H)$ .....	9,36 cm <sup>2</sup>	ø16a20

#### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>81,03kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	-6,66 kN
	$V_{cu}$	135,56 kN

#### ARMADURA POR FLEXIÓN

	$A_s(V)$	ø12a15	7,54 cm <sup>2</sup>
	$A_s(H)$	ø16a20	10,05 cm <sup>2</sup>

#### ARMADO DEFINITIVO

<b>Armadura Manual:</b> $A_s(V)$ .....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>
<b>Armadura Manual:</b> $A_s(H)$ .....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>

#### DATOS DE SECCIÓN

Ancho.....	<b>b</b>	100,0 cm
Canto.....	<b>h1</b>	30,0 cm
Recubrimiento total.....	<b>Rec1</b>	5,0 cm
Canto útil.....	<b>d_1</b>	25,0 cm

Armadura vertical interior.....	$A_{s1}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	10,00 ø12	
Armadura vertical exterior.....	$A_{s2}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	<b>Sep</b>	8,8 cm
Área efectiva (CASO 2).....	$A_{c,ef}$	750,00 cm <sup>2</sup>

#### SECCIÓN BRUTA-NETA

Area Neta.....	$A_n$	2977,38 cm <sup>2</sup>
Área Bruta.....	$A_b$	3000,00 cm <sup>2</sup>
Inercia Bruta.....	$I_b$	225000,0 cm <sup>4</sup>

#### SECCIÓN HOMOGENEIZADA

Area Homogeneizada.....	$A_h$	3135,69 cm <sup>2</sup>
Centro de gravedad.....	$Y_{gh}$	15,11 cm



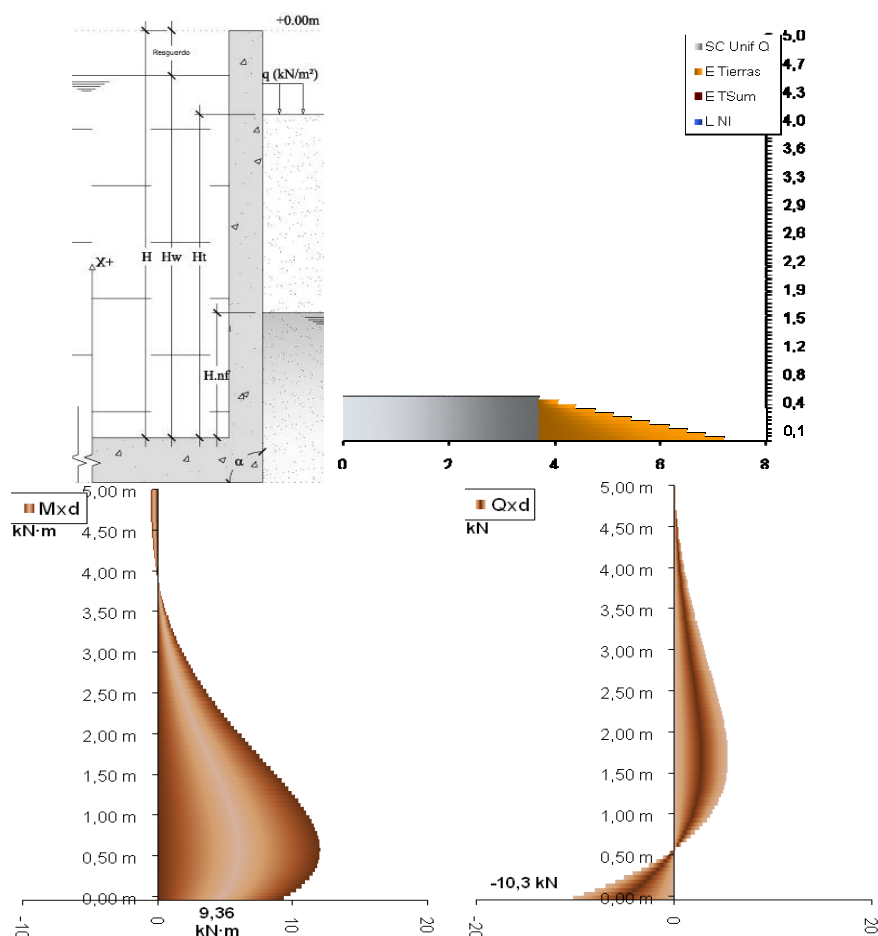
Inercia homogeneizada.....	$I_h$	240867,6 cm <sup>4</sup>
<b>SECCIÓN FISURADA</b>		
Centro de gravedad.....	$Y_{gf}$	5,49 cm
Area fisurada.....	$A_{fis}$	707,09 cm <sup>2</sup>
Inercia fisurada.....	$I_{fis}$	35663,6 cm <sup>4</sup>
	$Y_{fis}$	19,51 cm
Relación entre las inercias.....	$I_{fis}/I_b$	16/100

### FISURACIÓN INTRADÓS

Tipo de ambiente.....		IIIc, Qa, Qb, Qc
Momento de servicio.....	$M_k$	31,28 m·kN
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,1 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,064 mm</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	158,0 mm
Alarg. medio de armaduras.....	$\epsilon_{srm}$	0,000240
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	176,820 MPa
tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	119,762 MPa

## 15.5 Hipótesis 2 Empuje al trasdós

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,6$



Resultando:

<b>FLEXIÓN</b>		
Mº de cálculo máximo.....	$M_{xd,max}$	<b>0,52 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo.....	$M_{xd,min}$	<b>-12,05 m·kN</b>
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	<b>As(V)</b>	<b>0,05 cm<sup>2</sup></b>
	<b>As(H)</b>	<b>0,01 cm<sup>2</sup></b>
		<b>Mínima</b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>

### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>5,44 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	<b>-10,26 kN</b>

### FISURACIÓN TRASDÓS

Tipo de ambiente.....		<b>IIIa,IIIb,IV, F</b>
Momento de servicio.....	$M_k$	0,35 m·kN
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,2 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,00071</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	158,0 mm
Alargamiento medio de armaduras....	$\epsilon_{srm}$	0,000002
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	176,820 MPa
Tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	1,326 MPa

## 16 Cálculo del Decantador secundario

### 16.1 Materiales

<b>HORMIGON</b>		<b>HA-30</b>
Coef. Seguridad Hormigón....	$\gamma_c$	1,50
Recubrimiento.....	<b>Rec</b>	0,050 m
Resistencia característica.....	$f_{ck}$	30 MPa
Resistencia a tracción media.....	$f_{ct,m}$	2,90 MPa
Mód. Def. Longitudinal.....	$E_c$	28577 MPa
Coef de Poisson.....	$\nu$	0,2
<b>ACERO</b>		<b>B500S</b>
Coef. Seguridad Acero.....	$\gamma_s$	1,15
Resistencia característica.....	$f_{yk}$	500 MPa
Mód. Def. Longitudinal acero.....	$E_s$	200000 MPa

### 16.2 Parámetros del depósito

Espesor del muro.....	$e$	0,30 m
Radio interior del depósito.....	$\emptyset$	6,05 m
Altura de Aguas Residuales.....	$H_w$	4,00 m

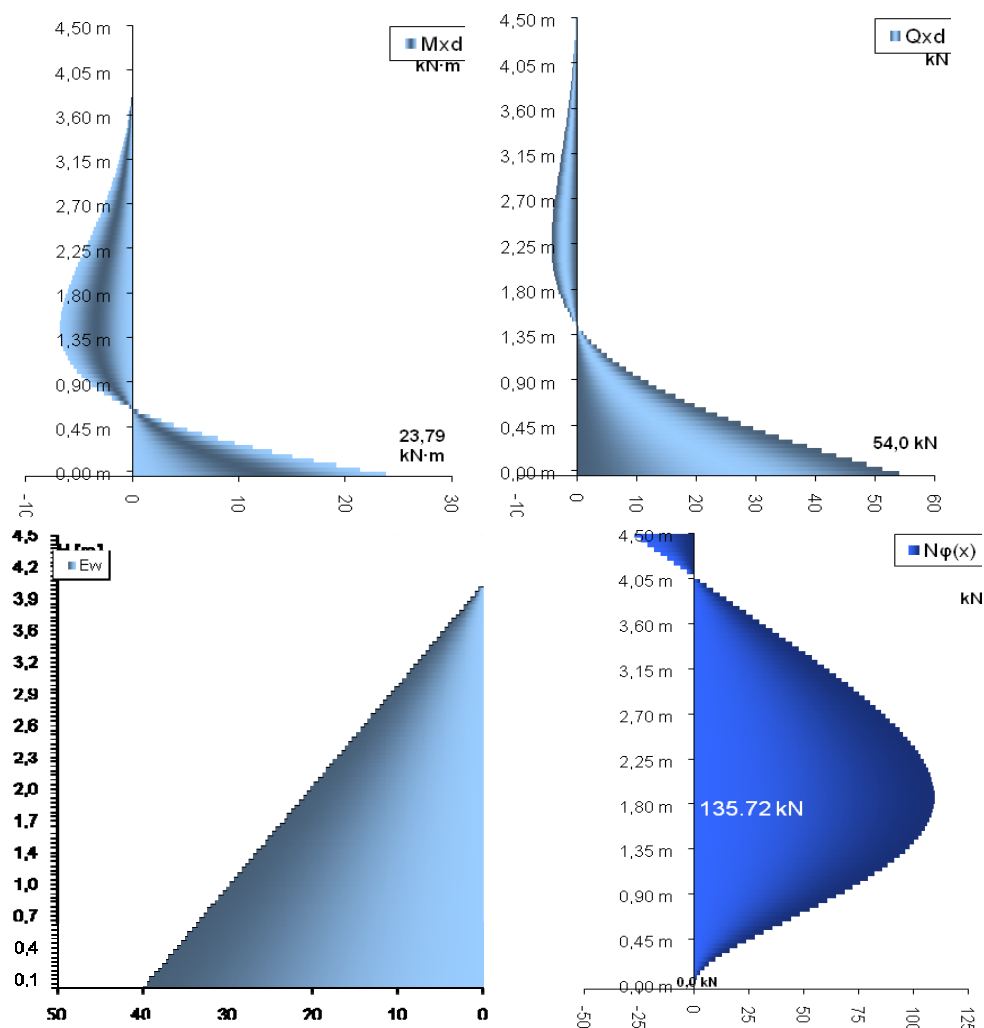
Resguardo.....	Res	0,50 m
Altura de depósito.....	H	4,50 m
Altura de tierras.....	H <sub>T</sub>	0,50 m
Altura del Nivel freático.....	H <sub>NF</sub>	0,00 m
Sobrecarga en trasdós.....	q	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Coef. cilíndrico de forma.....	λ	0,967 m <sup>-1</sup>
Rigidez de la lámina.....	D	66976,9 kN·m

### 16.3 Parámetros del terreno

Peso de tierras.....	γ <sub>T</sub>	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico de Agua.....	γ <sub>w</sub>	10,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso tierra sumergida.....	γ <sub>s</sub>	12,00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de rozamiento interno.....	α	27,5 °
Coeficiente de empuje Hztal....	λ <sub>H</sub>	0,368

### 16.4 Hipótesis 1 Empuje hidrostático

Coeficiente acciones variables γ<sub>f</sub> = 1,5



Resultando:

ELU

### FLEXIÓN – Empuje Hidrostático

Mº de cálculo máximo vertical.....	$M_{xd,max}$	<b>23,79 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo vertical.....	$M_{xd,min}$	-6,80 m·kN
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	<b>As(V)</b>	<b>4,80 cm<sup>2</sup></b>
	<b>As(H)</b>	<b>0,48 cm<sup>2</sup></b>
		<b>Mínima</b>
		<b>6,00 cm<sup>2</sup></b>
		6,00 cm <sup>2</sup>

### AXIL

Esf. característico de tracción.....	$N_{\phi d}$	<b>173,70 kN</b>
Armadura Necesaria: <b>As (H)</b> .....	5,48 cm <sup>2</sup>	ø16a20

### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>54,03 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	-4,24 kN
	$V_{cu}$	118,43 kN

### ARMADURA POR FLEXIÓN

	As(V)	ø12a15	7,54 cm <sup>2</sup>
	As(H)	ø12a15	7,54 cm <sup>2</sup>

### ARMADO DEFINITIVO

<b>Armadura Manual:</b> As(V).....	ø12a15	<b>7,54 cm<sup>2</sup></b>
<b>Armadura Manual:</b> As(H).....	ø12a15	<b>7,54 cm<sup>2</sup></b>

### DATOS DE SECCIÓN

Ancho.....	<b>b</b>	100,0 cm
Canto.....	<b>h1</b>	30,0 cm
Recubrimiento total.....	<b>Rec1</b>	5,0 cm
Canto útil.....	<b>d_1</b>	25,0 cm

Armadura vertical interior.....	$A_{s1}$	7,54 cm <sup>2</sup>
	6,67 ø12	
Armadura vertical exterior.....	$A_{s2}$	7,54 cm <sup>2</sup>
	<b>Sep</b>	14,7 cm
Área efectiva (CASO 2).....	$A_{c,ef}$	750,00 cm <sup>2</sup>

### SECCIÓN BRUTA-NETA

Area Neta.....	$A_n$	2984,82 cm <sup>2</sup>
Área Bruta.....	$A_b$	3000,00 cm <sup>2</sup>
Inercia Bruta.....	$I_b$	225000,0 cm <sup>4</sup>

### SECCIÓN HOMOGENEIZADA

Area Homogeneizada.....	$A_h$	3090,46 cm <sup>2</sup>
Centro de gravedad.....	$Y_{gh}$	15,07 cm

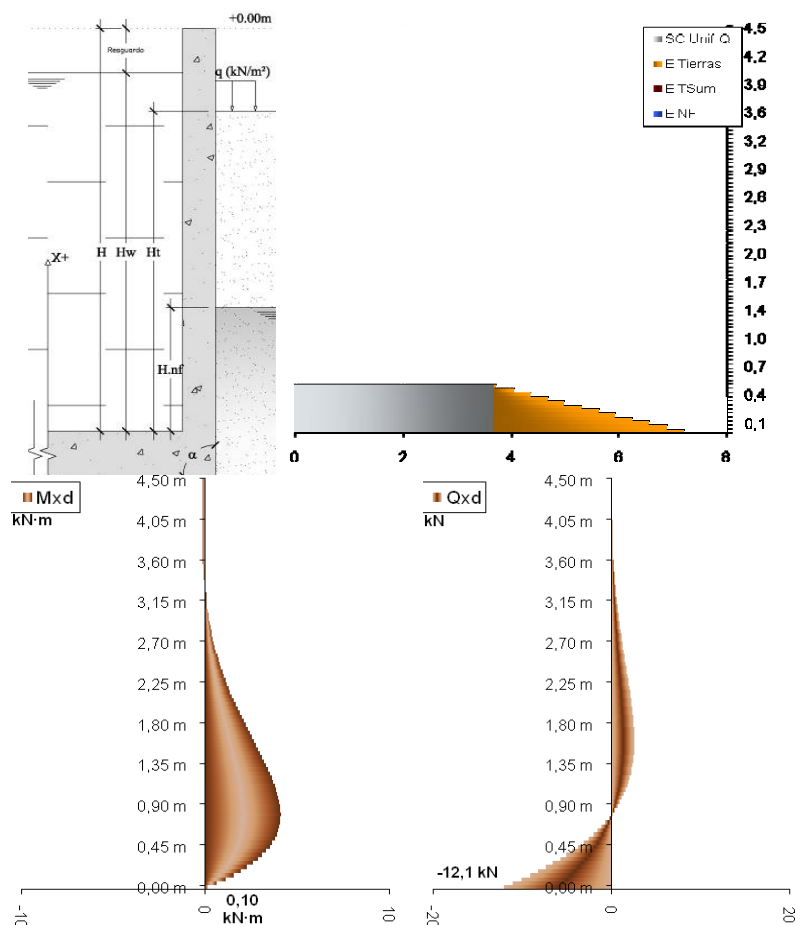
Inercia homogeneizada.....	$I_h$	235570,4 cm <sup>4</sup>
<b>SECCIÓN FISURADA</b>		
Centro de gravedad.....	$Y_{gf}$	4,67 cm
Area fisurada.....	$A_{fis}$	572,50 cm <sup>2</sup>
Inercia fisurada.....	$I_{fis}$	25210,5 cm <sup>4</sup>
	$Y_{fis}$	20,33cm
Relación entre las inercias.....	$I_{fis}/I_b$	11/100

#### FISURACIÓN INTRADÓS

Tipo de ambiente.....	IIIc,Qa,Qb,Qc	
Momento de servicio.....	$M_k$	15,86 m·kN
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>45,27 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,1 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,080 mm</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	263,3 mm
Alarg. medio de armaduras.....	$\epsilon_{sr,m}$	0,000179
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	255,485 MPa
tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	89,502 MPa

### 16.5 Hipótesis 2 Empuje al trasdós

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,6$



Resultando:

### FLEXIÓN

Mº de cálculo máximo.....	$M_{xd,max}$	<b>0,18 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo.....	$M_{xd,min}$	<b>-4,10 m·kN</b>
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	$A_s(V)$	<b>0,02 cm<sup>2</sup></b>
	$A_s(H)$	<b>0,00 cm<sup>2</sup></b>
		<b>Mínima</b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>

### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>2,55 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	<b>-12,10 kN</b>

### FISURACIÓN TRASDÓS

Tipo de ambiente.....		<b>IIIa,IIIb,IV, F</b>
Momento de servicio.....	$M_k$	0,12 m·kN
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>45,27 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,2 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,00059</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	263,3 mm
Alargamiento medio de armaduras....	$\epsilon_{srm}$	0,000001
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	255,485 MPa
Tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	0,666 MPa

## 17 Cálculo del Espesador de fangos

### 17.1 Materiales

<b>HORMIGON</b>		<b>HA-30</b>
Coef. Seguridad Hormigón....	$\gamma_c$	1,50
Recubrimiento.....	<b>Rec</b>	0,050 m
Resistencia característica.....	$f_{ck}$	30 MPa
Resistencia a tracción media.....	$f_{ct,m}$	2,90 MPa
Mód. Def. Longitudinal.....	$E_c$	28577 MPa
Coef de Poisson.....	$\nu$	0,2
<b>ACERO</b>		<b>B500S</b>
Coef. Seguridad Acero.....	$\gamma_s$	1,15
Resistencia característica.....	$f_{yk}$	500 MPa
Mód. Def. Longitudinal acero.....	$E_s$	200000 MPa

### 17.2 Parámetros del depósito

Espesor del muro.....	$e$	0,30 m
Radio interior del depósito.....	$\emptyset$	7,21 m

