



**Universitat Jaume I**

**Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals**

**Grau en Enginyeria Química**

***Diseño de un reactor de aireación prolongada  
para la ampliación de una EDAR***

**Trabajo Fin de Grado**

Autor/a

Claudia Chordá Sáez

Tutor/a

María José Orts Tarí

Castellón, Junio de 2018



# **ÍNDICE GENERAL**

0. RESUMEN

1. MEMORIA

2. ANEXOS

ANEXO N°1 CÁLCULOS

ANEXO N°2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO N°3 EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO N°4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

ANEXO N°5 GESTIÓN DE RESIDUOS DE OBRA

ANEXO N°6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3. PLANOS

4. PLIEGO DE CONDICIONES

5. MEDICIONES

6. PRESUPUESTO

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

---

# RESUMEN



Partiendo de una EDAR ya construida, el presente proyecto tiene como finalidad el diseño de un tratamiento secundario para una Estación Depuradora de Aguas Residuales, en la que el agua tratada será devuelta al cauce público, ciñéndonos para ello en el marco técnico legal establecido en el REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Para poder dimensionar la instalación es fundamental establecer unas bases de partida. Estas son las siguientes:

- Características que posee el agua que llega a la EDAR.
- Calidad del agua que se ha de obtener a la salida del tratamiento secundario.
- Caudal de diseño para las instalaciones.

Con este proyecto se pretende diseñar un tratamiento secundario que tenga la capacidad suficiente para tratar las aguas urbanas de 20000 habitantes equivalentes, además del 20% del caudal procedente de una industria conservera de tomate, previamente tratadas mediante tratamientos primarios convencionales (desbaste, desarenado, desengrasado, ...) en la misma planta depuradora.

El caudal de diseño del tratamiento secundario es de 6000 m<sup>3</sup>/día. Estas instalaciones constan de los mecanismos necesarios para regular el funcionamiento del tratamiento secundario, como se trata de una ampliación de la EDAR, se utilizará el antiguo reactor biológico como tanque de homogenización. De esta manera el caudal de entrada al reactor será siempre controlado.

Una vez realizado el dimensionamiento de las instalaciones, mediante diferentes métodos y los correspondientes balances de materia, se seleccionan los mejores resultados y los diferentes equipos mecánicos y las operaciones que van a formar parte del tratamiento secundario.

Por ello, partiendo de los datos obtenidos en el diseño, se hace un estudio técnico-económico considerando las diferentes alternativas de productos que ofrece el mercado, con objeto de elegir aquellos que ofrezcan más calidad técnica, rendimiento, fiabilidad de resultados de funcionamiento y precios competitivos.



**MEMORIA** |



## ÍNDICE MEMORIA

1. OBJETO .....	7
2. ALCANCE .....	8
3. ANTECEDENTES .....	9
3.1 ¿Qué es una EDAR? .....	9
3.2 Caracterización de las aguas residuales .....	9
3.3 Etapas de tratamiento de una EDAR .....	10
3.4 Clasificación de los tipos de procesos biológicos .....	11
3.5 Línea de aguas y fangos en las EDAR .....	13
3.6 Proceso de fangos activos.....	15
3.7 Cinética del crecimiento microbiano .....	16
4. NORMAS Y REFERENCIAS .....	19
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....	19
4.2. Programas informáticos.....	20
4.3. Plan de gestión de calidad aplicado durante la redacción del proyecto.....	20
4.4. Bibliografía.....	21
4.5. Páginas web .....	22
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....	23
5.1. Definiciones.....	23
5.2 Siglas y abreviaturas .....	24
6. REQUISITOS DE DISEÑO .....	29
6.1. Características del agua de entrada.....	29
6.2 Calidad del agua de salida .....	30
6.3. Biodegradabilidad del efluente.....	31
6.4. Caudal de entrada .....	31
6.4.1 Dotaciones del caudal.....	31