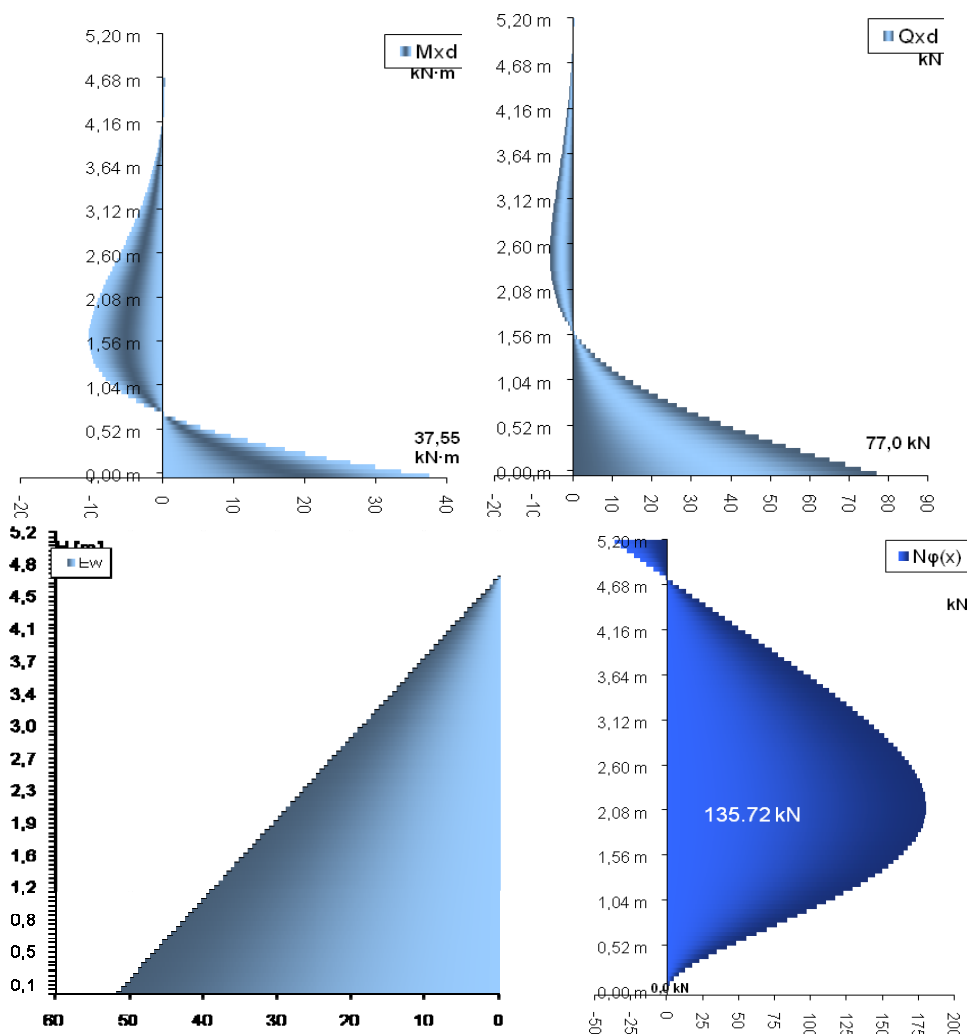
Altura de Aguas Residuales.....	<b>H<sub>w</sub></b>	4,70 m
Resguardo.....	<b>Res</b>	0,50 m
Altura de depósito.....	<b>H</b>	5,20 m
Altura de tierras.....	<b>H<sub>T</sub></b>	0,50 m
Altura del Nivel freático.....	<b>H<sub>NF</sub></b>	0,00 m
Sobrecarga en trasdós.....	<b>q</b>	10,00 kN/m <sup>2</sup>
Coef. cilíndrico de forma.....	<b>λ</b>	0,886 m <sup>-1</sup>
Rigidez de la lámina.....	<b>D</b>	66976,9 kN·m

### 17.3 Parámetros del terreno

Peso de tierras.....	<b>γ<sub>T</sub></b>	19,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico de Agua.....	<b>γ<sub>w</sub></b>	11,00 kN/m <sup>3</sup>
Peso tierra sumergida.....	<b>γ<sub>s</sub></b>	12,00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de rozamiento interno.....	<b>α</b>	27,5 °
Coefficiente de empuje Hztal....	<b>λ<sub>H</sub></b>	0,368

### 17.4 Hipótesis 1 Empuje hidrostático

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,5$



Resultando:

ELU

### FLEXIÓN – Empuje Hidrostático

Mº de cálculo máximo vertical.....	$M_{xd,max}$	<b>37,55 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo vertical.....	$M_{xd,min}$	-10,45 m·kN
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	$A_s(V)$	<b>3,82 cm<sup>2</sup></b>
	$A_s(H)$	0,75 cm <sup>2</sup>
		<b>Mínima</b>
		<b>6,00 cm<sup>2</sup></b>
		6,00 cm <sup>2</sup>

### AXIL

Esf. característico de tracción.....	$N_{\phi d}$	<b>173,70 kN</b>
Armadura Necesaria: $A_s(H)$ .....	9,03 cm <sup>2</sup>	ø16a20

### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>77,03 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	-5,97 kN
	$V_{cu}$	135,56 kN

### ARMADURA POR FLEXIÓN

	$A_s(V)$	ø12a15	7,54 cm <sup>2</sup>
	$A_s(H)$	ø16a20	10,05 cm <sup>2</sup>

### ARMADO DEFINITIVO

<b>Armadura Manual:</b> $A_s(V)$ .....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>
<b>Armadura Manual:</b> $A_s(H)$ .....	ø12a10	<b>11,31 cm<sup>2</sup></b>

### DATOS DE SECCIÓN

Ancho.....	<b>b</b>	100,0 cm
Canto.....	<b>h1</b>	30,0 cm
Recubrimiento total.....	<b>Rec1</b>	5,0 cm
Canto útil.....	<b>d_1</b>	25,0 cm

Armadura vertical interior.....	$A_{s1}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	10 ø12	
Armadura vertical exterior.....	$A_{s2}$	11,31 cm <sup>2</sup>
	<b>Sep</b>	8,8 cm
Área efectiva (CASO 2).....	$A_{c,ef}$	750,00 cm <sup>2</sup>

### SECCIÓN BRUTA-NETA

Area Neta.....	$A_n$	2977,38 cm <sup>2</sup>
Área Bruta.....	$A_b$	3000,00 cm <sup>2</sup>
Inercia Bruta.....	$I_b$	225000,0 cm <sup>4</sup>

### SECCIÓN HOMOGENEIZADA

Area Homogeneizada.....	$A_h$	3135,69 cm <sup>2</sup>
Centro de gravedad.....	$Y_{gh}$	15,11 cm



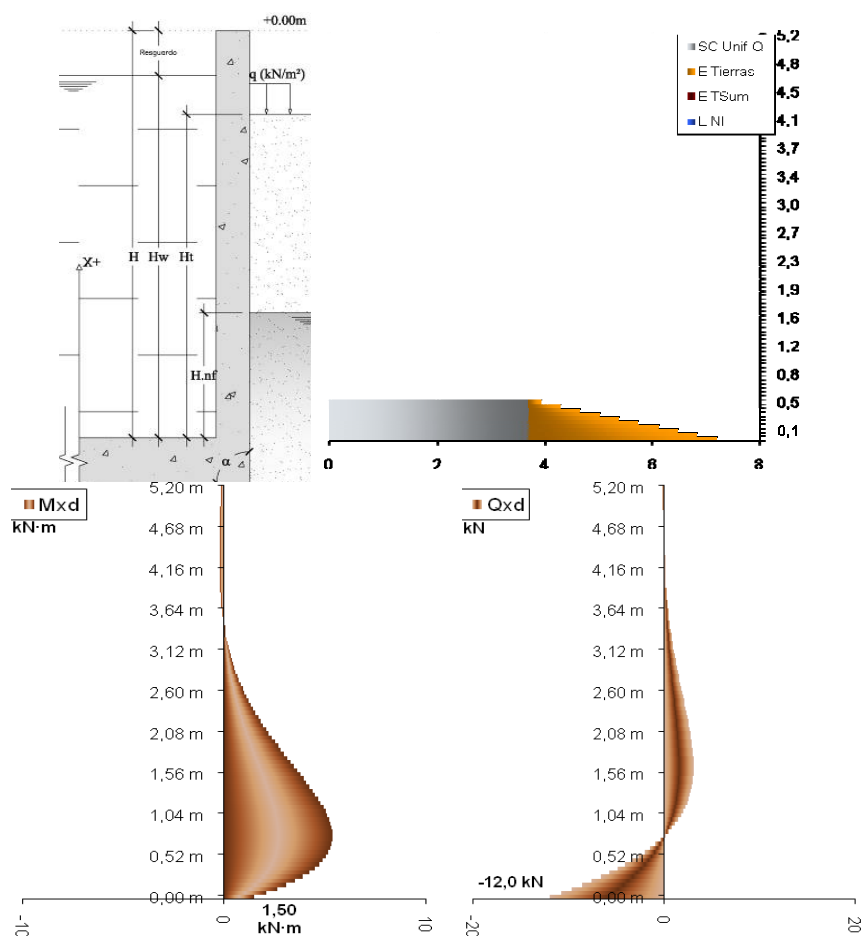
Inercia homogeneizada.....	$I_h$	240867,6 cm <sup>4</sup>
<b>SECCIÓN FISURADA</b>		
Centro de gravedad.....	$Y_{gf}$	5,49 cm
Area fisurada.....	$A_{fis}$	707,09 cm <sup>2</sup>
Inercia fisurada.....	$I_{fis}$	35663,6 cm <sup>4</sup>
	$Y_{fis}$	19,51 cm
Relación entre las inercias.....	$I_{fis}/I_b$	16/100

### FISURACIÓN INTRADÓS

Tipo de ambiente.....		IIIc, Qa, Qb, Qc
Momento de servicio.....	$M_k$	25,03m·kN
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,1 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,051 mm</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	158,0 mm
Alarg. medio de armaduras.....	$\epsilon_{srm}$	0,000192
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	176,820 MPa
tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	95,845 MPa

## 17.5 Hipótesis 2 Empuje al trasdós

Coefficiente acciones variables  $\gamma_f = 1,6$



Resultando:

### FLEXIÓN

Mº de cálculo máximo.....	$M_{xd,max}$	<b>0,23 m·kN</b>
Mº de cálculo mínimo.....	$M_{xd,min}$	<b>-5,38 m·kN</b>
	<b>Armadura</b>	<b>Estimada</b>
	<b>As(V)</b>	<b>0,02 cm<sup>2</sup></b>
	<b>As(H)</b>	<b>0,00 cm<sup>2</sup></b>
		<b>Mínima</b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>
		<b>4,50 cm<sup>2</sup></b>

### ESFUERZO CORTANTE

Esf. cortante ultimo máx.....	$V_{xd,max}$	<b>3,07 kN</b>
Esf. cortante ultimo mín.....	$V_{xd,min}$	<b>-11,98 kN</b>

### FISURACIÓN TRASDÓS

Tipo de ambiente.....		<b>IIIa,IIIb,IV, F</b>
Momento de servicio.....	$M_k$	0,15 m·kN
Momento de fisuración.....	$M_{fis}$	<b>46,18 m·kN</b>
Abertura de fisura máxima.....	$W_{max}$	<b>0,2 mm</b>
Abertura de fisura inferior.....	$W_k^+$	<b>0,00032</b>
		<b>No Fisura</b>
Sep. media entre fisuras.....	$s_m$	158,0 mm
Alargamiento medio de armaduras....	$\epsilon_{srm}$	0,000001
Tensión acero en fisuración.....	$\sigma_{sr}$	176,820 MPa
Tensión servicio acero.....	$\sigma_s$	0,593 MPa

## ANEJO NÚM. 12

---

### CALCULOS CONSTRUCTIVOS.- DEPÓSITOS

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS .....	1
3	CONDICIONES DEL DISEÑO .....	1
4	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES .....	2
5	CAMPOS DE DESPLAZAMIENTO Y ESFUERZOS EN PARED .....	2
6	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS .....	3
7	ACCIONES A CONSIDERAR EN EL CÁLCULO DE LA PARED .....	3
8	ARMADURAS MÍNIMAS EN LAS PAREDES .....	3
9	CÁLCULO DE LA PARED DEL DEPÓSITO EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE FLEXIÓN .....	3
9.1	Acción debida al empuje hidrostático (hipótesis1) $\gamma_f = 1,5$ .....	3
9.2	Acción debida al empuje de tierras (Hipótesis 2) con $\gamma_f = 1,6$ .....	3
10	CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ESFUERZO CORTANTE .....	4
10.1	Acción debida al empuje hidrostático (Hip. 1) con $\gamma_f = 1,5$ .....	4
10.2	Acción debida al empuje de tierras (Hip. 2) con $\gamma_f = 1,6$ .....	4
10.3	Envolvente de esfuerzos cortantes .....	4
11	CÁLCULO DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE ÚLTIMO TRACCIÓN SIMPLE ....	4
12	COMPROBACIÓN DE LA PARED EN ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN .....	4
13	CÁLCULO DEL DEPÓSITO DE HOMOGENIZACIÓN .....	7
13.1	Materiales .....	7
13.2	Parámetros del depósito .....	7
13.3	Parámetros del terreno .....	7
13.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	8
13.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós .....	11
14	Cálculo del depósito Reactor anóxico .....	14
14.1	Materiales .....	14
14.2	Parámetros del depósito .....	14
14.3	Parámetros del terreno .....	14
14.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	15
14.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós .....	17
15	Cálculo del depósito Reactor óxico .....	18
15.1	Materiales .....	18

15.2	Parámetros del depósito.....	18
15.3	Parámetros del terreno.....	19
15.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	19
15.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós .....	21
16	Cálculo del Decantador secundario.....	22
16.1	Materiales.....	22
16.2	Parámetros del depósito.....	22
16.3	Parámetros del terreno.....	23
16.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	23
16.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós .....	25
17	Cálculo del Espesador de fangos.....	26
17.1	Materiales.....	26
17.2	Parámetros del depósito.....	26
17.3	Parámetros del terreno.....	27
17.4	Hipótesis 1 Empuje hidrostático .....	27
17.5	Hipótesis 2 Empuje al trasdós .....	29



## ANEJO NÚM. 13

### CÁLCULO CIMENTACIÓN PAREDES DEPÓSITOS

#### 1 OBJETO

En este anejo se pretende analizar y dimensionar las diversas zapatas de los depósitos de tratamiento de la EDAR.

#### 2 CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS

Se pretende calcular las distintas zapatas de las paredes de varios depósitos cilíndricos parcialmente semienterrados de hormigón armado, previamente calculadas en el anejo XX, de las siguientes dimensiones:

Depósito	Diámetro (m)	Altura agua (m)	Resguardo (m)	Altura total (m)	Altura tierras (m)
Homogenización	20,00	4,50	0,50	5,00	1,00
Reactor anóxico	19,11	4,50	0,5	5,00	0,50
Reactor óxico	23,03	4,50	0,5	5,00	0,50
Decantador 2º	12,10	4,00	0,5	4,50	0,50
Espesador fangos	14,42	4,70	0,5	5,20	0,50

#### 3 CONDICIONES DEL DISEÑO

Para pequeños depósitos, aquellos cuyo diámetro es menor a 10 metros, se puede considerar, a efectos de cálculo de sollicitaciones, que la zapata se estudiará como viga virtual, repartiéndose la carga uniformemente por toda la solera.

Pero para depósitos con unas dimensiones considerables (>10 metros) como los que se consideran en el presente proyecto, esta hipótesis de trabajo resulta algo arriesgada, y por tanto el cálculo se debe hacer como si fuera una zapata corrida, con talón y puntera iguales o casi iguales en dimensiones. Se considera que la carga se concentra en el nudo del empotramiento inferior, y no se reparte a lo largo de la solera.

En este caso, la solera y la zapata deben estar físicamente independientes, a fin de evitar que se produzcan movimientos solidarios de ambos, que podrían debilitar la estructura por la parte más débil solera).

La solera se dispondrá sobre una capa de suelo de granulometría tal que garantice la ausencia de capilaridad; sobre esta capa de suelo compactado y sobre una capa de hormigón de limpieza irá la solera, propiamente dicha, montada con una armadura de fisuración, y con las pertinentes juntas de dilatación que evitarán que el hormigón se resquebraje en direcciones incontroladas.

El cálculo se realiza por los Estados Limite Últimos (ELU) considerando:

- ELU de equilibrio: la zapata no vuelca, no desliza y transmite presiones adecuadas al suelo. Se estudia a nivel de elemento.

- ELU de agotamiento: se estudia a nivel de sección para la combinación de la hipótesis pésima en el empotramiento de la pared con la zapata, tanto en el lado de talón como para la puntera definiéndose el armado necesario frente a las tensiones normales y tangenciales.

Las dimensiones de la zapata se considera que el talón y la puntera tienen las mismas dimensiones (entre 1 y 1,15 m), el canto de 0,5 m y el espesor de la pared de 0,30 m en todos los casos.

- Vida útil de proyecto: 50 años

#### 4 CONDICIONES DEL TERRENO

##### Parámetros del terreno

Peso de tierras relleno	$\gamma_T$	19	kN/m <sup>3</sup>
Peso específico de agua	$\gamma_w$	10	kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de rozamiento interno	$\alpha$	27,5°	
Coefficiente empuje Horizontal	$\lambda_H$	0,368	
Tensión admisible a cota -0,5 a -1 m	$\sigma_{ad}$	100	kN/m <sup>2</sup>
Peso hormigón	$\gamma_h$	25	kN/m <sup>3</sup>

#### 5 ZAPATA DEPÓSITO HOMOGENIZACIÓN

##### 5.1 Datos del depósito

Altura muro	5	m
Altura agua	4,5	m
Altura tierras	1	m

##### 5.2 Dimensiones zapata

Puntera	1,15	m
Talón	1,15	m
Espesor muro	0,30	m
Longitud zapata B =	2,60	m
Canto de la zapata	0,50	m

##### 5.3 Resultados del cálculo de solicitaciones

###### Empuje hidrostático

M <sub>dw</sub> max en empotramiento	42,03	kN·m	con $\gamma_f = 1,5$	M <sub>wk</sub> =	28,02	kN·m
V <sub>dw</sub> max en empotramiento	76,5	kN		V <sub>wk</sub> =	51	kN

###### Empuje tierras

M <sub>dt</sub> max en empotramiento	3,26	kN·m	con $\gamma_f = 1,6$	M <sub>tk</sub> =	2,0375	kN·m
V <sub>dt</sub> max en empotramiento	-5	kN		V <sub>tk</sub> =	-3,125	kN

##### 5.4 Estado límite de equilibrio

###### 5.4.1 La zapata no vuelca

###### Axiles

-	Peso propio de la zapata (P <sub>z</sub> )	32,5	kN
-	Peso del agua que gravita sobre el talón (P <sub>w</sub> )	51,75	kN
-	Peso de la pared del depósito (P <sub>p</sub> )	37,5	kN
-	Peso de las tierra de relleno (P <sub>t</sub> )	21,85	kN
	N <sub>total</sub> = P <sub>z</sub> + P <sub>w</sub> + P <sub>p</sub> + P <sub>t</sub>	143,6	kN

### Momento de equilibrio

<u>Axil</u>	<u>brazo</u>	<u>Me</u>	
32,5	1,30	42,25	kN·m
51,75	2,025	104,79	kN·m
37,5	1,30	48,75	kN·m
21,85	0,575	12,56	kN·m
	Me	208,36	kN·m

### Momento de vuelco

Mwk	28,02	kN·m
Mtk	2,0375	kN·m
Vwk·hz	25,5	kN·m
Vtk·hz	-1,5625	kN·m
	53,995	kN·m

Coeficiente seguridad al vuelco  $C_{sv} = 208,36 / 54 = 3,9$

#### **5.4.2 La zapata no desliza**

Se determina mediante el cociente entre el peso de la estructura minorado por la tangente del ángulo de rozamiento terreno-zapata y el cortante.

Efecto estabilizante

Angulo de rozamiento interno 27,5°

$\mu = 0,5206$

$N_{total} = 143,6 \text{ kN}$       $\mu \cdot N_{total} = 74,75 \text{ kN}$

Efecto desestabilizante  $V_{wk} + V_{tk} = 47,875 \text{ kN}$

Coeficiente seguridad al deslizamiento  $C_{sd} = 74,75 / 47,88 = 1,6$

#### **5.4.3 La zapata transmite presiones adecuadas al terreno**

Lugar de paso de la resultante de los axiles respecto al borde más cargado 1,451 m

Excentricidad provocada por el momento 0,376 m

Distancia de la resultante al borde más cargado 1,075 m

Excentricidad total (e) 0,225 m

$B/6 = 0,433 \text{ m}$

Excentricidad = 0,225 m < B/6 → Reparto de presiones: **Trapezoidal**

$\sigma_{max} = N/B \cdot (1+6 \cdot e/B) = 83,91 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{min} = N/B \cdot (1-6 \cdot e/B) = 26,55 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{max} = 83,91 \text{ kN/m}^2 < 1,25 \sigma_{ad} = 125 \text{ kN/m}^2$

### **5.5 Cálculo de la armadura necesaria en el talón**

El talón se calcula como viga en ménsula a flexión simple, dándose el flector máximo en la fibra más cercana a la pared.

El momento de cálculo viene determinado por el momento producido en esta sección por el peso del agua que gravita sobre el talón más el producido por el peso propio del talón



### 5.5.1 Datos dimensionales y solicitaciones del talón

Luz del talón (ltalón)	1,15 m	Nivel control ejecución	Normal
Canto total del talón	50 cm	Hormigón	HA-30/B/40/Ila + Qa
Ambiente clase	Ila	Acero	B500S
Longitud zapata (B)	= 2,60 m	Peso propio hormigón	25 kN/m <sup>3</sup>

Momento producido por el peso del agua que gravita sobre el talón:

$$Pw \cdot d1 = 29,756 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Momento producido por el peso propio del talón.  $P_{\text{talón}} \cdot d2 = 18,6875 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Momento producido por la reacción del suelo =

$$= \sigma_{\text{min}} \cdot \text{ltalón} \cdot \text{ltalón} / 2 + 0,5 \cdot x \cdot \text{ltalón} \cdot (1/3) \cdot \text{ltalón}$$

Siendo  $x = (\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}) \cdot \text{ltalón} / B = 25,37 \text{ kN/m}^2$

Tensión en el empotramiento =  $\sigma_{\text{min}} + (\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}) \cdot \text{ltalón} / B = 51,92 \text{ kN/m}^2$

Cortante producido por el peso del agua 51,750 kN

Cortante producido por el peso de la zapata 14,375 kN

Cortante producido por la reacción del suelo -45,120 kN

### 5.5.2 Cálculo, dimensionado y comprobación

<b>Ubicación</b>	Zapata sobre hormigón de limpieza
<b>Ambiente Clase:</b>	<b>Ila</b>
	Recubrimiento mínimo en mm $r_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$
	Recubrimiento $r_{\text{nom}} + \Delta r = 35 \text{ mm}$
	(según tablas 8.2.2 y 37.2.4.1a EHE-08)

<b>Materiales</b>	<b>Hormigón HA-30/B/40/Ila</b>	<b>Acero B500S</b>
	$f_{\text{ck}} = 30 \text{ N/mm}^2$	$f_{\text{yk}} = 500 \text{ N/mm}^2$
Ejecución normal	$\gamma_{\text{c}} = 1,5$	$\gamma_{\text{s}} = 1,15$
	$f_{\text{cd}} = \alpha_{\text{cc}} \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_{\text{c}} = 20000 \text{ kN/m}^2$	$f_{\text{yd}} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$
	$\alpha_{\text{cc}} = 1$	$f_{\text{yc,d}} = 400,00 \text{ N/mm}^2$

#### Condiciones ejecución

Anchura viga	b	1	m
Luz cálculo	luz	<b>1,15</b>	m
Distancia armad. fibra + trac.	d'	<b>50</b>	mm
Canto total	h	<b>0,50</b>	m
Canto útil	d	0,45	m

#### Coefficientes parciales de seguridad para las acciones

Para nivel de ejecución NORMAL

Acciones Permanentes  $\gamma_{\text{G}} = 1,35$

Acciones Variables  $\gamma_{\text{Q}} = 1,5$

Acción efecto favorable  $\gamma_{\text{Q}} = 0$

#### Solicitaciones de cálculo del talón

$$M_{\text{d}} = \gamma_{\text{G}} \cdot M_{\text{G}} + \gamma_{\text{Q}} \cdot M_{\text{Q}} = 1,35 \cdot 18,69 + 1,5 \cdot 29,76 - 1,00 \cdot 23,15 = 46,716 \text{ m}\cdot\text{kN}$$

$$V_{\text{d}} = \gamma_{\text{G}} \cdot V_{\text{G}} + \gamma_{\text{Q}} \cdot V_{\text{Q}} = 1,35 \cdot 14,38 + 1,5 \cdot 51,75 - 1,00 \cdot 45,12 = 51,912 \text{ kN}$$

#### 5.5.2.1 Dimensionado

Variables de capacidades y momentos para fórmulas reducidas (anexo 7 EHE)

$$\begin{aligned}
 U_o &= f_{cd} \cdot b \cdot d & U_o &= 20000 \cdot 1 \cdot 0,45 = \mathbf{9000 \text{ kN}} \\
 U_v &= 2 \cdot U_o \cdot d' / d & U_v &= 2 \cdot 9000 \cdot 50 / 45 = 2000 \text{ kN} \\
 U_a &= U_o \cdot h / d & U_a &= 9000 \cdot 50 / 45 = 10000 \text{ kN} \\
 & & U_o \cdot d &= 9000 \cdot 0,45 = \mathbf{4050,0 \text{ m}\cdot\text{kN}} \\
 M_{frontera} &= 0,375 \cdot U_o \cdot d & M_{frontera} &= 0,375 \cdot 9000 \cdot 0,45 = \mathbf{1518,8 \text{ m}\cdot\text{kN}}
 \end{aligned}$$

### Armadura de tracción

Como  $M_d < M_{frontera} \rightarrow$  Caso 1º : No se precisa armadura de compresión

$$U_{s2} = 0,00 \text{ kN}$$

$$U_{s1} = U_o \cdot [1 - (1 - 2 \cdot M_d / (U_o \cdot d))^{1/2}]$$

$$U_{s1} = 9000 \cdot [1 - (1 - 2 \cdot 46,72 / 4050)^{1/2}] = 104,4 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = U_{s1} / f_{yd} = 104,4 / 43,5 = 2,4 \text{ cm}^2$$

Cuantía mecánica mínima:

$$A_{s1 \text{ minimo}} = 0,04 \cdot A_c \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 20000 / 43,5 = 9,2 \text{ cm}^2$$

Cuantía geométrica mínima: 2,8 ‰ · A<sub>c</sub> (tabla 42,3,5 EHE-08)

$$A_{s1 \text{ min geom.}} = 0,0028 \cdot 100 \cdot 50 = 14 \text{ cm}^2$$

**As1 necesaria = 14,00 cm<sup>2</sup>**

	As1 = π · φ <sup>2</sup> / 4			
Si se considera:	φ14	φ16	φ20	
sección cm <sup>2</sup>	1,54	2,01	3,14	cm <sup>2</sup>
φ necesarios	10	7	5	nº redondos
Separación neta φ en anchura [b-2·(r <sub>nom</sub> +φ <sub>c</sub> )]	88,2	137,0	208,5	mm
1,25 · T <sub>max</sub> árido = 5 cm	Si	Si	Si	
A real =	15,39	14,07	15,71	

$$\text{Se adopta } A_{s1 \text{ real}} = \mathbf{10 \phi 14 = 15,39 \text{ cm}^2}$$

$$U_{s1 \text{ real}} = A_{s1} \cdot f_{yd} = \mathbf{669,13 \text{ kN}}$$

### Armadura de compresión

Por tratarse de una viga con  $U_{s2} = 0$ , se precisa armadura secundaria longitudinal

$$\text{La EHE recomienda } 30\% \text{ de } A_{s1} \quad A_{s2} \approx 30\% \cdot A_{s1} = 0,3 \cdot 14 = 4,20 \text{ cm}^2$$

$$\text{Se adoptan: } \mathbf{3 \phi 14 = 4,62 \text{ cm}^2}$$

$$U_{s2 \text{ real}} = A_{s2} \cdot f_{yd,c} = \mathbf{184,8 \text{ kN}}$$

#### 5.5.2.2 Comprobación al agotamiento de la sección

$$\text{Armadura superior } A_{s2} = 3\phi 14 \quad U_{s1} = 669,1 \text{ kN}$$

$$\text{Armadura inferior } A_{s1} = 10\phi 14 \quad U_{s2} = \underline{184,8 \text{ kN}}$$

$$U_{s1} - U_{s2} = 484,3 \text{ kN}$$

Caso comprobación  $M_u$  : 1º  $U_{s1} - U_{s2} < U_v = 2000 \text{ kN}$

$$M_u = (U_{s1} - U_{s2}) \cdot [1 - (U_{s1} - U_{s2}) / 2 \cdot U_o] \cdot d + U_{s2} \cdot (d - d')$$

$$M_u = \mathbf{872,43 \text{ m}\cdot\text{kN} < M_d = 46,7 \text{ m}\cdot\text{kN}}$$

#### 5.5.2.3 Comprobación a cortante

$$V_d = 51,912 \text{ kN}$$

### a) Calculo Vu1

Sin esfuerzo axial:  $Vu1 = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,30 \cdot 20000 \cdot 1 \cdot 0,45 = 2700 \text{ kN} > Vd$   
 $Vd \leq 1/5 \cdot Vu1 \rightarrow st \leq 0,75 \cdot d$

### b) Calculo Vu2

$$Vd \leq Vu2 \quad Vu2 = Vcu + Vsu$$

$$Vcu = [0,15/\gamma_c \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} - 0,15 \cdot \sigma'_{cd}] \cdot b_o \cdot d ; \text{ siendo } f_{cv} = f_{ck} \cdot 0,15/\gamma_c = 0,1$$

$$\xi = 1 + (200/d)^{1/2}, \text{ expresando } d \text{ en mm} = 1 + (200 / 450)^{1/2} = 1,6666667$$

$$\rho_l = A_s/(b_o \cdot d) \text{ y no mayor que } 0,02 = 14 / (100 \cdot 45) = 0,00311111 < 0,02$$

$$Vcu = [0,1 \cdot 1,6667 \cdot (100 \cdot 0,00311 \cdot 30)^{1/3} - 0,15 \cdot 0] \cdot 1000 \cdot 450 = 157909,0 \text{ N}$$

$Vcu < Vd \rightarrow$  No se precisa armadura transversal

$$Vsu = Vd - Vcu = 0,00 \text{ kN}$$

## 5.6 Calculo de la armadura necesaria en la puntera

La puntera se calcula como viga en ménsula a flexión simple, dándose el flector máximo en la fibra más alejada de la pared.

El momento de cálculo viene determinado por el momento producido en esta sección por el peso de la tierra que gravita sobre la puntera más el producido por el peso propio de la misma.

### 5.6.1 Datos dimensionales y solicitaciones de la puntera

Luz del talón (lpunt)	1,15 m	Nivel control ejecución	Normal
Canto total puntera	50 cm	Hormigón	HA-30/B/40/IIa+Qa
Ambiente clase	IIa	Acero	B500S
Longitud zapata (B)	= 2,60 m	Peso propio hormigón	25 kN/m <sup>3</sup>

Momento producido por el peso de las tierras que gravita sobre la puntera:

$$Pt \cdot d3 = 12,564 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momento producido por el peso propio de la puntera:  $P_{punt} \cdot d4 = 7,1875 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Momento producido por la reacción del suelo =

$$= \sigma_{min} \cdot Italon \cdot Italon/2 + 0,5 \cdot x \cdot Italon \cdot (1/3) \cdot Italon$$

$$\text{Siendo } x = (\sigma_{max} - \sigma_{min}) \cdot (Italon + esmur) / B = 31,99 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tensión en el empotramiento} = \sigma_{min} + (\sigma_{max} - \sigma_{min}) \cdot Italon / B = 58,540 \text{ kN/m}^2$$

Cortante producido por el peso de la tierra	21,85 kN
Cortante producido por el peso de la zapata	14,375 kN
Cortante producido por la reacción del suelo	-81,91 kN

### 5.6.2 Cálculo, dimensionado y comprobación

**Ubicación** Zapata sobre hormigón de limpieza

**Ambiente Clase:** IIa

Recubrimiento mínimo en mm  $r_{nom} = 25 \text{ mm}$

Recubrimiento  $r_{nom} + \Delta r = 35 \text{ mm}$

(según tablas 8.2.2 y 37.2.4.1a EHE-08)

Materiales	Hormigón HA-30/B/40/IIa		Acero B500S	
		f <sub>ck</sub>	30 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>yk</sub>
Ejecución normal	γ <sub>c</sub>	1,5	γ <sub>s</sub>	1,15
	f <sub>cd</sub> = α <sub>cc</sub> · f <sub>ck</sub> / γ <sub>c</sub>	20000 kN/m <sup>2</sup>	f <sub>yd</sub>	43,48 kN/cm <sup>2</sup>
	α <sub>cc</sub>	1	f <sub>yc,d</sub>	400,00 N/mm <sup>2</sup>

### Condiciones ejecución

Anchura viga	b	1	m
Luz cálculo	luz	1,15	m
Distancia armad. fibra + trac.	d'	50	mm
Canto total	h	0,50	m
Canto útil	d	0,45	m

### Coefficientes parciales de seguridad para las acciones

Para nivel de ejecución NORMAL

Acciones Permanentes γ<sub>G</sub> = 1,35

Acciones Variables γ<sub>Q</sub> = 1,5

Acción efecto favorable γ<sub>Q</sub> = 0

### Solicitaciones de cálculo de la puntera

$$M_d = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q = 1,00 \cdot 12,56 + 1,0 \cdot 7,19 + 1,50 \cdot -81,91 = -51,585 \text{ m}\cdot\text{kN}$$

$$V_d = \gamma_G \cdot V_G + \gamma_Q \cdot V_Q = 1,35 \cdot 0 + 1,5 \cdot 0 - 1,00 \cdot 0 = -86,643 \text{ kN}$$

#### 5.6.2.1 Dimensionado

Variables de capacidades y momentos para fórmulas reducidas (anexo 7 EHE)

$$\begin{aligned} U_o &= f_{cd} \cdot b \cdot d & U_o &= 20000 \cdot 1 \cdot 0,45 = \mathbf{9000 \text{ kN}} \\ U_v &= 2 \cdot U_o \cdot d' / d & U_v &= 2 \cdot 9000 \cdot 50 / 45 = 2000 \text{ kN} \\ U_a &= U_o \cdot h / d & U_a &= 9000 \cdot 50 / 45 = 10000 \text{ kN} \\ & & U_o \cdot d &= 9000 \cdot 0,45 = \mathbf{4050,0 \text{ m}\cdot\text{kN}} \\ M_{\text{frontera}} &= 0,375 \cdot U_o \cdot d & M_{\text{frontera}} &= 0,375 \cdot 9000 \cdot 0,45 = \mathbf{1518,8 \text{ m}\cdot\text{kN}} \end{aligned}$$

### Armadura de tracción

Como  $M_d < M_{\text{frontera}} \rightarrow$  Caso 1º : No se precisa armadura de compresión

$$U_{s2} = 0,00 \text{ kN}$$

$$U_{s1} = U_o \cdot [1 - (1 - 2 \cdot M_d / (U_o \cdot d))^{1/2}]$$

$$U_{s1} = 9000 \cdot [1 - (1 - 2 \cdot 51,585 / 4050)^{1/2}] = 115,4 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = U_{s1} / f_{yd} = 115,4 / 43,5 = 2,65 \text{ cm}^2$$

Cuantía mecánica mínima:

$$As1_{\text{minimo}} = 0,04 \cdot A_c \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 20000 / 43,5 = 9,2 \text{ cm}^2$$

Cuantía geométrica mínima: 2,8 ‰ · A<sub>c</sub> (tabla 42,3,5 EHE-08)

$$As1_{\text{min geom.}} = 0,0028 \cdot 100 \cdot 50 = 14 \text{ cm}^2$$

### As1 necesaria = 14,00 cm<sup>2</sup>

	As1 = π · φ <sup>2</sup> / 4			
Si se considera:	φ14	φ16	φ20	
sección cm <sup>2</sup>	1,54	2,01	3,14	cm <sup>2</sup>
φ necesarios	10	7	5	nº redondos
Separación neta φ en anchura [b-2·(r <sub>nom</sub> +φ <sub>c</sub> )]	88,2	137,0	208,5	mm

1,25 · Tmax árido = 5 cm	Si	Si	Si
A real =	15,39	14,07	15,71

$$\text{Se adopta } A_{s1 \text{ real}} = 10 \phi 14 = 15,39 \text{ cm}^2$$

$$U_{s1 \text{ real}} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 669,13 \text{ kN}$$

### Armadura de compresión

Por tratarse de una viga con  $U_{s2} = 0$ , se precisa armadura secundaria longitudinal

La EHE recomienda 30% de  $A_{s1}$   $A_{s2} \approx 30\% \cdot A_{s1} = 0,3 \cdot 14 = 4,20 \text{ cm}^2$

Se adoptan:  $3 \phi 14 = 4,62 \text{ cm}^2$

$$U_{s2 \text{ real}} = A_{s2} \cdot f_{yd,c} = 184,8 \text{ kN}$$

### 5.6.2.2 Comprobación al agotamiento de la sección

Armadura superior $A_{s2} =$	$3\phi 14$	$U_{s1} =$	669,1	kN
Armadura inferior $A_{s1} =$	$10\phi 14$	$U_{s2} =$	<u>184,8</u>	<u>kN</u>
		$U_{s1} - U_{s2} =$	484,3	kN

Caso comprobación  $M_u$ :  $1^\circ U_{s1} - U_{s2} < U_v = 2000 \text{ kN}$

$$M_u = (U_{s1} - U_{s2}) \cdot [1 - (U_{s1} - U_{s2}) / 2 \cdot U_o] \cdot d + U_{s2} \cdot (d - d')$$

$$M_u = 872,43 \text{ m} \cdot \text{kN} < M_d = 52 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

### 5.6.2.3 Comprobación a cortante

$$V_d = 86,64 \text{ kN}$$

#### a) Calculo $V_{u1}$

Sin esfuerzo axial:  $V_{u1} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,30 \cdot 20000 \cdot 1 \cdot 0,45 = 2700 \text{ kN} > V_d$   
 $V_d \leq 1/5 \cdot V_{u1} \rightarrow st \leq 0,75 \cdot d$

#### b) Calculo $V_{u2}$

$$V_d \leq V_{u2} \quad V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

$$V_{cu} = [0,15/\gamma_c \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} - 0,15 \cdot \sigma'_{cd}] \cdot b_o \cdot d ; \text{ siendo } f_{cv} = f_{ck} \cdot 0,15/\gamma_c = 0,1$$

$$\xi = 1 + (200/d)^{1/2}, \text{ expresando } d \text{ en mm} = 1 + (200 / 450)^{1/2} = 1,6666667$$

$$\rho_l = A_s / (b_o \cdot d) \text{ y no mayor que } 0,02 = 14 / (100 \cdot 45) = 0,00311111 < 0,02$$

$$V_{cu} = [0,1 \cdot 1,6667 \cdot (100 \cdot 0,00311 \cdot 30)^{1/3} - 0,15 \cdot 0] \cdot 1000 \cdot 450 = 157,91 \text{ kN}$$

$V_{cu} < V_d \rightarrow$  No se precisa armadura transversal

$$V_{su} = V_d - V_{cu} = 0,00 \text{ kN}$$

## 6 CÁLCULO DE LAS ZAPATAS DEL RESTO DE DEPÓSITOS

Procediendo de igual manera a la expresada anteriormente se tiene:

Depósito	$\phi$ (m)	Dimensiones Zapata (m)				
		Talón	Muro	Puntera	Longitud (B)	Canto
Reactor anóxico	19,11	1,25	0,30	1,25	2,80	0,50
Reactor óxico	23,03	1,25	0,30	1,25	2,80	0,50
Decantador 2º	12,10	0,70	0,30	0,70	1,70	0,50
Espesador fangos	14,42	1,10	0,30	1,10	2,50	0,50

Depósito	Solicitaciones Zapata							
	Empuje hidrostático				Empuje tierras			
	$M_{dwmax}$ m·kN	$V_{dwmax}$ kN	$M_{wk}$ m·kN	$V_{wk}$ kN	$M_{dtmax}$ m·kN	$V_{dtmax}$ kN	$M_{tk}$ m·kN	$V_{tk}$ kN
Reactor anóxico	42,03	76,5	28,02	51	3,26	-5,0	2,037	-3,13
Reactor óxico	46,92	81	31,28	54	9,36	-10,3	5,85	-6,44
Decantador 2º	23,79	54	16,86	36	0,1	-12,1	0,06	-7,56
Espesador fangos	37,55	77	25,03	51,3	1,5	-12,0	0,937	-7,50