6.4.2 Caudales de diseño .....	31
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	33
7.1 Fangos Activos Convencional.....	33
7.2 Reactor biológico de aireación prolongada .....	35
7.3 Reactor biológico de membranas (MBR).....	39
7.4 Solución adoptada.....	42
7.4.1 Descripción del proceso.....	42
8. RESULTADOS FINALES.....	44
8.1 Adecuación del terreno.....	44
8.1.1 Movimiento general de tierras .....	44
8.1.2 Cimentación de las instalaciones.....	44
8.2 Obra civil.....	44
8.2.1 Nave soplantes.....	44
8.2.2 Reactor biológico.....	45
8.2.3 Decantador secundario .....	46
8.3 Sistema de aireación .....	46
8.4 Conducciones, accidentes y bombas .....	46
8.4.1 Conducciones tramos rectos y accidentes .....	46
8.4.2 Bombas .....	48
9. PLANIFICACIÓN.....	50
9.1 Calendario y jornada laboral.....	51
9.2 Plazo de ejecución .....	51
10. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS .....	53
11. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA .....	54
11.1 Resumen del presupuesto .....	54
11.1.1 PEM.....	54

11.1.2 PEC.....	55
11.2 Presupuesto de explotación .....	55
11.2.1 Directos.....	55
11.2.2 Amortizaciones.....	56
11.2.3 Indirectos .....	58
11.2.4 Gastos totales.....	60
11.3 Beneficio.....	60
11.3.1 Beneficio bruto .....	61
11.3.2 Beneficio neto.....	62
11.4 Flujo de Caja.....	63
11.5 Valor Actual Neto.....	64
11.6 Tasa Interna de Rentabilidad .....	65
11.7 Periodo de Retorno .....	66



## **1. OBJETO**

Dado el progresivo aumento de la demanda del agua y la contaminación de esta, principalmente por los vertidos industriales y productos agrarios es de gran importancia la depuración de agua y el desarrollo de las tecnologías que esta implica.

La depuración del agua se ha convertido en un proceso muy importante para conseguir que en el uso del agua, uno de nuestros recursos más importantes, se tengan las mínimas pérdidas. Por ello el objetivo de depurar el agua es optimizar los recursos hídricos que se disponen, y adecuar su uso en el ámbito deseado.

Son necesarias algunas medidas importantes; en primer lugar, el ahorro y reutilización del agua; y en segundo lugar, el tratamiento y adecuación de estos vertidos. Es decir, disminuir consumos, minimizar residuos y finalmente, eliminarlos.

En este proyecto se estudia las ventajas económico-ambientales y la viabilidad técnica para el diseño del tratamiento secundario para la ampliación de una estación depuradora de aguas residuales de una población de 20.000 habitantes de la Comunidad Valenciana, en la que las aguas de entrada a la planta tienen procedencia urbana e industrial.

Para alcanzar el objetivo final de este proyecto y conseguir que la planta planteada emita, de la forma más limpia y económica posible, un agua depurada que cumpla la normativa vigente en España.

## 2. ALCANCE

En este proyecto, tras una introducción sobre las estaciones depuradoras de aguas residuales, se expone la sustitución del antiguo tratamiento secundario, un reactor biológico de lodos activos convencional, para en este caso estudiar la opción de diseño de un reactor biológico de aireación prolongada y un decantador secundario, eliminando la decantación primaria dado el tamaño de la población y la procedencia de las aguas.

Inicialmente se establecen los niveles de caudal y contaminantes del agua bruta, partiendo del tamaño de la población y la porción de agua industrial que llega a la planta y se exponen los objetivos finales de contaminación del agua para cumplir con la normativa vigente en España. Una vez establecidos estos parámetros, se proponen varias alternativas de diseño tradicionales con el objetivo de compararlas.

El diseño de la solución adoptada en este proyecto, reactor biológico de fangos activos con aireación prolongada, incluye los detalles del diseño así como los equipos utilizados y los niveles de contaminación, tanto a la entrada como a la salida de cada etapa.

Los objetivos que se plantean en este trabajo respecto a la elaboración del proyecto son:

- Organizar y coordinar un proyecto para que pueda ser viable, realizando la búsqueda de información, síntesis y análisis de los puntos más importantes que permiten la redacción y posterior ejecución de las obras proyectadas.
- Poner en práctica los conocimientos sobre el diseño y dimensionamiento de un tratamiento secundario.
- Profundizar en el funcionamiento de las partes que componen un tratamiento secundario y su funcionamiento.
- Estudiar el tratamiento secundario de las aguas analizando las diferentes alternativas que se plantean. Se pretende buscar la solución más adecuada desde el punto de vista técnico y económico.