Depósito	E.L. Equilibrio							
	No vuelca				No desliza			
	N kN	$M_{equil}$ m·kN	$M_{vuelco}$ m·kN	<b>Csv</b> >1,5	$\mu \cdot N$ N	$M_{deset}$ m·kN	<b>Csd</b> >1,5	
Reactor anóxico	140,6	231,3	54	<b>4,3</b>	73,20	47,87	<b>1,53</b>	
Reactor óxico	140,6	231,3	60,91	<b>3,8</b>	73,20	47,56	<b>1,54</b>	
Decantador 2º	89,65	86,88	30,14	<b>2,9</b>	47,67	28,44	<b>1,64</b>	
Espesador fangos	137,6	204,5	47,88	<b>4,3</b>	71,61	43,83	<b>1,63</b>	

Depósito	E.L. Equilibrio: Trasmite presiones adecuadas al terreno							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$
	m	m	m	m	m		kN/cm <sup>2</sup>	kN/cm <sup>2</sup>
Reactor anóxico	1,645	0,384	1,261	0,139	0,467	T	65,23	35,22
Reactor óxico	1,645	0,433	1,211	0,189	0,467	T	70,52	29,93
Decantador 2º	0,969	0,336	0,633	0,217	0,283	T	93,15	69,81
Espesador fangos	1,486	0,348	1,138	0,112	0,417	T	69,81	40,25

- (1) Lugar de paso de la resultante de los axiles respecto al borde más cargado
- (2) Excentricidad provocada por el Momento
- (3) Distancia de la resultante al borde más cargado (n)
- (4) Excentricidad total (e)
- (5) B/6
- (6) Reparto de presiones (T= Trapezoidal; TR = Triangular)

Depósito	E.L. U: Armadura necesaria en el <b>talón</b>							
	M <sub>d</sub> m	V <sub>d</sub> m	A <sub>s1</sub> cm <sup>2</sup>	A <sub>s1 real</sub>	A <sub>s2 nec</sub> cm <sup>2</sup>	A <sub>s2 real</sub>	Mu m·kN	Vcu kN
Reactor anóxico	51,62	53,07	14	<b>10φ14</b> 15,39 cm <sup>2</sup>	0	<b>3φ14</b> 4,62 cm <sup>2</sup>	872,4	157,9
Reactor óxico	54,17	56,73						
Decantador 2º	19,00	33,54						
Espesador fangos	43,15	54,44						

El armado viene impuesto por la cuantía geométrica mínima

Depósito	E.L. U: Armadura necesaria en la <b>puntera</b>							
	M <sub>d</sub> m	V <sub>d</sub> m	A <sub>s1</sub> cm <sup>2</sup>	A <sub>s1 real</sub>	A <sub>s2 nec</sub> cm <sup>2</sup>	A <sub>s2 real</sub>	Mu m·kN	Vcu kN
Reactor anóxico	-41,47	-82,24	14	<b>10φ14</b> 15,39 cm <sup>2</sup>	0	<b>3φ14</b> 4,62 cm <sup>2</sup>	872,4	157,9
Reactor óxico	-47,91	-87,74						
Decantador 2º	-45,22	-64,93						
Espesador fangos	-42,94	-80,21						

El armado viene impuesto por la cuantía geométrica mínima

## ANEJO NÚM. 13

---

### CÁLCULO CIMENTACIÓN PAREDES DEPÓSITOS

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS DEPÓSITOS .....	1
3	CONDICIONES DEL DISEÑO.....	1
4	CONDICIONES DEL TERRENO .....	2
5	ZAPATA DEPÓSITO HOMOGENIZACIÓN.....	2
5.1	Datos del depósito .....	2
5.2	Dimensiones zapata .....	2
5.3	Resultados del cálculo de solicitaciones.....	2
5.4	Estado límite de equilibrio.....	2
5.4.1	La zapata no vuelca .....	2
5.4.2	La zapata no desliza .....	3
5.4.3	La zapata transmite presiones adecuadas al terreno .....	3
5.5	Calculo de la armadura necesaria en el talón.....	3
5.5.1	Datos dimensionales y solicitaciones del talón .....	4
5.5.2	Cálculo, dimensionado y comprobación .....	4
5.6	Calculo de la armadura necesaria en la puntera .....	6
5.6.1	Datos dimensionales y solicitaciones de la puntera.....	6
5.6.2	Cálculo, dimensionado y comprobación .....	6
6	CÁLCULO DE LAS ZAPATAS DEL RESTO DE DEPÓSITOS .....	9



## ANEJO NÚM. 14

### MANTENIMIENTO PRECEPTIVO Y PREVENTIVO DE LA EDAR

#### 1 OBJETO

Consecuencia de que la EDAR debe trabajar los 365 días del año y aún disponiendo de equipos de respeto en los puntos más sensibles, debe preverse un mantenimiento de la instalaciones de depuración para conocimiento y aplicación por el explotador.

En este anejo se pretende informar de los Mantenimientos Preceptivos y Preventivos a seguir.

#### 2 MANTENIMIENTO PRECEPTIVO

##### 2.1 Instalaciones eléctricas de Baja Tensión

NORMATIVA DE APLICACIÓN	TIPOS DE PRUEBAS PERIÓDICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión. Decreto 842/2002. (B.O.E. 224 de 18 septiembre de 2002).</li> <li>- Puestas a tierra. ITC- BT 18.</li> <li>- Verificaciones e inspecciones. ITC- BT 05.</li> <li>- Decret 363/2004, de 24 d'agost, pel qual es regula el procediment administratiu per a l'aplicació del Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada dos años (E.I.C.)</li> <li>- Contrato de mantenimiento (empresa instaladora. Revisión anual)</li> <li>- Revisión anual de la puesta a tierra.</li> <li>- Inspección visual de los electrodos de la puesta a tierra cada cinco años en terrenos no favorables a la idónea conservación de los mismos.</li> </ul>

##### 2.2 Almacenamiento de productos químicos

NORMATIVA DE APLICACIÓN	TIPOS DE PRUEBAS PERIÓDICAS	INSTALACIONES EN E.D.A.R.S.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Real Decreto 379/2001 de 6 de abril, sobre el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus ITC. (B.O.E. nº 112 10/05/2001).</li> <li>- Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles. ITC MIE APQ-1.</li> <li>- Almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión. ITC MIE APQ-5</li> <li>- Almacenamiento líquidos corrosivos. ITC MIE APQ-6</li> <li>- Almacenamiento de líquidos tóxicos. ITC MIE APQ-7</li> <li>- Orden de 27 de juny de 1994 (D.O.G.C. nº 1918, 8/7/1994).</li> <li>- La clasificación de los productos se hace el Real Decreto 717/2010, de 28 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y el Real Decreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisión anual por inspector propio</li> <li>-Revisión cada 5 años (E.I.C.) donde conste que se ha tuberías soterradas conforme a norma o código o procedimiento de prestigio reconocido.</li> <li>Para líquidos corrosivos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ha de existir un plan de revisión propio de la instalación que comprenderá la Revisión periódica de los elementos. Además ha de haber un registro de las revisiones realizadas i un histórico de los equipos.</li> <li>- Ha de existir un responsable de estas revisiones (propio o ajeno) que reunirá los requisitos que demande la legislación y actuará delante de la Administración como a inspector propio.</li> <li>- Revisión anual donde, a parte de las comprobaciones recomendadas por fabricante se ha de comprobar visualmente el buen estado de toda la instalación, y en recipientes y tuberías se ha de comprobar el grueso de las paredes, se han de verificar el correcto estado de mangueras, acoplamientos, etc, y comprobar la protección catódica si existe (inspector propio o E.I.C.).</li> <li>- Cada 5 años se han de medir gruesos de recipientes y tuberías</li> <li>- En recipientes no metálicos instalados en superficie, cada cinco años se ha de revisar visualmente el interior, incluyendo una comprobación visual del estado superficial del recipiente y control de la estanqueidad del fondo, en especial de las soldaduras (inspector propio o E.I.C.).</li> <li>- Cada 15 años inspección interior (inspector propio o E.I.C.).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incluye Almacenamientos con capacidad superior a:</li> <li>- Sólidos tóxicos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clase T*: 50 Kg.</li> <li>- Clase T: 250 kg (ác. clorhídrico).</li> <li>- Clase Xn: 1.000 kg (cloruro férrico)</li> </ul> </li> <li>- Sólidos corrosivos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clase a: 200 kg</li> <li>- Clase b: 400 kg</li> <li>- Clase c: 1.000 kg</li> </ul> </li> <li>Incluye: ácido sulfúrico, hipoclorito sódico, sosa, cal etc.</li> <li>-Peligrosos para el medio ambiente: 1000 kg</li> </ul>

<p>255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.</p>	<p>- Para líquidos tóxicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ha de existir un plan de revisiones propio de la instalación que comprenderá la Revisión periódica de los elementos. Además ha de haber un registro de las revisiones realizadas y un histórico de los equipos.</li> <li>- Ha de existir un responsable de estas revisiones (propio o ajeno) que reunirá los requisitos que pida la legislación y actuará dante la Administración como a inspector propio.</li> <li>- Cada 5 años se ha de hacer una Revisión exterior que incluya fundaciones, tomas de tierra, anclajes, etc. (inspector propio o E.I.C.).</li> <li>- Cada 10 años se ha de hacer una Revisión interior que incluya estado superficial del recipiente, control de estanqueidad de fondos así como válvulas de seguridad, etc. (inspector propio o E.I.C.).</li> <li>- Cada 15 años inspección interior (inspector propio o E.I.C.).</li> </ul>	
---	---	--

### 2.3 Aparatos a presión: Aparatos o instalaciones no sometidas a ninguna I.T.C.

NORMATIVA DE APLICACIÓN	TIPOS DE PRUEBAS PERIÒDICAS	INSTALACIONES EN E.D.A.R.S.
<p>-Reglamento de recipientes a presión RD 2060/2008 de 5 de febrero y modificaciones</p>	<p>-Han de ser sometidos a una prueba de presión en su emplazamiento con la siguiente periodicidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En generadores fijos y aparatos en los que se genere presión cada 5 años.</li> <li>- En recipientes fijos sometidos a presión cada 10 años.</li> </ul> <p>A parte de las revisiones oficiales, los usuarios han de examinar sus aparatos o recipientes por personal competente como mínimo una vez al año y siempre que se produzcan limpiezas o pequeñas reparaciones. Los resultados de estos exámenes se han de hacer constar al libro registre del usuario y se comprobará especialmente que los órganos de seguridad y automatismos funcionen correctamente y se medirán los espesores.</p>	<p>- Aparatos industriales en los que en el su interior se pueda desarrollar presión, excepto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- generadores de vapor y aparatos industriales de cualquier categoría que tengan las disposiciones adecuadas para impedir que la presión efectiva supere los 0,5 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>- recipientes para a fluidos que impidan que la presión efectiva pueda superar 1 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>- generadores de vapor, Aparatos i recipientes de capacidad inferior a 10 dm<sup>3</sup>, si la presión efectiva que han de soportar no es superior a 2 kg/cm<sup>2</sup>.</li> </ul> <p>- Tuberías de conducción de fluidos a presión, como conjunto montado o servicio de unión entre equipos, a excepción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aquellos en les que el producto de su diámetro interior en cm por la presión máxima de servicio en kg/cm<sup>2</sup> sea inferior a 100.</li> <li>- aquellos en les que la presión máxima de servicio se igual o menor a 4 kg/cm<sup>2</sup>.</li> </ul>

### 2.4 Aparatos a presión: Extintores de incendios.

NORMATIVA DE APLICACIÓN	TIPOS DE PRUEBAS PERIÒDICAS	INSTALACIONES EN E.D.A.R.S.
<p>-Reglamento de aparatos a presión. R.D. 2060/2008 (B.O.E. 5/02/2009)</p> <p>- Orden 470/2009, IUE: Se regula la aplicación del Reglamento de equipos a presión en Cataluña.</p>	<p>-Pruebas de presión cada 5 años a partir de la primera prueba (fabricante, E.I.C. o por servicio de conservación de la empresa o la empresa recargadora siempre y cuando estas dos últimas hayan justificado ante la autoridad competente que tienen los medios suficientes y el personal idóneo para realizar estas pruebas).</p> <p>-La vida útil del extintor no sobrepasará nunca los 20 años a partir de la primera prueba.</p>	<p>- Extintores fijos o móviles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Con carga de polvo o halón no superior a 100 kg.</li> <li>- Con carga de agua o espuma no superior a 100 l.</li> <li>- Con carga de anhídrido carbónico no superior a 10 kg</li> </ul> <p>Ver también instalaciones de protección contra incendios.</p>

## 2.5 Aparatos a presión: botellas de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión

NORMATIVA DE APLICACIÓN	TIPOS DE PRUEBAS PERIÓDICAS	INSTALACIONES EN E.D.A.R.S.
<p>-Reglamento de aparatos a presión. R.D. 2060/2008 (B.O.E. 5/02/2009)</p> <p>Orden 470/2009, IUE: Se regula la aplicación del Reglamento de equipos a presión en Cataluña.</p>	<p>-Acetileno: cada 3 años (E.I.C.)</p> <p>-Resto: según TPC (E.I.C.)</p> <p>- Botellas de aire comprimido:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 3 años prueba periódica (fabricante de las botellas o E.I.C.)</li> <li>- A partir de los 6 años de la primera prueba estampada por fabricante una inspección anual del estado interior de la botella (fabricante, recargador o E.I.C.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Botellas de acero soldado y sin soldadura.</li> <li>- Botellas de acetileno disuelto.</li> <li>- Botellas de aleación de aluminio.</li> <li>- Bloques de Botellas criogénicas.</li> <li>- Equipos de respiración autónoma.</li> </ul>

## 2.6 Aparatos a presión: instalaciones de tratamiento y Almacenamiento de aire comprimido.

NORMATIVA DE APLICACIÓN	TIPOS DE PRUEBAS PERIÓDICAS	INSTALACIONES EN E.D.A.R.S.
<p>-Reglamento de aparatos a presión. R.D. 2060/2008 (B.O.E. 5/02/2009)</p> <p>Orden 470/2009, IUE: Se regula la aplicación del Reglamento de equipos a presión en Cataluña.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión cada 10 años que Incluye como mínimo una inspección visual interior y exterior del aparato y una prueba de presión (E.I.C.)</li> <li>- Cada año se han de limpiar interiormente los recipientes de aire comprimido para eliminar los aceites y la carbonilla producida (empresa explotadora)</li> <li>- Cada año se han de revisar los equipos de seguridad (empresa explotadora).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresores de aire</li> <li>- Están excluidos los acumuladores hidroneumáticos.</li> </ul>

## 2.7 Instalaciones de protección contra incendios

NORMATIVA	TIPOS DE PRUEBAS PERIÓDICAS
<p>Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio</p> <p>Artículo tercero: Modificación del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.</p> <p>-R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre por que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 3 meses, inspecciones a realizar por personal de la empresa explotadora o por empresa mantenedora autorizada:</li> <li>- Extintores: Comprobación de la accesibilidad, señalización y buen estado aparente de conservación. Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, etc. Comprobación del peso y presión. Inspección ocular externa de les partes mecánicas (boquilla, válvula...).</li> <li>- Sistemas de suministro de agua contra incendios: verificación de todos los elementos. Comprobación del funcionamiento automático y manual de la instalación. Mantenimiento de acumuladores, Limpieza de bornes, verificación de niveles y verificación de accesibilidad a elementos, Limpieza general, etc.</li> <li>- Sistemas automáticos de detección y alarma de incendios: Comprobación de funcionamiento de la instalación, sustitución de pilotos, fusibles, etc. defectuosos y mantenimiento de acumuladores.</li> <li>- Sistema manual de alarma de incendios: Comprobación del funcionamiento de la instalación i mantenimiento de acumuladores.</li> <li>- Boques de incendio equipadas (BIE): Comprobación buena accesibilidad i señalización de los equipos, inspección de todos los componentes, Comprobación de la presión de servicio i Limpieza i engrase del conjunto.</li> <li>- Hidrantes: Comprobación buena accesibilidad i señalización, inspección visual i engrase de les rosques.</li> <li>- Sistemas fijos de extinción: Comprobación de les boquillas i del buen estado de los componentes del sistema, Comprobación del buen estado de carga de la instalación, Comprobación de los diferentes componentes de los sistemas con indicaciones de control y limpieza general de todos los componentes.</li> <li>- Cada 6 meses, inspecciones a realizar por personal de la empresa explotadora o por empresa mantenedora autorizada:</li> <li>- Sistemas de suministro de agua contra incendios: Accionamiento y engrase de válvulas,</li> </ul>

<p>-Ordre de 16/04/98 sobre normes de procediment i desenvolupament del R.D. 1942/1993.</p>	<p>verificación y ajuste de prensa-estopes, verificación de velocidad de motores con diferentes cargas y comprobación de la alimentación eléctrica, líneas i protecciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hidrantes: engrase de la rosca de accionamiento o relleno de su cámara y comprobación del correcto funcionamiento del hidrante abriendo y cerrando el mismo.</li> <li>- Columnas secas: Comprobación de buena accesibilidad y señalización, Comprobación de las tapas y correcto funcionamiento de los cierres, Comprobación de que los diferentes llaves estén en la posición correcta y Comprobación que les tapes de racores estén bien colocados y ajustados.</li> <li>- Cada año, inspecciones a realizar por personal especializado del fabricante, instalador o empresa mantenedora autorizada:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extintores: inspección ocular y comprobación del peso.</li> <li>- Sistema de suministro de agua contra incendios: gamma de mantenimiento anual de motores y bombas, limpieza de filtros, pruebas de carga de baterías y realización de curvas de suministro en cada fuente de agua y energía.</li> <li>- Sistemas automáticos de detección y alarma de incendios: verificación y limpieza integral de la instalación.</li> <li>- Sistema manual de alarma contra incendios: verificación y limpieza integral de la instalación.</li> <li>- Boques de incendio equipadas (BIE): Comprobación del correcto funcionamiento de los diferentes elementos.</li> <li>- Sistemas fijos de extinción: Comprobación integral de acuerdo instrucciones del fabricante.</li> </ul> </li> <li>- Cada 5 años, inspecciones a realizar por personal especializado del fabricante, instalador o empresa mantenedora autorizada:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extintores: Retimbrado según ITC-MIE-AP5 del Reglamento de Aparatos a presión.</li> <li>- Boques de incendio equipadas (BIE): Realización de una prueba de presión a la manguera.</li> </ul> </li> </ul>
---	---

## 2.8 Seguridad en máquinas

NORMATIVA DE APLICACIÓN	TIPOS DE PRUEBAS PERIÓDICAS	INSTALACIONES EN E.D.A.R.S.
-R.D. 1495/86 sobre Seguridad de Máquinas. -R.D. 1215/97	- Adecuación a la normativa vigente.	- Todo tipos de maquinas

## 3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

### *Bombas centrífugas I (sumergibles)*

	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Operaciones	Semanal	Mensual	Trimestral
Comprobación del consumo eléctrico	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia del aislamiento	Anual	Anual	Anual
Medida de la resistencia del bobinado	Según fabricante		
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Anual	Anual	Anual
Realizar el cambio de aceite	Anual	Anual	Anual
Inspección visual de la bomba y del sistema de elevación	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado de los cables y prensa-estopes	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado del rodete y sustituir si es necesario	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado elementos de desgaste	Anual	Anual	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Mensual	Trimestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento válvulas auxiliares	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento válvulas auxiliares	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar caudal y/o presión manométrica	Mensual	Trimestral	Anual
Comprobación visual de la ausencia de vibraciones y del estado de guías y anclajes	Mensual	Trimestral	Anual
Limpieza del pozo de bombeo	Mínimo 1 anual		
Limpieza general i repaso de la pintura de protección	Anual	Anual	Anual
Revisión en taller para comprobación general	<b>Cada 3 años</b>	-	-

**Bombas centrífugas II(no sumergidas)**

Operaciones	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Comprobación del consumo eléctrico	Semanal	Mensual	Trimestral
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia del bobinado	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Semanal	Quincenal	Mensual
Realizar el cambio de aceite	Según fabricante		
Realizar engrase cojinetes	Según fabricante		
Comprobación de la alineación y estado del acoplamiento	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar estado de los cables y prensa-estopes	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar estado elementos de desgaste	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado del eje y del rodete y sustituir si precisa	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado de los cojinetes	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado cierres mecánicos o empaquetadura	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento elementos reguladores nivel	Mensual	Trimestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento válvulas auxiliares	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar caudal y/o presión manométrica	Mensual	Trimestral	Anual
Comprobación visual de ausencia de vibraciones y del estado de los anclajes	Mensual	Trimestral	Anual
Limpieza general y repaso de la pintura de protección	Anual	Anual	Anual
Revisión en taller para comprobación general	<b>Cada 3 años</b>	-	-

**Tornillosinfin**

Operaciones	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Comprobación del consumo eléctrico	Semanal	Mensual	Trimestral
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia del bobinado	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Semanal	Quincenal	Mensual
Realizar el cambio de aceite	Según fabricante		
Realizar engrase cojinetes	Según fabricante		
Comprobar estado de los cables i prensa-estopes	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar tensión y estado correas o acoplamiento	Quincenal	Mensual	Trimestral
Comprobar elementos de desgaste (hélice, solera, ...)	Anual	Anual	Anual
Comprobar buen funcionamiento elementos reguladores nivel	Mensual	Trimestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual de ausencia de vibraciones y del estado de los anclajes	Mensual	Trimestral	Anual
Limpieza del pozo de bombeo	Según necesidad mínimo 1 anual		
Limpieza general y repaso de la pintura de protección	Anual	Anual	Anual
Revisión en taller para comprobación general	<b>Cada 3 años</b>	-	-

**Bombas de tornillo helicoidal**

Operaciones	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Comprobación del consumo eléctrico	Semanal	Mensual	Trimestral
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral	Semestral	Anual

Medida de la resistencia del bobinado	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Semanal	Quincenal	Trimestral
Realizar el cambio de aceite	Según fabricante		
Realizar engrase	Según fabricante		
Comprobar estado de los cables y prensa-estopes	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar estado del estator y el rotor	Anual	Bianual	Bianual
Comprobar estado articulación y cambiar si conviene	Anual	Bianual	Bianual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento válvulas auxiliares	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Mensual	Trimestral	Anual
Comprobación visual de ausencia de vibraciones y del estado de los anclajes	Mensual	Trimestral	Anual
Limpieza del pozo de bombeo	Mínimo bianual		
Limpieza general y repaso de la pintura de protección	Anual	Anual	Anual
Revisión en taller para comprobación general	<b>Cada 2 años</b>	-	-

### ***Bombas dosificadoras***

Operaciones	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Comprobación del consumo eléctrico	Semanal	Mensual	Trimestral
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia del bobinado	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Semanal	Quincenal	Trimestral
Realizar el cambio de aceite	Según fabricante		
Realizar engrase	Según fabricante		
Comprobar estado de los cables i prensa-estopes	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar estado elementos móviles (pistones, membranas,)	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado elementos de desgaste	Anual	Anual	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento válvulas auxiliares	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Mensual	Trimestral	Anual
Comprobar caudal y/o presión manométrica	Mensual	Trimestral	Anual
Limpieza del depósito	Según necesidades		
Limpieza general i repaso de la pintura de protección	Anual	Anual	Anual
Revisión en taller para comprobación general	<b>Cada 3 años</b>	-	-

### ***Soplantes del tratamiento biológico***

Operaciones	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Comprobación del consumo eléctrico	Semanal	Mensual	Trimestral
Medida de la resistencia de aislamiento	Semanal	Mensual	Trimestral
Medida de la resistencia del bobinado	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Trimestral	Semestral	Anual
Realizar el cambio de aceite	Según fabricante		
Realizar engrase de soplante y motor	Según fabricante		
Observación de los ruidoso vibraciones anómalas	Semanal	Mensual	Mensual
Controlar colmatación filtro de aspiración y limpiar si procede	Mensual	Mensual	Mensual

Limpieza reja de aspiración de la cabina insonorización	Mensual	Trimestral	Trimestral
Cambio filtro de aspiración	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado de las correas	Trimestral	Semestral	Semestral
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento válvulas auxiliares del soplante y de las tuberías	Trimestral	Semestral	Anual
Apretar tortillería y sustituir si procede	Semestral	Anual	Anual
Comprobación ausencia fugas tubería de aire	Quincenal	Mensual	Trimestral
Comprobación buen estado elementos de protección de partes móviles	Mensual	Trimestral	Semestral
Comprobación temperatura aspiración y impulsión	Mensual	Trimestral	Trimestral
Comprobar estado de los cables i prensa-estopes	Anual	Anual	Anual
Comprobación alineación poleas	Anual	Anual	Anual
Limpieza general i repaso de la pintura de protección	Anual	Anual	Anual
Revisión en taller en comprobación estado general soplante	<b>3 años</b>	<b>3 años</b>	-

<i>Turbinas</i>	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Operaciones	Semanal	Mensual	Trimestral
Comprobación del consumo eléctrico	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia del bobinado	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Semanal	Quincenal	Mensual
Realizar el cambio de aceite según las instrucciones del fabricante	Según fabricante		
Realizar engrase según las instrucciones del fabricante	Según fabricante		
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar ausencia de vibraciones y ruidos anómalos	Semanal	Quincenal	Quincenal
Comprobar desgaste turbina	Anual	Anual	Anual
Comprobación de la tortillería y del estado de los anclajes	Mensual	Semestral	Anual
Comprobar estado de los cables y prensa-estopes	Anual	Anual	Anual
Limpieza general y repaso de la pintura de protección	Anual	Anual	Anual
Revisión en taller para comprobación general	<b>Cada 3 años</b>	-	-

<i>Eyectores micronizadores</i>	Frecuencia		
	Extraíbles	Fijos	
Tipos de sistemas de aireación por difusores		1 línea	> 2 líneas
Operaciones		1 línea	> 2 líneas
Observación superficie del depósito para comprobación ausencia de fugas de aire	Semanal	Semanal	Quincenal
Purgar agua de condensación del sistema	Semanal	Semanal	Quincenal
Comprobación presión de aire del sistema	Semanal	Semanal	Quincenal
Comprobación estado colectores de aire y bajantes	Quincenal	Mensual	Trimestral
Comprobación estado juntas	Anual	**	<b>C/ 2 años</b>
Limpieza difusores	Anual	**	<b>C/ 2 años</b>
Comprobación parte sumergida colectores aire y soportes	Anual	**	<b>C/ 2 años</b>

\*\* Solicitar permiso cuando haya alguna anomalía o con una frecuencia mínima de 2 años.

<i>Turbocompresores</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Comprobar consumo eléctrico	Semanal
Comprobar recorrido del servo actuador de los alabes del difusor	Trimestral
Comprobar el recorrido del servo actuador de la prerrotación	Trimestral
Comprobar ajuste limitador por potencia	Trimestral
Medición de vibraciones en máximo i mínimo	Trimestral
Comprobar funciones en servicio	Trimestral
Comprobar funciones en prueba sin motor	Trimestral
Comprobar la cadena de seguridad y el cuadro local	Trimestral
Comprobar funciones en control remoto	Trimestral
Comprobar refrigerador de aceite	Trimestral
Comprobar estado filtros de aceite	Trimestral
Comprobar nivel colmatación filtro de aceite	Trimestral
Comprobar engrase motor	Trimestral
Comprobar nivel de aceite	Trimestral
Comprobar maniobra de arranque de motores	Trimestral
Realizar el cambio de aceite según las instrucciones del fabricante	seg. fabricante.
Realizar inspección del filtro de aspiración y del silenciador	cada 18.000 h
Inspección i limpieza del sistema del difusor	cada 18.000 h
Comprobación de la geometría del difusor	cada 18.000 h
Inspección i Limpieza de los alabes guía de aspiración	cada 18.000 h
Comprobación de la geometría de los alabes guía de aspiración	cada 18.000 h
Cambio de las juntas flexibles	cada 18.000 h
Limpieza o cambio del filtro de aceite	cada 18.000 h
Prueba de funciones de seguridad (termostatos e interruptores de presión)	cada 18.000 h
Prueba del funcionamiento del compresor incluido accesorios y equipamiento eléctrico	cada 18.000 h
Desmontaje del multiplicador	cada 36.000 h
Inspección de engranajes, cojinetes y tanques	cada 36.000 h
Cambio de cojinetes	cada 36.000 h
Cambio de las juntas flexibles	cada 36.000 h
Control y cambio del aceite de lubricación	cada 36.000 h

<i>Compresores</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Purga del calderín	Semanal
Comprobación visual del nivel de aceite	Semanal
Comprobación del consumo eléctrico	Trimestral
Comprobación de la presión manométrica	Trimestral
Medida de la resistencia de aislamiento	Semestral
Medida de la resistencia del bobinado	Semestral
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral
Comprobar ausencia de fugues	Mensual
Comprobar estado y tensión de correas	Mensual
Observación de los ruidos o vibraciones anómalas	Mensual
Limpieza interior del calderín	Anual
Realizar el cambio de aceite	S/ fabricante
Revisión de las válvulas de seguridad	Anual
Comprobar estado de los cables i prensa-estopes	Anual
Limpieza general i repaso de la pintura de protección	Anual



<i><b>Rotores</b></i>	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Operaciones	Semanal	Mensual	Trimestral
Comprobación del consumo eléctrico	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia del bobinado	Según fabricante		
Realizar el cambio de aceite según las instrucciones del fabricante	Según fabricante		
Realizar lubricación cojinetes según las instrucciones del fabricante	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar estado elementos de las palas	Trimestral	Semestral	Semestral
Comprobación estado anillo deflector de sólidos si tiene y cambio si precisa	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado de los cables y prensa-estopes	Mensual	Trimestral	Trimestral
Comprobar i reapretar tortillería	Mensual	Trimestral	Semestral
Comprobación visual del estado del aceite	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Mensual	Trimestral	Trimestral
Comprobación visual de ausencia de vibraciones y del estado de los anclajes	Anual	Anual	Anual
Limpieza general y repaso de la pintura de protección	<b>Cada 3 años</b>	-	-

<i><b>Aireadores auto aspirantes</b></i>	Frecuencia		
	Crítico	Esencial	General
Operaciones	Semanal	Mensual	Trimestral
Comprobación del consumo eléctrico	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral	Semestral	Anual
Medida de la resistencia del bobinado	Según fabricante		
Realizar el cambio de aceite según las instrucciones del fabricante	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar estado elementos de elevación	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado de los cables i prensa-estopes	Anual	Anual	Anual
Comprobar i reapretar tortillería	Anual	Anual	Anual
Comprobar estado del eje del impulsor y sustituir si es necesario	Anual	Anual	Anual
Comprobación visual del estado del aceite	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Limpieza del elemento filtrante si hay	Anual	Anual	Anual
Revisar y reapretar bridas sujeción y estado tubo de aspiración	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral	Semestral	Anual
Comprobación visual de ausencia de vibraciones y del estado de los anclajes	<b>C/ 2 años</b>	-	-

<i><b>Centrífuga deshidratación lodos</b></i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Comprobación del consumo eléctrico	Semanal
Comprobación elementos de seguridad del equipo	Semanal
Medida de la resistencia de aislamiento	Trimestral
Medida de la resistencia del bobinado	Trimestral
Comprobación visual del estado y nivel de aceite	Quincenal
Realizar el cambio de aceite	Según fab.

Realizar engrase cojinetes	Según fab.
Comprobación estado correas si es necesario	Trimestral
Comprobar estado de los cables y prensa-estopes	Anual
Comprobar estado anillo salida de fangos	Anual
Comprobar temperatura superficial del alojamiento de los cojinetes	Mensual
Comprobar buen funcionamiento protecciones eléctricas del equipo	Trimestral
Comprobar si la superficie exterior del rotor presenta erosión o corrosión	Trimestral
Comprobar estado tortillería y apretar si es necesario	Anual
Comprobación visual de ausencia de vibraciones y estado de los anclajes	Trimestral
Limpieza general y repaso de la pintura de protección	Anual
Revisión en taller para comprobación y/o cambio de cojinetes	<b>Cada 3 años</b>

<i>Sondas potencial redox</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Calibración del electrodo	Semestral
Substitución electrodo	Anual

<i>Sondas potencial redox genéricas</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Limpieza de la sonda	Mensual
Calibración del electrodo según fabricante	según fabricante
Substitución de la sonda según fabricante	según fabricante

<i>Sondas de oxígeno Züllig</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Comprobar estado de la piedra "esmeril"	Mensual
Substitución piedra esmeril cuando este desgastada	Según desgaste
Calibración de la sonda	Bianual

<i>Paradas de emergencia</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Comprobar su funcionamiento	Mensual

<i>Pararrayos</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Revisar y medir la resistencia de la puesta a tierra	Cada 4 años
Comprobar el estado del cabezal y de la fijación	Anual
Comprobar si existe continuidad en la bajante	Anual
Limpieza general	Anual
Revisión general del pararrayos por empresa especializada	Cada 4 años

<i>Extintores</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Comprobación accesibilidad, señalización y buen estado conservación	Trimestral
Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, etc.	Trimestral
Comprobación del peso y la presión del extintor	Trimestral
Inspección ocular externa de las partes mecánicas (boquilla, ...)	Trimestral
Revisión general de los extintores por empresa especializada	Anual

<i>Polipastos</i>	Frecuencia
Operaciones	Crítico
Inspección visual del estado general del polipasto	Anual
Inspección visual del estado de las diferentes soldaduras	Anual
Inspección visual de todos los mecanismos y transmisiones	Anual
Inspección visual de las vigas	Anual
Inspección visual de los circuitos y cuadros eléctricos	Anual
Elaboración informe conforme cumplen normativa de seguridad	<b>Cada 2 años</b>



## ANEJO NÚM. 14

---

### MANTENIMIENTO PRECEPTIVO Y PREVENTIVO DE LA EDAR

---

#### ÍNDICE

1	OBJETO .....	1
2	MANTENIMIENTO PRECEPTIVO.....	1
2.1	Instalaciones eléctricas de Baja Tensión.....	1
2.2	Almacenamiento de productos químicos.....	1
2.3	Aparatos a presión: Aparatos o instalaciones no sometidas a ninguna I.T.C.....	2
2.4	Aparatos a presión: Extintores de incendios.....	2
2.5	Aparatos a presión: botellas de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión .....	3
2.6	Aparatos a presión: instalaciones de tratamiento y Almacenamiento de aire comprimido.....	3
2.7	Instalaciones de protección contra incendios .....	3
2.8	Seguridad en máquinas.....	4
3	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	4

## ANEJO NÚM. 15

---

### PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

---

Se redacta el presente Plan de Control de Calidad como anejo del proyecto reseñado a continuación con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el RD 314/2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el CTE modificado por RD 1371/2007.

<b>Proyecto</b>	Proyecto de instalación de depuradora para el tratamiento de 1200 m <sup>3</sup> /día de aguas residuales procedentes de industria de matadero de aves y sala de despiece anexa
<b>Situación</b>	Polígono 08 parcela 40-41
<b>Población</b>	Bellvís (Pla d'Urgell)
<b>Promotor</b>	Matadero y sala despiece AVICOLA DEL PLA S.A.
<b>Director de obra</b>	A determinar por el promotor
<b>Director de la ejecución</b>	Ingeniero Agrónomo a determinar por el promotor

El control de calidad de las obras incluye:

- A.- El control de recepción de productos**
- B.- El control de la ejecución**
- C.- El control de la obra terminada**

Para ello:

- 1) **El director de la ejecución** de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones.
- 2) **El constructor** recabará de los suministradores de productos y facilitará al director de obra y al director de la ejecución de la obra la documentación de los productos anteriormente señalada, así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda; y
- 3) La documentación de calidad preparada por **el constructor** sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el director de la ejecución de la obra, como parte del control de calidad de la obra.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el **director de la ejecución de la obra** en el Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Catalunya, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten un interés legítimo.

## **A. CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS**

El control de recepción tiene por objeto comprobar las características técnicas mínimas exigidas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente en el edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción.

Durante la construcción de las obras el director de la ejecución de la obra realizará los siguientes controles:

### **1. Control de la documentación de los suministros**

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de la ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

### **2. Control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad**

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- Los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.3 del capítulo 2 del CTE.
- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5 del capítulo 2 del CTE, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

### **3. Control mediante ensayos**

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

#### **3.1 Hormigones estructurales**

El control se hará conforme lo establecido en el capítulo 15 de la Instrucción EHE.

Las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón se especifican indicando las referentes a su resistencia a compresión, su consistencia, tamaño máximo del árido, el tipo de ambiente a que va a estar expuesto.

#### **3.2 Control de la resistencia del hormigón**

Es el indicado por la EHE.

#### **Modalidades de control:**

a) **Modalidad 1: Control indirecto.** Condiciones:

- Se adopta una resistencia de cálculo a compresión  $f_{cd}$  no superior a 10 N/mm<sup>2</sup>
- El hormigón no está sometido a clases de exposición III o IV

Además se trata de un edificio incluido en una de estas tres tipologías:

- Obras de ingeniería de pequeña importancia
- Edificio de viviendas de una o dos plantas con luces inferiores a 6 m
- Edificio de viviendas de hasta cuatro plantas con luces inferiores a 6 m. (sólo elementos que trabajen a flexión)

Ensayos: Medición de la consistencia del hormigón:

- Se realizará un ensayo de medida de la consistencia según UNE 83313:90 al menos cuatro veces espaciadas a lo largo del día, quedando constancia escrita.

b) **Modalidad 2: Control intenso.** Cuando se conozca la resistencia de todas las amasadas. Válida para cualquier obra.

- Se realizará determinando la resistencia de todas las amasadas componentes de la obra o la parte de la obra sometida a esta modalidad. El control a nivel intenso sólo será aplicable cuando el Constructor esté en posesión de un sistema de la calidad certificado conforme a la UNE-EN ISO 9001

c) **Modalidad 3: Control normal.** Cuando sólo se conozca la resistencia de una fracción de las amasadas que se colocan. Es de aplicación en todas las obras de hormigón en masa, armado o pretensado.

División de la obra en lotes según los siguientes límites:

Límite superior	Tipo de elemento estructural		
	Elementos comprimidos	Elementos flexionados	Macizos
Volumen hormigón	100 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>
Tiempo hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m <sup>2</sup>	1.000 m <sup>2</sup>	-
Nº de plantas	2	2	-
<b>Nº de lotes según la condición más estricta</b>	-	<b>1</b>	<b>1</b>

Si los hormigones están fabricados en central de hormigón preparado **en posesión de un Sello o Marca de Calidad**, se podrán usar los siguientes valores como mínimos de cada lote:

Límite superior	Tipo de elemento estructural		
	Elementos comprimidos	Elementos flexionados	Macizos
Volumen hormigón	200 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>
Tiempo hormigonado	4 semanas	4 semanas	2 semana
Superficie construida	1.000 m <sup>2</sup>	2.000 m <sup>2</sup>	-
Nº de plantas	4	4	-
<b>Nº de LOTES según la condición más estricta</b>	-	<b>1</b>	<b>1</b>

Siempre y cuando los resultados de control de producción sean satisfactorios y estén a disposición del Peticionario, siendo tres el número mínimo de lotes que deberá muestrearse correspondiendo a los tres tipos de elementos estructurales que figuran en el cuadro.