### **3. ANTECEDENTES**

La recogida de aguas residuales aparece a principios del siglo XIX, pero estas no empiezan a ser tratadas hasta finales de siglo. El tratamiento y eliminación de aguas residuales no recibió demasiada atención a finales del siglo XIX porque los daños causados por el vertido de aguas no tratadas no eran graves, y porque se disponía de grandes extensiones de terreno para su evacuación. Sin embargo, a principios del siglo XX, los daños causados y las condiciones sanitarias impulsaron una creciente demanda de mayor eficiencia en el tratamiento y gestión de las aguas residuales.

#### **3.1 ¿Qué es una EDAR?**

Una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), es una instalación que recibe las aguas procedentes de las redes de alcantarillado de los núcleos de las poblaciones, así como de las industrias, para someterlas a un tratamiento cuyo fin es reducir los niveles de contaminación hasta alcanzar unos límites aceptables y legales establecidos por la legislación.

Por lo general el agua tratada se devuelve al cauce natural, ríos y mares; no obstante, en algunas ocasiones se reutiliza para, por ejemplo el regadío.

Podemos entender que una EDAR es como cualquier otra industria de producción, a la que llega una materia prima, agua bruta, y de la que sale un producto, el agua tratada junto a otros subproductos como el fango.

En la depuración de las aguas residuales, se intentan cumplir los siguientes objetivos:

- Proteger el medio ambiente mediante la reducción de la contaminación en las aguas tratadas.
- Ahorro de energía con los sistemas adecuados de depuración.
- Aprovechar los subproductos que se obtienen tras el tratamiento de las aguas contaminadas.

#### **3.2 Caracterización de las aguas residuales**

Las aguas residuales están constituidas por una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos y por una elevada cantidad de microorganismos. Debido a la complejidad de

la composición se recurre a la utilización de unos parámetros empíricos que permiten conocer la carga contaminante del agua residual.

Estos parámetros se dividen en dos grupos:

**Parámetros para la determinación de materia orgánica en el agua:**

– **DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno)**

Mide la cantidad de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de degradación de la materia orgánica durante cinco días. Proporcionan información sobre la materia orgánica biodegradable que contiene el agua residual.

– **DQO (Demanda Química de Oxígeno)**

Mide la cantidad de materia que puede ser oxidada por medios químicos en unas condiciones determinadas.

**Parámetros para la determinación de sólidos contenidos en el agua residual:**

– **Sólidos totales (ST)**

Es la masa del residuo que queda tras un proceso de evaporación y secado a 105°C. Estos sólidos se encuentran como materia suspendida, disuelta o asentada en el agua residual.

– **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Es la cantidad de sólidos presentes en suspensión, que no sedimentan, y separan y determinan mediante la filtración del agua.

– **Sólidos suspendidos volátiles (SSV)**

Son los sólidos en suspensión biodegradables, se determinan tras un proceso de incineración a 500 - 550°C, determina el contenido de biomasa en una muestra de agua.

### **3.3 Etapas de tratamiento de una EDAR**

En la depuración de aguas residuales se realizan diversos procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de eliminar los contaminantes presentes en el agua.

Como hemos mencionado anteriormente, las aguas residuales urbanas se caracterizan porque se componen principalmente por materia orgánica biodegradable, y su tratamiento se divide en cuatro fases:

1. Pretratamiento: Consiste en la eliminación de los sólidos de gran tamaño, mediante procesos físico-químicos.
2. Tratamiento primario: Consiste en la eliminación de materia en suspensión mediante procesos físico-químicos.
3. Tratamiento secundario: Consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, mediante procesos biológicos.
4. Tratamiento terciario: Es un tratamiento específico de acuerdo al uso posterior que tendrá el agua, mediante procesos físicos, químicos o biológicos.

En la siguiente imagen (Figura M.1) se observan las fases mencionadas junto a los equipos en los que se llevan a cabo.



Figura M.1. Fases de tratamiento de una EDAR.

### 3.4 Clasificación de los tipos de procesos biológicos

Los tratamientos biológicos los podemos clasificar por dos criterios: según el tipo de proceso y según el tipo de metabolismo que utilizan los microorganismos para degradar la materia orgánica.