En el caso de que en algún lote la  $f_{est}$  fuera menor que la resistencia característica de proyecto, se pasará a realizar el control normal sin reducción de intensidad, hasta que en cuatro lotes consecutivos se obtengan resultados satisfactorios.

El control se realizará determinando la resistencia de N amasadas<sup>1</sup> por lote.

Siendo,  $N \geq 2$  si  $f_{ck} \leq 25 \text{ N/mm}^2$

$N \geq 4$  si  $25 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 35 \text{ N/mm}^2$

$N \geq 6$  si  $f_{ck} > 35 \text{ N/mm}^2$

Con las siguientes condiciones:

- Las tomas de muestra se realizarán al azar entre las amasadas de la obra.
- No se mezclan en un mismo lote elementos de tipología estructural.
- Los ensayos se realizarán sobre probetas fabricadas, conservadas y rotas según UNE 83300:84, 83301:91, 83303:84 y 83304:84.
- Los laboratorios que realicen los ensayos deberán cumplir lo establecido en el RD 1230/1989 y disposiciones que lo desarrollan.

### 3.3 Control de los componentes del hormigón

Se realizará de la siguiente manera:

- a) Si la central dispone de un Control de Producción y está en posesión de un Sello o Marca de Calidad oficialmente reconocido, o si el hormigón fabricado en central, está en posesión de un distintivo reconocido o un CC-EHE, no es necesario el control de recepción en obra de los materiales componentes del hormigón.
- b) Para el resto de los casos se establece en el **apéndice I** el número de ensayos por lote para el cemento, el agua de amasado, los áridos y otros componentes del hormigón según lo dispuesto en los artículos 84 y 85 de la EHE-08.

### 3.4 Control del acero

Se realizará de la siguiente manera:

Se establecen dos niveles de control: reducido y normal.

- **Control reducido:** sólo aplicable a armaduras pasivas cuando el consumo de acero en obra es reducido, con la condición de que el acero esté certificado.

Comprobaciones sobre cada diámetro	Condiciones de aceptación o rechazo		
La sección equivalente no será inferior al 95,5% de su sección nominal	Si las dos comprobaciones resultan satisfactorias		<b>partida aceptada</b>
	Si las dos comprobaciones resultan no satisfactorias		<b>partida rechazada</b>
	Si se registra un sólo resultado no satisfactorio se comprobarán cuatro nuevas muestras correspondientes a la partida que se controla	Si alguna resulta no satisfactoria	<b>partida rechazada</b>
	Si todas resultan satisfactorias		<b>partida aceptada</b>
Formación de grietas o fisuras en las zonas de doblado y ganchos de anclaje, mediante inspección en obra	La aparición de grietas o fisuras en los ganchos de anclaje o zonas de doblado de cualquier barra		<b>partida rechazada</b>

<sup>1</sup> Se emplea la palabra "amasada" como equivalente a unidad de producto y ésta como la cantidad de hormigón fabricada de una sola vez, si bien, en algún caso y a efectos de control, se podrá tomar en su lugar la cantidad de hormigón fabricado en un intervalo de tiempo determinado y en las mismas condiciones esenciales.

- **Control normal:** aplicable a todas las armaduras (activas y pasivas) y en todo caso para hormigón pretensado.

<b>Clasificación de las armaduras según su diámetro</b>	
Serie fina	$\Phi \leq 10$ mm
Serie media	$12 \leq \Phi \leq 20$ mm
Serie gruesa	$\Phi \geq 25$ mm

	<b>Productos certificados</b>		<b>Productos no certificados</b>	
Los resultados del control del acero deben ser conocidos	antes de la puesta en uso de la estructura		antes del hormigonado de la parte de obra correspondiente	
Lotes	Serán de un mismo suministrador		Serán de un mismo suministrador, designación y serie.	
Cantidad máxima del lote	<b>armaduras pasivas</b>	<b>armaduras activas</b>	<b>armaduras pasivas</b>	<b>armaduras activas</b>
	40 toneladas o fracción	20 toneladas o fracción	20 toneladas o fracción	10 toneladas o fracción
Nº de probetas	<b>dos probetas por cada lote</b>			

- Se tomarán y se realizarán las siguientes comprobaciones según lo establecido en EHE:
  - Comprobación de la sección equivalente para armaduras pasivas y activas.
  - Comprobación de las características geométricas de las barras corrugadas.
  - Realización del ensayo de doblado-desdoblado para armaduras pasivas, alambres de pretensado y barras de pretensado.
- Se determinarán, al menos en dos ocasiones durante la realización de la obra, el límite elástico, carga de rotura y alargamiento (en rotura, para las armaduras pasivas; bajo carga máxima, para las activas) como mínimo en una probeta de cada diámetro y tipo de acero empleado y suministrador según las UNE 7474-1:92 y 7326:88 respectivamente. En el caso particular de las mallas electrosoldada se realizarán, como mínimo, dos ensayos por cada diámetro principal empleado en cada una de las dos ocasiones; y dichos ensayos incluirán la resistencia al arrancamiento del nudo soldado según UNE 36462:80.
- En el caso de existir empalmes por soldadura, se deberá comprobar que el material posee la composición química apta para la soldabilidad, de acuerdo con UNE 36068:94, así como comprobar la aptitud del procedimiento de soldeo.

### Condiciones de aceptación o rechazo

Se procederá de la misma forma tanto para aceros certificados como no certificados.

- Comprobación de la sección equivalente: Se efectuará igual que en el caso de control a nivel reducido.
- Características geométricas de los resaltos de las barras corrugadas: El incumplimiento de los límites admisibles establecidos en el certificado específico de adherencia será condición suficiente para que se rechace el lote correspondiente.
- Ensayos de doblado-desdoblado: Si se produce algún fallo, se someterán a ensayo cuatro nuevas probetas del lote correspondiente. Cualquier fallo registrado en estos nuevos ensayos obligará a rechazar el lote correspondiente.
- Ensayos de tracción para determinar el límite elástico, la carga de rotura y el alargamiento en rotura: Mientras los resultados de los ensayos sean satisfactorios, se aceptarán las barras del diámetro correspondiente. Si se registra algún fallo, todas las armaduras de ese mismo diámetro existentes en obra y las que posteriormente se reciban, serán clasificadas en lotes correspondientes a las diferentes partidas suministradas, sin que cada lote exceda de las 20 toneladas para las armaduras pasivas y 10 toneladas para las armaduras activas. Cada lote será

controlado mediante ensayos sobre dos probetas. Si los resultados de ambos ensayos son satisfactorios, el lote será aceptado. Si los dos resultados fuesen no satisfactorios, el lote será rechazado, y si solamente uno de ellos resulta no satisfactorio, se efectuará un nuevo ensayo completo de todas las características mecánicas que deben comprobarse sobre 16 probetas. El resultado se considerará satisfactorio si la media aritmética de los dos resultados más bajos obtenidos supera el valor garantizado y todos los resultados superan el 95% de dicho valor. En caso contrario el lote será rechazado.

- Ensayos de soldeo: En caso de registrarse algún fallo en el control del soldeo en obra, se interrumpirán las operaciones de soldadura y se procederá a una revisión completa de todo el proceso.

### **3.5 Forjados unidireccionales de hormigón estructural**

El control de se hará conforme lo establecido en el artículo 91 de la Instrucción EHE-08.

Verificación de espesores de recubrimiento:

- a) Si los elementos resistentes están en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, se les eximirá de la verificación de espesores de recubrimiento, salvo indicación contraria de la Dirección Facultativa.
- b) Para el resto de los casos se seguirá el procedimiento indicado por la Dirección de Obra.

### **3.6 Estructuras de acero**

#### **Control de los Materiales**

En el caso venir con certificado expedido por el fabricante se controlará que se corresponde de forma inequívoca cada elemento de la estructura con el certificado de origen que lo avala.

Para las características que no queden avaladas por el certificado de origen se establecerá un control mediante ensayos realizados por un laboratorio independiente.

En los casos que alguno de los materiales, por su carácter singular, carezcan de normativa nacional específica se podrán utilizar otras normativas o justificaciones con el visto bueno de la dirección facultativa.

#### **Control de la Fabricación**

El control se realizará mediante el control de calidad de la documentación de taller y el control de la calidad de la fabricación con las especificaciones indicadas en el apartado 12.4 del DB SE-A

### **3.7 Estructuras de fábrica:**

En el caso de que las piezas no tuvieran un valor de resistencia a compresión en la dirección del esfuerzo, se tomarán muestras según UNE EN771 y se ensayarán según EN 772-1:2002, aplicando el esfuerzo en la dirección correspondiente. El valor medio obtenido se multiplicará por el valor  $\delta$  de la tabla 8.1 del DB SE-F, no superior a 1,00 y se comprobará que el resultado obtenido es mayor o igual que el valor de la resistencia normalizada especificada en el proyecto.

En cualquier caso, o cuando se haya especificado directamente la resistencia de la fábrica, podrá acudir a determinar directamente esa variable a través de la EN 1052-1.

### **3.8 Criterio general de no-aceptación del producto:**

El incumplimiento de alguna de las especificaciones de un producto, salvo demostración de que no suponga riesgo apreciable, tanto de las resistencias mecánicas como de la durabilidad, será condición suficiente para la no-aceptación del producto y en su caso de la partida.

**El resto de controles se realizarán según las exigencias de la normativa vigente de aplicación de la que se incorpora un listado por materiales y elementos constructivos.**

## **CONTROL EN LA FASE DE RECEPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

### **1. CEMENTOS**

#### **Instrucción para la recepción de cementos (RC-08)**

Aprobada por el Real Decreto 956/2008, de 6 de junio (BOE 19/06/2008).

- Capítulo III. Recepción
- Capítulo IV. Almacenamiento, manipulación y uso de los cementos

#### **Cementos comunes**

Obligatoriedad del marcado CE para este material (UNE-EN 197-1), aprobada por Resolución de 1 de Febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

#### **Cementos especiales**

Obligatoriedad del marcado CE para los cementos especiales con muy bajo calor de hidratación (UNE-EN 14216) y cementos de alto horno de baja resistencia inicial (UNE-EN 197-4), aprobadas por Resolución de 1 de Febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

#### **Cementos de albañilería**

Obligatoriedad del marcado CE para los cementos de albañilería (UNE-EN 413-1), aprobada por Resolución de 1 de Febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

### **2. HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO**

#### **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)**

Aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio. (BOE 22/08/2008)

- Artículo 1.1. Certificación y distintivos
- Artículo 84.º Criterios generales para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón y de las armaduras
- Artículo 85.º Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón
- Artículo 86.º Control del hormigón
- Artículo 87.º Control del acero
- Artículo 88.º Control de las armaduras
- Artículo 89.º Control del acero para armaduras activas
- Artículo 90.º Control de los elementos y sistemas de pretensado
- Artículo 91.º Control de los elementos prefabricados

### **3. ESTRUCTURAS METÁLICAS**

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SE-A-Seguridad Estructural-Acero**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006). Epígrafe 12. Control de calidad

- Epígrafe 12.3 Control de calidad de los materiales
- Epígrafe 12.4 Control de calidad de la fabricación

### **4. ESTRUCTURAS DE FÁBRICA**

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SE-F-Seguridad Estructural-Fábrica**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006). Epígrafe 8. Control de la ejecución

- Epígrafe 8.1 Recepción de materiales

### **5. RED DE SANEAMIENTO**

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE-Ahorro de Energía**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006) Epígrafe 6. Productos de construcción

#### **Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para uso en sistemas de drenaje**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13252), aprobada por Orden de 29 de noviembre de 2001 (BOE 07/12/2001).

#### **Tuberías de fibrocemento para drenaje y saneamiento. Pasos de hombre y cámaras de inspección**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 588-2), aprobada por Resolución de 3 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2002).

**Juntas elastoméricas de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje (de caucho vulcanizado, de elastómeros termoplásticos, de materiales celulares de caucho vulcanizado y de poliuretano vulcanizado).**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 681-1, 2, 3 y 4) aprobada por Resolución de 16 de enero de 2003 (BOE 06/02/2003).

**Canales de drenaje para zonas de circulación para vehículos y peatones** Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 1433), aprobada por Resolución de 12 de junio de 2003 (BOE 11/07/2003).

#### **Pates para pozos de registro enterrados**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13101), aprobada por Resolución de 10 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2003).

#### **Válvulas de admisión de aire para sistemas de drenaje**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 12380), aprobada por Resolución de 10 de octubre de 2003. (BOE 31/10/2003)

#### **Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 1916), aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003).

#### **Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero.**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 1917), aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003).

#### **Escaleras fijas para pozos de registro.**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 14396), aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

### **6. CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS**

#### **Sistemas y Kits de encofrado perdido no portante de bloques huecos, paneles de materiales aislantes o a veces de hormigón**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (Guía DITE N° 009), aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

#### **Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para uso en movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras de construcción**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13251), aprobada por Orden de 29 de noviembre de 2001 (BOE 07/12/2001).

#### **Anclajes metálicos para hormigón**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos, aprobadas por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002) y Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

- Anclajes metálicos para hormigón. Guía DITE N° 001-1, 2, 3 y 4.
- Anclajes metálicos para hormigón. Anclajes químicos. Guía DITE N° 001-5.

#### **Apoyos estructurales**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos, aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

- Apoyos de PTFE cilíndricos y esféricos. UNE-EN 1337-7.
- Apoyos de rodillo. UNE-EN 1337-4.
- Apoyos oscilantes. UNE-EN 1337-6.

#### **Aditivos para hormigones y pastas**

Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 6 de mayo de 2002 y Resolución de 9 de noviembre de 2005 (BOE 30/05/2002 y 01/12/2005).

- Aditivos para hormigones y pastas. UNE-EN 934-2
- Aditivos para hormigones y pastas. Aditivos para pastas para cables de pretensado. UNE-EN 934-4

#### **Ligantes de soleras continua de magnesita. Magnesita cáustica y de cloruro de magnesio**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 14016-1), aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

#### **Áridos para hormigones, morteros y lechadas**

Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 14 de enero de 2004 (BOE 11/02/2004).

- Áridos para hormigón. UNE-EN 12620.
- Áridos ligeros para hormigones, morteros y lechadas. UNE-EN 13055-1.
- Áridos para morteros. UNE-EN 13139.

#### **Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos, de acuerdo con la Guía DITE nº 011; aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

### **7. ALBAÑILERÍA**

#### **Cales para la construcción**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 459-1), aprobada por Resolución de 3 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2002).

#### **Paneles de yeso**

Obligatoriedad del mercado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 6 de mayo de 2002 (BOE 30/05/2002) y Resolución de 9 de Noviembre de 2005 (BOE 01/11/2005).

- Paneles de yeso. UNE-EN 12859.
- Adhesivos a base de yeso para paneles de yeso. UNE-EN 12860.

#### **Chimeneas**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 13502), aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003), Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004) y Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

- Terminales de los conductos de humos arcillosos / cerámicos. UNE-EN 13502.
- Conductos de humos de arcilla cocida. UNE-EN 1457.
- Componentes. Elementos de pared exterior de hormigón. UNE-EN 12446
- Componentes. Paredes interiores de hormigón. UNE-EN 1857
- Componentes. Conductos de humo de bloques de hormigón. UNE-EN 1858
- Requisitos para chimeneas metálicas. UNE-EN 1856-1

#### **Kits de tabiquería interior (sin capacidad portante)**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos, de acuerdo con la Guía DITE nº 003; aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

#### **Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos aprobada por Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).

- Tirantes, flejes de tensión, abrazaderas y escuadras. UNE-EN 845-1.
- Dinteles. UNE-EN 845-2.
- Refuerzo de junta horizontal de malla de acero. UNE-EN 845-3.

#### **Especificaciones para morteros de albañilería**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos aprobada por Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).

- Morteros para revoco y enlucido. UNE-EN 998-1.
- Morteros para albañilería. UNE-EN 998-2.

### **8. AISLAMIENTOS TÉRMICOS**

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE Ahorro de Energía**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

- 4 Productos de construcción
- Apéndice C Normas de referencia. Normas de producto.

#### **Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación**

Obligatoriedad del mercado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 12 de junio de 2003 (BOE 11/07/2003) y modificación por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

- Productos manufacturados de lana mineral (MW). UNE-EN 13162
- Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). UNE-EN 13163
- Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). UNE-EN 13164
- Productos manufacturados de espuma rígida de poliuretano (PUR). UNE-EN 13165
- Productos manufacturados de espuma fenólica (PF). UNE-EN 13166

#### **Sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico exterior con revoco**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos, de acuerdo con la Guía DITE nº 004; aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

#### **Anclajes de plástico para fijación de sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico exterior con revoco**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos, de acuerdo con la Guía DITE nº 01; aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

### **9. AISLAMIENTO ACÚSTICO**

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HR. Protección frente al ruido. (obligado cumplimiento a partir 24/10/08)**

Aprobado por Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre. (BOE 23/10/07)

- 4.1. Características exigibles a los productos
- 4.3. Control de recepción en obra de productos

### **10. IMPERMEABILIZACIONES**

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HS1-Salubridad. Protección frente a la humedad.**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

- Epígrafe 4. Productos de construcción

#### **Sistemas de impermeabilización de cubiertas aplicados en forma líquida**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos, de acuerdo con la Guía DITE nº 005; aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

#### **Sistemas de impermeabilización de cubiertas con membranas flexibles fijadas mecánicamente**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos, de acuerdo con la Guía DITE nº 006; aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

### **11. REVESTIMIENTOS**

#### **Materiales de piedra natural para uso como pavimento**

Obligatoriedad del mercado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 3 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2002).

- Baldosas. UNE-EN 1341
- Adoquines. UNE-EN 1342
- Bordillos. UNE-EN 1343

#### **Adoquines de arcilla cocida**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 1344) aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003).

#### **Adhesivos para baldosas cerámicas**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 12004) aprobada por Resolución de 16 de enero de 2003 (BOE 06/02/2003).

#### **Adoquines de hormigón**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 1338) aprobada por Resolución de 14 de enero de 2004 (BOE 11/02/2004).

#### **Baldosas prefabricadas de hormigón**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 1339) aprobada por Resolución de 14 de enero de 2004 (BOE 11/02/2004).

#### **Materiales para soleras continuas y soleras. Pastas autonivelantes**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 13813) aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003)

#### **Techos suspendidos**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 13964) aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2004 (BOE 19/02/2004).

#### **Baldosas cerámicas**

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 14411) aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2004 (BOE 19/02/2004).

### **12. CARPINTERÍA, CERRAJERÍA Y VIDRIERÍA**

#### **Dispositivos para salidas de emergencia**

Obligatoriedad del mercado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 6 de mayo de 2002 (BOE 30/05/2002).

- Dispositivos de emergencia accionados por una manilla o un pulsador para salidas de socorro. UNE-EN 179
- Dispositivos antipánico para salidas de emergencias activados por una barra horizontal. UNE-EN 1125

#### **Herrajes para la edificación**

Obligatoriedad del mercado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003), Resolución de 3 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2002) y ampliado en Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

- Dispositivos de cierre controlado de puertas. UNE-EN 1154.

- Dispositivos de retención electromagnética para puertas batientes. UNE-EN 1155.
- Dispositivos de coordinación de puertas. UNE-EN 1158.
- Bisagras de un solo eje. UNE-EN 1935.
- Cerraduras y pestillos. UNE -EN 12209.

#### **Tableros derivados de la madera para su utilización en la construcción**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13986) aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003).

#### **Sistemas de acristalamiento sellante estructural**

Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

- Vidrio. Guía DITE nº 002-1
- Aluminio. Guía DITE nº 002-2
- Perfiles con rotura de puente térmico. Guía DITE nº 002-3

#### **Puertas industriales, comerciales, de garaje y portones**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13241-1) aprobada por Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).

#### **Toldos**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13561) aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

#### **Fachadas ligeras**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13830) aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

### **13. PREFABRICADOS**

#### **Productos prefabricados de hormigón. Elementos para vallas**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por Resolución de 6 de mayo de 2002 (BOE 30/05/2002) y ampliadas por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005)

- Elementos para vallas. UNE-EN 12839.
- Mástiles y postes. UNE-EN 12843.

#### **Componentes prefabricados de hormigón armado de áridos ligeros de estructura abierta**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 1520), aprobada por Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).

#### **Escaleras prefabricadas (kits)**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos, de acuerdo con la Guía DITE nº 008; aprobada por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002).

#### **Bordillos prefabricados de hormigón**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 1340), aprobada por Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004)

### **14. INSTALACIONES**

#### **▪ INSTALACIONES DE FONTANERÍA Y APARATOS SANITARIOS**

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HS 4 Suministro de agua**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

- Epigrafe 5. Productos de construcción

#### **Juntas elastoméricas de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje (de caucho vulcanizado, de elastómeros termoplásticos, de materiales celulares de caucho vulcanizado y de poliuretano vulcanizado)**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 681-1, 2, 3 y 4), aprobada por Resolución de 16 de enero de 2003 (BOE 06/02/2003).

#### **Dispositivos anti-inundación en edificios**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13564), aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003).

#### **Fregaderos de cocina**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13310), aprobada por Resolución de 9 de noviembre de 2005 (BOE 01/12/2005).

#### **Inodoros y conjuntos de inodoros con sifón incorporado**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 997), aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

#### **▪ INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

#### **Columnas y báculos de alumbrado**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por Resolución de 10 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2003) y ampliada por resolución de 1 de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004)

- Acero. UNE-EN 40- 5.
- Aluminio. UNE-EN 40-6
- Mezcla de polímeros compuestos reforzados con fibra. UNE-EN 40-7

#### **▪ INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN**

#### **Sistemas de control de humos y calor**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004)

- Aireadores naturales de extracción de humos y calor. UNE-EN12101- 2.
- Aireadores extractores de humos y calor. UNE-ENE-12101-3.

#### **Paneles radiantes montados en el techo alimentados con agua a una temperatura inferior a 120°C**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 14037-1) aprobada por Resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).

#### **Radiadores y convectores**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 442-1) aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005)

#### **▪ INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

#### **Instalaciones fijas de extinción de incendios. Sistemas equipados con mangueras.**

Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 3 de octubre de 2002 (BOE 31/10/2002).

- Bocas de incendio equipadas con mangueras semirrigidas. UNE-EN 671-1
- Bocas de incendio equipadas con mangueras planas. UNE-EN 671-2

#### **Sistemas fijos de extinción de incendios. Componentes para sistemas de extinción mediante agentes gaseosos**

Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 3 de octubre de 2002 (BOE 31/10/2002), ampliada por Resolución de 28 de Junio de 2004 (BOE16/07/2004) y modificada por Resolución de 9 de Noviembre de 2005(BOE 01/12/2005).

- Válvulas direccionales de alta y baja presión y sus actuadores para sistemas de CO2. UNE-EN 12094-5.
- Dispositivos no eléctricos de aborto para sistemas de CO2. UNE-EN 12094-6
- Difusores para sistemas de CO2. UNE-EN 12094-7
- Válvulas de retención y válvulas antiretorno. UNE-EN 12094-13
- Requisitos y métodos de ensayo para los dispositivos manuales de disparo y paro. UNE-EN-12094-3.
- Requisitos y métodos de ensayo para detectores especiales de incendios. UNEEN-12094-9.
- Requisitos y métodos de ensayo para dispositivos de pesaje. UNE-EN-12094- 11.
- Requisitos y métodos de ensayo para dispositivos neumáticos de alarma. UNEEN- 12094-12

#### **Sistemas de extinción de incendios. Sistemas de extinción por polvo**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 12416-1 y 2) aprobada por Resolución de 3 de octubre de 2002 (BOE 31/10/2002) y modificada por Resolución de 9 de Noviembre de 2005 (BOE 01/12/2005).

#### **Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores y agua pulverizada.**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por Resolución de 3 de octubre de 2002 (BOE 31/10/2002), ampliadas y modificadas por Resoluciones del 14 de abril de 2003(BOE 28/04/2003), 28 de junio de junio de 2004(BOE 16/07/2004) y 19 de febrero de 2005(BOE 19/02/2005).

- Rociadores automáticos. UNE-EN 12259-1
- Conjuntos de válvula de alarma de tubería mojada y cámaras de retardo. UNEEN 12259-2
- Conjuntos de válvula de alarma de tubería seca. UNE-EN 12259-3
- Alarmas hidroneumáticas. UNE-EN-12259-4
- Componentes para sistemas de rociadores y agua pulverizada. Detectores de flujo de agua. UNE-EN-12259-5

#### **Sistemas de detección y alarma de incendios.**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por Resolución de 14 de abril de 2003 (BOE 28/04/2003), ampliada por Resolución del 10 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2003).

- Dispositivos de alarma de incendios-dispositivos acústicos. UNE-EN 54-3.
- Equipos de suministro de alimentación. UNE-EN 54-4.
- Detectores de calor. Detectores puntuales. UNE-EN 54-5.
- Detectores de humo. Detectores puntuales que funcionan según el principio de luz difusa, luz transmitida o por ionización. UNE-EN-54-7.
- Detectores de humo. Detectores lineales que utilizan un haz óptico de luz. UNE-EN-54-12.

**Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI-93)**

Aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre. (BOE 14/12/1993)

**Fase de recepción de equipos y materiales**

- Artículo 2
- Artículo 3
- Artículo 9

▪ **COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

**Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SI Seguridad en Caso de Incendio**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

- Justificación del comportamiento ante el fuego de elementos constructivos y los materiales (ver REAL DECRETO 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego).

**REAL DECRETO 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.**

▪ **INSTALACIONES TÉRMICAS**

**Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)**

REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

▪ **INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD**

**Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)**

Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (BOE 18/09/2002)

- Artículo 6. Equipos y materiales
- ITC-BT-06. Materiales. Redes aéreas para distribución en baja tensión
- ITC-BT-07. Cables. Redes subterráneas para distribución en baja tensión

▪ **INSTALACIONES DE INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIÓN**

**Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones (RICT).**

Aprobado por Real Decreto 401/2003, de 4 de abril. (BOE 14/05/2003)

**Fase de recepción de equipos y materiales**

- Artículo 10. Equipos y materiales utilizados para configurar las instalaciones

▪ **INSTALACIÓN DE APARATOS ELEVADORES**

**Disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 95/16/CE, sobre ascensores**

Aprobadas por Real Decreto 1314/1997 de 1 de agosto. (BOE 30/09/1997)

**Fase de recepción de equipos y materiales**

- Artículo 6. marcado «CE» y declaración «CE» de conformidad

## B. CONTROL DE EJECUCIÓN

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa. En la recepción de la obra ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de conformidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores.

**Los diferentes controles se realizarán según las exigencias de la normativa vigente de aplicación de la que se incorpora un listado por elementos constructivos.**

### CONTROL EN LA FASE DE EJECUCIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

#### 1. HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

##### Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)

Aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio. (BOE 22/08/2008)

##### Fase de ejecución de elementos constructivos

- Artículo 92.º Criterios generales para el control de ejecución
- Artículo 93.º Comprobaciones previas al comienzo de la ejecución
- Artículo 94.º Control de los procesos de ejecución previos a la colocación de la armadura
- Artículo 95.º Control del proceso de montaje de las armaduras pasivas
- Artículo 96.º Control de las operaciones de pretensado
- Artículo 97.º Control de los procesos de hormigonado
- Artículo 98.º Control de procesos posteriores al hormigonado
- Artículo 99.º Control del montaje y uniones de elementos prefabricados
- Artículo 100.º Control del elemento construido
- Artículo 101.º Controles de la estructura mediante ensayos de información Complementaria
- Artículo 102.º Control de aspectos medioambientales

#### 2. ESTRUCTURAS METÁLICAS

##### Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SE-A-Seguridad Estructural-Acero

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006). Epígrafe 12. Control de calidad

##### Fase de ejecución de elementos constructivos

- Epígrafe 12.5 Control de calidad del montaje

#### 3. ESTRUCTURAS DE FÁBRICA

##### Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SE-F-Seguridad Estructural-Fábrica

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006). Epígrafe 8. Control de la ejecución

##### Fase de ejecución de elementos constructivos

- Epígrafe 8.2 Control de la fábrica
- Epígrafe 8.3 Morteros y hormigones de relleno
- Epígrafe 8.4 Armaduras
- Epígrafe 8.5 Protección de fábricas en ejecución

#### 4. IMPERMEABILIZACIONES

##### Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HS1-Salubridad. Protección frente a la humedad.

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

##### Fase de ejecución de elementos constructivos

- Epígrafe 5 Construcción

#### 5. AISLAMIENTO TÉRMICO

##### Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE Ahorro de Energía

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

##### Fase de ejecución de elementos constructivos

- 5 Construcción
- Apéndice C Normas de referencia. Normas de ensayo.

#### 6. AISLAMIENTO ACÚSTICO

##### Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HR. Protección frente al ruido. (obligado cumplimiento a partir 24/10/08)

Aprobado por Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre. (BOE 23/10/07)

- 5.2. Control de la ejecución

#### 7. INSTALACIONES

##### INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

##### Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI-93)

Aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre. (BOE 14/12/1993)

##### Fase de ejecución de las instalaciones

- Artículo 10

##### INSTALACIONES TÉRMICAS

##### Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)

- REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

##### INSTALACIONES DE FONTANERÍA



**Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HS 4 Suministro de agua**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

**Fase de recepción de las instalaciones**

- Epígrafe 6. Construcción

- **RED DE SANEAMIENTO**

**Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE Ahorro de Energía**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

**Fase de recepción de materiales de construcción**

Epígrafe 5. Construcción

- **INSTALACIONES DE INFRAESTRUCTURAS DE TELECOMUNICACIÓN**

Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones (RICT).

Aprobado por Real Decreto 401/2003, de 4 de abril. (BOE 14/05/2003)

**Fase de ejecución de las instalaciones**

- Artículo 9. Ejecución del proyecto técnico

**Desarrollo del Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones**

Aprobado por Orden CTE/1296/2003, de 14 de mayo. (BOE 27/05/2003)

**Fase de ejecución de las instalaciones**

- Artículo 3. Ejecución del proyecto técnico

- **INSTALACIÓN DE APARATOS ELEVADORES**

**Disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 95/16/CE, sobre ascensores**

Aprobadas por Real Decreto 1314/1997 de 1 de agosto. (BOE 30/09/1997)

**Fase de ejecución de las instalaciones**

- Artículo 6. marcado «CE» y declaración «CE» de conformidad

## **C. CONTROL DE LA OBRA TERMINADA**

Con el fin de comprobar las prestaciones finales del edificio en la obra terminada deben realizarse las verificaciones y pruebas de servicio establecidas en el proyecto o por la dirección facultativa y las previstas en el CTE y resto de la legislación aplicable que se enumera a continuación:

### **ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

#### **1. HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO**

##### **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio. (BOE 22/08/2008)

- Anejo 21. Documentación de suministro y control

#### **2. AISLAMIENTO ACÚSTICO**

##### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HR. Protección frente al ruido.**

Aprobado por Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre. (BOE 23/10/07)

- 5.3. Control de la obra terminada

#### **3. IMPERMEABILIZACIONES**

##### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HS1-Salubridad. Protección frente a la humedad.**

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

- Epígrafe 5.3 Control de la obra terminada

#### **4. INSTALACIONES**

##### **▪ INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

##### **Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI-93)**

Aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre. (BOE 14/12/1993)

- Artículo 18

##### **Reglamento de instalaciones de protección contra incendios en instalaciones industriales**

Aprobado por Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.)

##### **Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego**

- REAL DECRETO 312/2005, de 18 de marzo,

##### **▪ INSTALACIONES TÉRMICAS**

##### **Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE)**

- REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

##### **▪ INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD**

##### **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)**

Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (BOE 18/09/2002)

##### **Fase de recepción de las instalaciones**

- Artículo 18. Ejecución y puesta en servicio de las instalaciones
- ITC-BT-04. Documentación y puesta en servicio de las instalaciones
- ITC-BT-05. Verificaciones e inspecciones
- Procedimiento para la tramitación, puesta en servicio e inspección de las instalaciones eléctricas no industriales conectadas a una alimentación en baja tensión en la Comunidad de Madrid, aprobado por (Orden 9344/2003, de 1 de octubre. (BOCM 18/10/2003)

##### **▪ INSTALACIÓN DE APARATOS ELEVADORES**

##### **Disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 95/16/CE, sobre ascensores**

Aprobadas por Real Decreto 1314/1997 de 1 de agosto. (BOE 30/09/1997)

- ANEXO VI. Control final

## APENDICE I. control de los componentes del hormigón

(Obligatorio sólo para hormigones realizados en obra o que la central no disponga de un control de producción reconocido)

### ÁRIDOS

- Con antecedentes o experiencia suficiente de su empleo, no será preciso hacer ensayos.
- Con carácter general cuando no se disponga de un certificado de idoneidad de los áridos emitido, como máximo un año antes de la fecha de empleo, por un laboratorio oficial u oficialmente acreditado (según EHE)

ENSAYOS		Nº ENSAYOS
1	UNE EN 933-2:96 Granulometría de las partículas de los áridos	
2	UNE 7133:58 Terrones de arcilla	
3	UNE 7134:58 Partículas blandas	
4	UNE 7244:71 Material retenido por tamiz 0,063 que flota en líquido de peso específico 2	
5	UNE 1744-1:99 Compuestos de azufre, expresados en SO <sub>3</sub> = referidos al árido seco	
6	UNE 1744-1:99 Sulfatos solubles en ácidos, expresados en SO <sub>3</sub> = referidos al árido seco	
7	UNE 1744-1:99 Cloruros	
8	UNE 933-9:99 Azul de metileno	
9	UNE 146507:99 Reactividad a los álcalis del cemento	
10	UNE EN 1097-1:97 Friabilidad de la arena	
11	UNE EN 1097-2:99 Resistencia al desgaste de la grava	
12	UNE 83133:90 y UNE 83134:90 Absorción de agua por los áridos	
13	UNE 1367-2:99 Pérdida de peso máxima con sulfato magnésico	
14	UNE 7238:71 Coeficiente de forma del árido grueso	
15	UNE 933-3:97 Índice de lajas del árido grueso	

### AGUA

- En general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.
- En general, cuando no se posean antecedentes de su utilización en obras de hormigón, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas (según EHE)

ENSAYOS		Nº ENSAYOS
1	UNE 7234:71 Exponente de hidrógeno pH	
2	UNE 7130:58 Sustancias disueltas	
3	UNE 7131:58 Sulfatos, expresados en SO <sub>4</sub>	
4	UNE 7178:60 Ión cloruro Cl <sup>-</sup>	
5	UNE 7132:58 Hidratos de carbono	
6	UNE 7235:71 Sustancias orgánicas solubles en éter	
7	UNE 7236:71 Toma de muestras para el análisis químico	

## CEMENTO

Ensayos 1 al 14 (ver lista):

- Antes de comenzar el hormigonado o si varían las condiciones de suministro o cuando lo indique la Dirección de la Obra.

- En cementos con Sello o Marca de Calidad, oficialmente reconocido por la Administración competente, de un Estado miembro de la Unión Europea o que sea parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, se le eximirá de los ensayos de recepción previstos en la Instrucción para la recepción de cementos RC-08. En tal caso, el suministrador deberá aportar, en el acto de recepción, una copia del correspondiente certificado emitido por Organismo autorizado y, en su caso, del de equivalencia.

Ensayos 9 al 14 (ver lista):

- Una vez cada tres meses de obra y cuando lo indique la Dirección de Obra. Cuando el cemento se halle en posesión de un Sello o Marca de conformidad oficialmente homologado la Dirección de Obra podrá eximirle, mediante comunicación escrita, de la realización de estos ensayos, siendo sustituidos por la documentación de identificación del cemento y los resultados del autocontrol que se posean. En cualquier caso deberán conservarse muestras preventivas durante 100 días.

ENSAYOS		Nº ENSAYOS
1	UNE EN 196-2:96 Pérdida por calcinación	
2	UNE EN 196-2:96 Residuo insoluble	
3	UNE EN 196-5:96 Puzolanicidad	
4	UNE 80118:88 Exp. Calor de hidratación	
5	UNE 80117:87 Exp. Blancura	
6	UNE 80304:86 Composición potencial del Clinker	
7	UNE 80217:91 Álcalis	
8	UNE 80217:91 Alúmina	
9	UNE EN 196-2:96 Contenido de sulfatos	
10	UNE 80217:91 Contenido de cloruros	
11	UNE EN 196-3:96 Tiempos de fraguado	
12	UNE EN 196-3:96 Estabilidad de volumen	
13	UNE EN 196-1:96 Resistencia a compresión	
14	UNE EN 196-2:96 Contenido en sulfuros	

## ADITIVOS Y ADICIONES

- No podrán utilizarse aditivos que no se suministren correctamente etiquetados y acompañados del certificado de garantía del fabricante, firmado por una persona física. Los aditivos no pueden tener una proporción superior al 5% del peso del cemento.

- Cuando se utilicen cenizas volantes o humo de sílice (adiciones) se exigirá el correspondiente certificado de garantía emitido por un laboratorio oficial u oficialmente acreditado con los resultados de los ensayos prescritos.

Ensayos 1 al 3 (Ensayos sobre aditivos):

- Antes de comenzar la obra se comprobará el efecto de los aditivos sobre las características de calidad del hormigón, mediante ensayos previos. También se comprobará la ausencia en la composición del aditivo de compuestos químicos que puedan favorecer la corrosión de las armaduras y se determinará el pH y residuo seco.

- Durante la ejecución de la obra se vigilará que los tipos y marcas del aditivo utilizado sean precisamente los aceptados.

Ensayos del 4 al 10 para las cenizas volantes y del 8 al 11 para el humo de sílice (Ensayos sobre adiciones):

- Se realizarán en laboratorio oficial u oficialmente acreditado. Al menos una vez cada tres meses de obra se realizarán las siguientes comprobaciones sobre adiciones: trióxido de azufre, pérdida por calcinación y finura para las cenizas volantes, y pérdida por calcinación y contenido de cloruros para el humo de sílice, con el fin de comprobar la homogeneidad del suministro.

ENSAYOS		Nº ENSAYOS
1	UNE 83210:88 EX Determinación del contenido de halógenos totales	
2	UNE 83227:86 Determinación del pH	
3	UNE EN 480-8:97 Residuo seco	
4	UNE EN 196-2:96 Anhídrido sulfúrico	
5	UNE EN 451-1:95 Óxido de calcio libre	
6	UNE EN 451-2:95 Finura	
7	UNE EN 196-3:96 Expansión por el método de las agujas	
8	UNE 80217:91 Cloruros	
9	UNE EN 196-2:96 Pérdida al fuego	
10	UNE EN 196-1:96 Índice de actividad	
11	UNE EN 196-2:96 Óxido de silicio	

## ANEJO NÚM. 15

---

### PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

---

#### ÍNDICE

A.	CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS .....	2
1.	Control de la documentación de los suministros .....	2
2.	Control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad .....	2
3.	Control mediante ensayos .....	2
3.1	Hormigones estructurales .....	2
3.2	Control de la resistencia del hormigón .....	2
3.3	Control de los componentes del hormigón .....	4
3.4	Control del acero .....	4
3.5	Forjados unidireccionales de hormigón estructural .....	6
3.6	Estructuras de acero .....	6
3.7	Estructuras de fábrica: .....	6
3.8	Criterio general de no-aceptación del producto: .....	6
B.	CONTROL DE EJECUCIÓN .....	11
C.	CONTROL DE LA OBRA TERMINADA .....	13
	APENDICE I. control de los componentes del hormigón .....	14

## ANEJO 16

---

### ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

---

#### ÍNDICE

<b>1</b>	<b>OBJETO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Normativa Residuos .....	1
<b>2</b>	<b>PLAN DE GESTIÓN .....</b>	<b>1</b>
2.1	Identificación de los residuos a generar. ....	1
2.2	Estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra, en toneladas y metros cúbicos. ....	4
2.2.1	Unidades constructivas .....	4
2.2.2	Unidades de residuos producidos.....	4
2.2.3	Cantidad de residuos generados. ....	4
2.3	Medidas de segregación "in situ" previstas (clasificación/selección).....	5
2.4	Previsión de operaciones de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos (en este caso se identificará el destino previsto).....	6
2.5	Previsión de operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados.....	7
2.6	Destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorizables "in situ" (indicando características y cantidad de cada tipo de residuos).....	7
2.7	Planos de las instalaciones previstas .....	10
2.8	Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs .....	11
2.9	Costes de reutilización, valorización y eliminación de residuos producidos. ....	13
<b>3</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>13</b>

## ANEJO 16

---

### ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

---

#### 1 OBJETO DEL ESTUDIO

Se redacta el presente anejo al proyecto para que sea la herramienta que permita la correcta gestión y valorización de los residuos generados por los trabajos y operaciones relacionadas con la construcción, a demás de cumplir con el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición.