Según el tipo de proceso:

– **Procesos de cultivo en suspensión**

En este tipo de proceso, los microorganismos que degradarán la materia orgánica, se mantienen en suspensión dentro del líquido. Según el tipo de instalación usada, los más utilizados en estaciones depuradoras son: lagunas aireadas y lagunas de estabilización, proceso de fangos activos y digestor anaerobio.

Las lagunas aireadas y las facultativas son instalaciones de bajo coste y de ingeniería sencilla, pero mucho menos eficaces que el proceso de fangos activos y la digestión anaerobia de los lodos.

– **Procesos de cultivo fijo**

En estos procesos, los microorganismos están fijos a un medio inerte, como por ejemplo, plásticos diseñados especialmente para cumplir con esta función.

Es el caso por ejemplo de la depuración mediante biodiscos: Es un sistema formado por un árbol en el cual se insertan discos de propileno. Este árbol gira muy lentamente, haciendo que los discos se vayan sumergiendo parcialmente en una cuba por donde circula el agua residual que se quiere depurar.

El contacto entre el agua residual y los discos, favorece que se forme flora bacteriana sobre ellos, y esta, al ir sumergiéndose alternativamente en el agua, va recogiendo la materia orgánica que necesita para su desarrollo y nutrición, para luego ponerse en contacto con el aire.

Una vez que la capa de flora bacteriana agota su ciclo vital, se separa de manera autónoma de la superficie de los discos en forma de flóculos que son fácilmente sedimentables.

Según el tipo de metabolismo de los microorganismos:

– **Procesos aerobios**

Son procesos que se dan en presencia de oxígeno (entre 1,5-2,0 mg O<sub>2</sub>/l), ya que los microorganismos que actúan en la conversión lo necesitan para su metabolismo. El más común en la depuración de aguas residuales es el proceso de fangos activos.

– **Procesos anaerobios**

Son procesos que se dan en ausencia de oxígeno (con valores muy por debajo de 0,1 mg O<sub>2</sub>/l). Este tipo de microorganismos no necesitan oxígeno para su metabolismo. Un ejemplo de este tipo de procesos es la digestión anaerobia de fangos.

– **Procesos anóxicos**

En este proceso, los microorganismos que actúan en la conversión de la materia orgánica metabolizan el nitrógeno de los nitratos en nitrógeno gas, en ausencia de oxígeno.

### **3.5 Línea de aguas y fangos en las EDAR**

Dentro del esquema general básico de funcionamiento de una EDAR, se distinguen dos líneas: **línea de aguas** y **línea de fangos**.

#### **Línea de aguas**

En la línea de aguas, el agua residual se somete a una serie de procesos físico-químicos y biológicos para reducir la carga contaminante. Para el diseño de esta línea de tratamiento se ha de tener en cuenta la carga contaminante del agua a tratar (composición y cantidad) y las cantidad de contaminación que se debe eliminar.

Se distinguen las siguientes fases en el tratamiento de la línea de aguas:

– **Pretratamiento**

Está formado por equipos dinámicos y estáticos mediante los cuales se elimina toda la materia (flotante, arenas, gravas, grasas...) que pueda originar problemas en los tratamientos posteriores. En el pretratamiento encontramos el desbaste, tamizado, desarenado y desengrasado.

– **Tratamiento primario**

Separa por medios físico-químico las partículas en suspensión que no hayan sido retenidas durante la fase de pretratamiento. Durante esta fase la eliminación de materia orgánica es poco efectiva. Los procesos habituales de este tratamiento son: sedimentación primaria, flotación, coagulación-floculación, neutralización y homogenización.

– **Tratamiento secundario**

Durante esta fase se reduce la contaminación orgánica y los nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, presente en el agua por la acción de microorganismos que la transforman en sólidos sedimentables que pueden ser fácilmente separados.

– **Tratamiento terciario**

En esta fase se realizan algunos tratamientos que complementan la eliminación de materia en suspensión, así como reducir otros contaminantes como nutrientes y metales que no pueden ser eliminados por los tratamientos biológicos convencionales.

**Línea de fangos**

Uno de los subproductos generados en la depuración de agua es el llamado fango, en el cual se concentra toda la contaminación eliminada del agua y cuyo tratamiento y eliminación puede llegar a ser complicado.