##### 1.1 Normativa Residuos

Ley de residuos Ley 10/1998 de 21 de abril modificada por la Ley 16/2002 y 62/2003	✓
Regulación de la producción y la gestión de residuos de la construcción Orden MAM/304/2002 del 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.	✓
Regulación de las demoliciones y otros residuos de la construcción: REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición en obras.	✓

#### 2 PLAN DE GESTIÓN

De acuerdo con el RD 105/2008 se presenta el presente Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs), conforme a lo dispuesto en el art. 3, con el siguiente contenido:

- 2.1- Identificación de los residuos
- 2.2- Estimación de la cantidad que se generará (en t y m<sup>3</sup>)
- 2.3- Medidas de segregación "in situ"
- 2.4- Previsión de reutilización en la misma obra u otros emplazamientos
- 2.5- Operaciones de valorización "in situ"
- 2.6- Destino previsto para los residuos.
- 2.7- Instalaciones para el almacenamiento, manejo u otras operaciones de gestión.
- 2.8- Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs, que formará parte del presupuesto del proyecto.

##### 2.1 Identificación de los residuos a generar.

Dichos residuos están codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

##### Clasificación y descripción de los residuos

A este efecto el RD 105/2008 establece en su artículo 2 dos tipos de residuos:



a) Residuo de construcción y demolición (RCD): cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de «Residuo» incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genere en una obra de construcción o demolición.

b) Residuo inerte: aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.

Los residuos a generados serán tan solo los marcados a continuación con , de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002. No se consideraran incluidos en el cómputo general los materiales que no superen 1 m<sup>3</sup> de aporte y no sean considerados peligrosos y requieran por tanto un tratamiento especial.

Nivel I		
RCD 1. TIERRAS Y PÉTREOS DE LA EXCAVACIÓN		
<input checked="" type="checkbox"/>	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07

Nivel II		
RCD Naturaleza no pétreo		
	RCD Naturaleza no pétreo	
	1. Asfalto	
	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
	2. Madera	
	17 02 01	Madera
	3. Metales	
	17 04 01	Cobre, bronce, latón
	17 04 02	Aluminio
	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
	17 04 05	Hierro y Acero
	17 04 06	Estaño
<input checked="" type="checkbox"/>	17 04 07	Metales mezclados
	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
	4. Papel	
<input checked="" type="checkbox"/>	20 01 01	<b>Papel</b>
	5. Plástico	
<input checked="" type="checkbox"/>	17 02 03	<b>Plástico</b>
	6. Vidrio	
	17 02 02	Vidrio
	7. Yeso	
	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01

<b>RCD Naturaleza pétrea</b>		
<b>1. Arena Grava y otros áridos</b>		
	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
	01 04 09:	Residuos de arena y arcilla
<b>2. Hormigón</b>		
X	17 01 01	Hormigón
<b>3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos</b>		
	17 01 02	Ladrillos
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.
<b>4. Piedra</b>		
	17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03

<b>RCD Potencialmente peligrosos y otros</b>		
<b>1. Basuras</b>		
	20 02 01	Residuos biodegradables
	20 03 01	Mezcla de residuos municipales
<b>2. Potencialmente peligrosos y otros</b>		
	17 01 06	mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas
	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
	17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's
	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's
	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)
	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)
	16 01 07	Filtros de aceite
	20 01 21	Tubos fluorescentes
	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas
	16 06 03	Pilas botón
	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado
	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices
	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados
	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes
	15 01 11	Aerosoles vacíos
	16 06 01	Baterías de plomo
	13 07 03	Hidrocarburos con agua
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03

## 2.2 Estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra, en toneladas y metros cúbicos.

La estimación se realizará en función de las categorías del punto 2.1 señalados

En base a estos datos, la estimación completa de residuos en la obra es:

### 2.2.1 Unidades constructivas

Las obras a las que se hace referencia en el presente estudio son las que se derivan de la obra nueva de la EDAR y consistirán en:

- Movimiento de tierras.
- Cimentaciones y instalaciones enterradas:
  - Cimentaciones Depósitos de HA.
  - Cimentaciones caseta de control.
- Muros
  - Muros contención de depósitos en HA.
- Pavimentación exterior y interior

### 2.2.2 Unidades de residuos producidos.

Según la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Encontramos que se fundamentalmente se generan los siguientes residuos:

- 17 01 01 Hormigón
- 17 05 04 Tierra y piedras diferentes de los especificados en el código 17 05 03.

Del resto de actuaciones no se considera que se produzcan residuos, si bien se dispondrán contenedores específicos diferenciados para: Plásticos, papel y cartón y materiales metálicos mezclados, ya que parte las instalaciones de depuración se realizan en taller y solo se produce el montaje en obra.

### 2.2.3 Cantidad de residuos generados.

Unidad funcional	Identificación del residuo y cantidad en m <sup>3</sup>			
	M. tierras	HA cimentación	HA estructural	HA soleras
Preparación parcela.	1.680,00	0,00	0,00	0,00
Canal de Tamizado	6,00	3,12	4,56	0,00
Pozo de bombeo	62,00	7,00	15,96	0,00
Desengrasador CAF	34,2	18,00	36,6	0,00
Depósito de Homogeneización	495,46	78,91	94,45	0,00
DAF	16,20	8,37	31,8	0,00
Depósito. Anoxia.	469,40	77,52	90,06	129,51
Depósito. Óxico	588,27	100,26	108,53	191,45

Decantador secundario	271,45	23,14	82,61	9,34
Espesador, Homog. Dig. Fangos	283,77	51,42	70,67	77,19
Red de Drenajes	134,75	0,90	3,60	0,00
Edificio control	9,60	16,84	0,00	4,00
Resto de obra	0,00	10,56	5	208,21
<b>TOTAL m<sup>3</sup></b>	<b>4-051,10</b>	<b>396,04</b>	<b>543,84</b>	<b>619,70</b>

#### GENERACIÓN DE RESIDUOS

				Código LER
<b>Tierras de excavación</b>	2.371,10 m <sup>3</sup>	x 1,7 t/m <sup>3</sup> =	4.030,87 t	17 05 04
<i>Reutilización de la tierra de excavación</i>			4.030,87 t	17 05 04
<b>Tierra vegetal</b>	1.680,00 m <sup>3</sup>	x 1,7 t/m <sup>3</sup> =	2.856,00 t	17 05 04
<i>Reutilización de la tierra vegetal</i>			2.856,00 t	17 05 04

La tierra de excavación será utilizada en parte para relleno propio de las zanjas y en nivelados del terreno, si existen excedentes se gestionaran através de la bolsa de tierras.

<b>Total tierra generada sin reutilización</b>	<b>0,0 t</b>	<b>17 05 04</b>
--	--------------	-----------------

<b>Residuos de hormigón con mermas de 0,2%</b>				
0,20%	939,88 m <sup>3</sup>	x 2,4 t/m <sup>3</sup> =	4,51 t	17 01 01

<i>Reutilización del residuo</i>			0,00 t	17 01 01
----------------------------------	--	--	--------	----------

<b>Total residuos hormigón sin reutilización</b>	<b>4,51 t</b>	<b>17 01 01</b>
--	---------------	-----------------

<b>Pavimento de hormigón con mermas de 0,4%</b>				
0,40%	619,70 m <sup>3</sup>	x 2,4 t/m <sup>3</sup> =	5,95 t	17 01 01

<i>Reutilización de residuos</i>			0,0 t	17 01 01
----------------------------------	--	--	-------	----------

<b>Total residuos de hormigón sin reutilización</b>	<b>10,46 t</b>	<b>17 01 01</b>
---	----------------	-----------------

### 2.3 Medidas de segregación "in situ" previstas (clasificación/selección).

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán parase en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Hormigón	160,00 t
Ladrillos, tejas, cerámicos	80,00 t
Metales	4,00 t
Madera	2,00 t
Vidrio	2,00 t
Plásticos	0,50 t
Papel y cartón	0,50 t

Medidas empleadas (se marcan las casillas según lo aplicado)

	Eliminación previa de elementos desmontables y/o peligrosos
	Derribo separativo / segregación en obra nueva (ej.: pétreos, madera, metales, plásticos + cartón + envases, orgánicos, peligrosos...). Solo en caso de superar las fracciones establecidas en el artículo 5.5 del RD 105/2008
<b>X</b>	Derribo integral o recogida de escombros en obra "todo mezclado", y posterior tratamiento en planta

Los contenedores o sacos industriales empleados cumplirán las especificaciones de la Agencia Catalana de Residuos que regula, entre otros, la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Cataluña.

#### 2.4 Previsión de operaciones de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos (en este caso se identificará el destino previsto)

Se marcan las operaciones previstas y el destino previsto inicialmente para los materiales (propia obra o externo)

	OPERACIÓN PREVISTA DESTINO INICIAL	
	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado	Externo
<b>X</b>	Reutilización de tierras procedentes de la excavación	Propia obra
	Reutilización de residuos minerales o pétreos en áridos reciclados o en urbanización	
	Reutilización de materiales cerámicos	
	Reutilización de materiales no pétreos: madera, vidrio...	
	Reutilización de materiales metálicos	
	Otros (indicar)	

## 2.5 Previsión de operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados.

Se marcan las operaciones previstas y el destino previsto inicialmente para los materiales (propia obra o externo)

	OPERACIÓN PREVISTA
X	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado
	Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
	Recuperación o regeneración de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que utilizan no disolventes
	Reciclado o recuperación de metales o compuestos metálicos
	Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas
	Regeneración de ácidos y bases
	Tratamiento de suelos, para una mejora ecológica de los mismos
	Acumulación de residuos para su tratamiento según el Anexo II.B de la Comisión 96/350/CE
	Otros (indicar)

## 2.6 Destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorizables "in situ" (indicando características y cantidad de cada tipo de residuos)

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos estarán en todo caso autorizadas por la Generalitat de Catalunya para la gestión de residuos no peligrosos.

Terminología:

RCD: Residuos de la Construcción y la Demolición

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

RNP: Residuos NO peligrosos

RP: Residuos peligrosos

### Nivel I

	RCD 1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN		Tratamiento	Destino	Cantidad
X	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	Sin tratamiento esp.	Restauración en propia parcela	1.680 m3
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	0,00
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	0,00

**Nivel II**

RCD Naturaleza no pétreo		Tratamiento	Destino	Cantidad
<b>1. Asfalto</b>				
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
<b>2. Madera</b>				
17 02 01	Madera	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
<b>3. Metales</b>				
17 04 01	Cobre, bronce, latón	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
17 04 02	Aluminio	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
17 04 03	Plomo	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
17 04 04	Zinc	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
17 04 05	Hierro y Acero	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
17 04 06	Estaño	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
X 17 04 07	Metales mezclados	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,25 t
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
<b>4. Papel</b>				
X 20 01 01	Papel	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
<b>5. Plástico</b>				
X 17 02 03	Plástico	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,05 t
<b>6. Vidrio</b>				
17 02 02	Vidrio	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
<b>7. Yeso</b>				
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00

RCD Naturaleza pétreo		Tratamiento	Destino	Cantidad
<b>1. Arena Grava y otros áridos</b>				
01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
01 04 09	Residuos de arena y arcilla	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
<b>2. Hormigón</b>				
X 17 01 01	Hormigón	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD	10,46 t
<b>3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos</b>				
17 01 02	Ladrillos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD	0,00
<b>4. Piedra</b>				
17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03	Reciclado		0,00

RCD Potencialmente peligrosos y otros		Tratamiento	Destino	Cantidad
<b>1. Basuras</b>				
20 02 01	Residuos biodegradables	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RSU	0,00
20 03 01	Mezcla de residuos municipales	Reciclado/ Vertedero	Planta de reciclaje RSU	0,00
<b>2. Potencialmente peligrosos y otros</b>				
17 01 06	Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas	Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00
17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitran de hulla	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas	Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00
17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitran de hulla y otras SP's	Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00
17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's	Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00
17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's	Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00
17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas	Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00
17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
16 01 07	Filtros de aceite	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
20 01 21	Tubos fluorescentes	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00



16 06 04	Pilas alcalinas y salinas	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
16 06 03	Pilas botón	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
07 07 01	Sobrantes de desencofrantes	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
15 01 11	Aerosoles vacíos	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
16 06 01	Baterías de plomo	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
13 07 03	Hidrocarburos con agua	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,00
17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03	Depósito / Tratamiento	Restauración / Vertedero	0,00

## 2.7 Planos de las instalaciones previstas

Planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en la obra, planos que posteriormente podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, siempre con el acuerdo de la dirección facultativa de la obra.

En los planos se especifica la situación y dimensiones de:

	Bajantes de escombros
	Acopios y/o contenedores de los distintos RCDs (tierras, pétreos, maderas, plásticos, metales, vidrios, cartonés...)
	Zonas o contenedor para lavado de canaletas / cubetas de hormigón
	Almacenamiento de residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos
	Contenedores para residuos urbanos
	Planta móvil de reciclaje "in situ"
	Ubicación de los acopios provisionales de materiales para reciclar como áridos, vidrios, madera o materiales cerámicos.
<b>X</b>	<p>OTROS:</p> <p><i>No se adjuntan planos, pues los contenedores de los distintos RCDs se instalarán dentro de la zona afectada por las obras, sin afectar al tránsito peatonal ni rodado, lo más próximo posible al punto de trabajo, y su retirada será inmediata al llenado de los mismos.</i></p>

## 2.8 Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs

### Con carácter General:

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra.

#### Gestión de residuos de construcción y demolición

Gestión de residuos según RD 105/2008, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales que cumplirán las especificaciones previstas.

#### Certificación de los medios empleados

Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad de los certificados de los contenedores empleados así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas.

#### Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

### Con carácter Particular:

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto (se marcan aquellas que sean de aplicación a la obra

	<p>Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes o elementos peligroso, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes</p> <p>Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles...).</p> <p>Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan</p>
X	<p>El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1 m<sup>3</sup>, contenedores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos</p> <p>El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.</p>
X	<p>Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15 cm a lo largo de toso su perímetro.</p>
X	<p>El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contadores</p>

	permanecerán cerrados, o cubiertos al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio.
X	En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.
X	<p>Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición.</p> <p>En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados.</p> <p>La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.</p>
X	Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora...) son centros con la autorización del Departament de Medi Ambient, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicho Departamento e inscritos en el registro pertinente. Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos
X	La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.
	<p>Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos.</p> <p>En cualquier caso siempre se cumplirán los preceptos dictados por el RD 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto, así como la legislación laboral al respecto.</p>
X	Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros
X	Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.
	Otros (indicar)

## 2.9 Costes de reutilización, valorización y eliminación de residuos producidos.

### PREVISIÓN TASA

Tasa tierra generada sin reutilización						
0,00 t	x	6,01 €/t	=	0,00 mínimo	300,51 €	
Tasa de otros residuos sin reutilización						
10,46 t	x	12 €/t	=	125,52 mínimo	120,00 €	
				300,51 €		
				125,52 €		
				<hr/>		
		<b>TOTAL PREVISIÓN FIANZA</b>		<b>426,03 €</b>		
				<hr/> <hr/>		

## 3 CONCLUSIÓN

Con todo lo anteriormente expuesto, junto con el presupuesto reflejado, la técnica que suscribe entiende que queda suficientemente desarrollado el Plan de Gestión de Residuos para el proyecto reflejado en su encabezado.

Lleida, junio de 2010

La alumna

M<sup>a</sup> Carmen Llorca Iglesias

ETSEA.

## ANEJO NÚM. 17

### PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

#### 1. Tareas y duración de las actividades a realizar

Las actividades a realizar y los tiempos previstos para cada una de ellas estimados, tomando como unidad de tiempo la semana, son:

ACTIVIDADES	Semanas
Autorizaciones y contratación	4
Replanteo obra	1
Preparación parcela	2
Excavación y drenaje depósito Homogeneización	1
Cimentación depósito Homogeneización	1
Encofrado y ferralla depósito Homogeneización	2
Hormigonado muro depósito Homogeneización	1
Desencofrado muro depósito Homogeneización	1
Solera depósito Homogeneización	1
Excavación y drenaje depósito Cámara anóxica	1
Cimentación depósito Cámara anóxica	1
Encofrado y ferralla depósito Cámara anóxica	2
Hormigonado muro depósito Cámara anóxica	1
Desencofrado muro depósito Cámara anóxica	1
Solera depósito Cámara anóxica	1
Excavación y drenaje depósito aireación	1
Cimentación depósito aireación	1
Encofrado y ferralla depósito aireación	2
Hormigonado muro depósito aireación	1
Desencofrado muro depósito aireación	1
Solera depósito aireación	1
Excavación y drenaje depósito homogenización fangos	1
Cimentación depósito homogenización fangos	1
Encofrado y ferralla depósito homogenización fangos	2
Hormigonado muro depósito homogenización fangos	1
Desencofrado muro depósito homogenización fangos	1
Solera depósito homogenización fangos	1

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>Semanas</b>
Excavación y drenaje depósito Decantador secundario	1
Cimentación depósito Decantador secundario	1
Encofrado y ferralla depósito Decantador secundario	2
Hormigonado muros depósito Decantador secundario	1
Desencofrado muro depósito Decantador secundario	1
Solera depósito homogenización fangos	1
Excavación y saneamiento Edificio control	1
Cimentación Edificio control	1
Montaje pilares prefabricados Edificio control	1
Montaje jácenas y placas alveolares Edificio control	1
Ejecución cubierta Edificio control	1
Montaje paneles cerramiento Edificio control	1
Solera y acabados Edificio control	1
Ejecución canal de tamizado	1
Ejecución pozo bombeo general	2
Ejecución depósito desengrase CAF	2
Ejecución DAF	2
Ejecución red drenaje, pozo sobrenadantes y canalizaciones enterradas	4
Instalación equipos depósito Homogenización	3
Instalación equipos depósito cámara anóxica	1
Instalación equipos depósito aireación	3
Instalación equipos depósito Homogenización fangos	3
Instalación equipos Decantador secundario	3
Instalación equipos depósito Tamizado, Bombeo general y CAF	3
Instalación equipos DAF y depósito PRFV	3
Instalación tuberías conexionado EDAR	2
Instalación equipos deshidratación fangos	2
Instalación Cuadros eléctricos	2
Conexionados y canalizaciones eléctricas	5
Pavimentación exterior	2
Vallado y jardinería	2
Pruebas y puesta en marcha	3

## **2. Programación de las actividades a realizar**

Teniendo en cuenta la duración de las actividades, el oficio que las misma exigen a la mano de obra, la utilización de las cuadrillas en la repetición de las tareas en otra unidad funcional se ha confeccionado el *Timing* que se adjunta a efectos de orientar y determinar la duración de la ejecución del proyecto, a falta de conocer las contratas y sus sistemas de ejecución.

De acuerdo con dicha planificación, considerando meses de 4 semanas, la duración previsible de la ejecución del proyecto es de 31 semanas, desde el replanteo.