El fango se produce principalmente en el tratamiento primario y en el secundario. Estos fangos producidos tienen las siguientes características:

- Poseen una gran cantidad de agua, entorno al 95-99%, por lo que ocupan un gran volumen.
- Poseen una gran cantidad de materia orgánica, lo que puede generar malos olores por su rápida descomposición.
- Contienen una gran cantidad de organismos patógenos, por lo que pueden ser causantes de numerosas enfermedades.

En el tratamiento de estos fangos deben darse tres fases para reducir al máximo los problemas mencionados. Las fases son:

– **Espesamiento**

El objetivo de este proceso es la reducción del agua presente en los fangos, para evitar el manejo de grandes volúmenes. Lo que también reduce el tamaño de los tanques que contendrán el fango posteriormente, también reduce la cantidad de calor necesaria para la digestión anaerobia, con lo que se ahorra dinero y energía.

– **Digestión de la materia orgánica**

Este proceso sirve para evitar problemas de fermentación y putrefacción de la materia orgánica. Los procesos de estabilización o digestión de fangos más comunes son: digestión aerobia, digestión anaerobia, estabilización por cal y compostaje.

– **Deshidratación**

Consiste en la eliminación de la mayor cantidad de agua posible, mediante un medio físico, de manera que los fangos resulten manejables y transportables.

Estos fangos se generan de forma continua, y su eliminación supone un importante problema. Existen varias alternativas, descargar los fangos en un vertedero, lo que tiene como objetivo simplemente la eliminación del subproducto; mientras que si se usan con fines agrícolas se busca su reutilización. Otras alternativas como la incineración, puede entenderse en ambos sentidos, dependiendo de su diseño, si hay recuperación energética o no.

### **3.6 Proceso de fangos activos**

La depuración biológica por fangos activos es un tipo de proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencionales que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculos en un reactor biológico aireado y agitado, que es alimentado con el agua residual. La aireación implica que es un proceso aerobio, suministrando así el oxígeno necesario para que los microorganismos realicen sus funciones. Además la aireación favorece una buena mezcla en el reactor que evita sedimentos y homogeniza la mezcla de los flóculos bacterianos con el agua residual.

Las bacterias son capaces de metabolizar como nutrientes los contaminantes orgánicos presentes en el agua. Los procesos que aquí se producen son exactamente los mismos que en los ríos o lagos naturales, pero en los tanques de aireación, los organismos se agrupan en un espacio reducido y en gran número, lo que favorece estas transformaciones metabólicas.

Al cabo de un tiempo determinado, tiempo de residencia, la mezcla de reacción se conduce hasta un tanque de sedimentación para la separación del agua residual tratada y la biomasa generada. Una parte de las células sedimentadas se recirculan para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que otra parte puede purgarse

del sistema. De este modo, el reactor puede funcionar en estado estacionario. Sin la corriente de purga, la biomasa se iría acumulando indefinidamente en el sistema, ya que la biomasa en la corriente de salida sería inferior a la que se genera en el reactor.

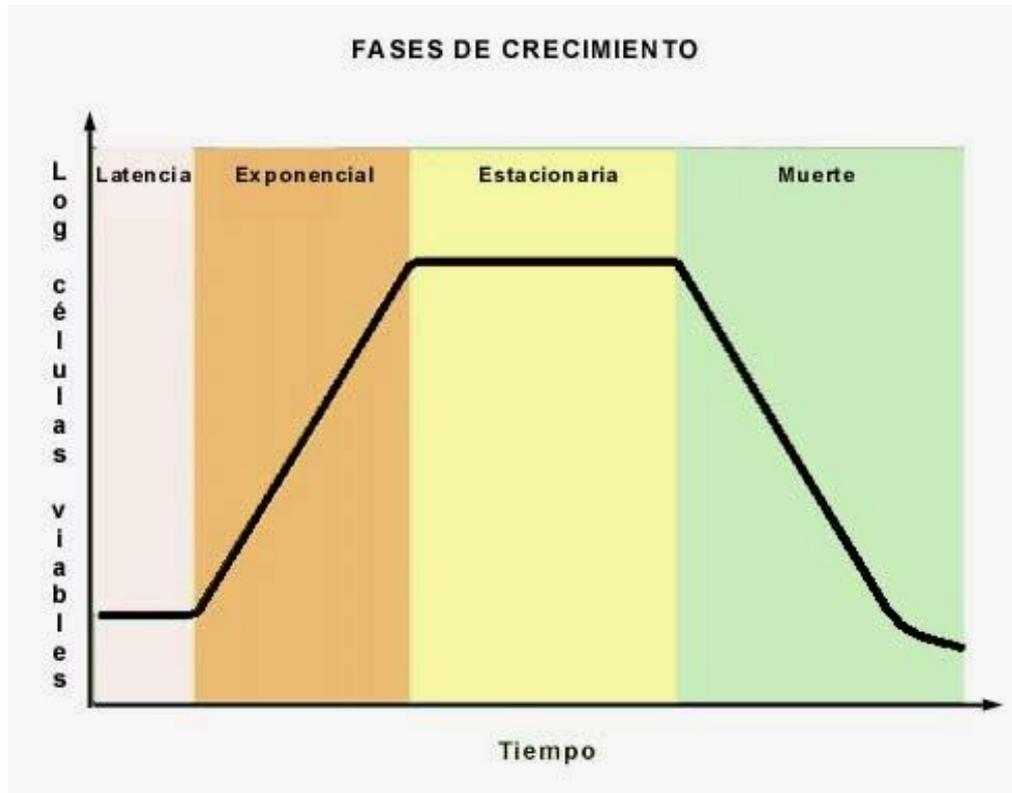
El correcto diseño del reactor, requiere no sólo asumir que tipo de mezcla ocurre dentro de este, sino también conocer la cinética de crecimiento microbiano tipo Monod y que prácticamente todo el consumo de sustrato (materia orgánica), se invierte en formar biomasa son aproximaciones aceptables. Como existen multitud de microorganismos y sustratos diferentes, el modelo cinético presenta valores promedio.

### 3.7 Cinética del crecimiento microbiano

Para tener un control efectivo del tratamiento biológico que se realiza al agua residual en el reactor, es necesario conocer cómo crecen los microorganismos que realizan la depuración, que principalmente son bacterias.

El modelo de crecimiento más utilizado, basado en la evolución del número de células, tiene cuatro etapas. Para obtener este modelo se usan reactores con funcionamiento discontinuo, donde se analiza la concentración de células a distintos tiempos. En el modelo pueden distinguirse cuatro etapas, representadas en la figura M.2:

- **Etapa lag:** Tiempo necesario para que las células se adapten al medio.
- **Etapa de crecimiento exponencial:** Las células se reproducen a la máxima velocidad que les permiten sus propias características y el medio donde crecen. El crecimiento celular es proporcional a la concentración de células.
- **Etapa estacionaria:** La población celular permanece estacionaria. El crecimiento está limitado por la disponibilidad de los nutrientes. La generación de células nuevas se compensa con la muerte de células viejas
- **Etapa de muerte:** Cuando los nutrientes en el medio se agotan, la tasa de mortalidad excede a la de generación de células nuevas.



*Figura M.2. Fases de tratamiento de una EDAR.*

En nuestro caso se diseñan nuevos equipos del tratamiento secundario para reacondicionar una EDAR, para tratar la carga contaminante que recibe la planta tras la instalación de una nueva industria de conservas de tomate en la población. A esta planta, además del correspondiente caudal de aguas urbanas, también entra un 20% más de agua procedente de dicha industria alimentaria, lo que supone un aumento significativo en los valores de la contaminación en la entrada en planta. Para el diseño del tratamiento secundario tomaremos los datos del agua de entrada considerando las habituales reducciones de la contaminación tras el pretratamiento. Una vez completado el proceso secundario, el agua deberá cumplir con los valores legislativos correspondientes al vertido de aguas residuales tratadas al cauce público, tratándose en este caso de cauce sensible, recogidos en el REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

*Tabla M.1. Límites para el vertido de aguas tratadas.*

<b>Parámetro</b>	<b>Concentración</b>
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	25 mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	125 mg/l
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l
Nitrógeno total (N)	15 mg/l
Fósforo total (P)	2 mg/l

## 4. NORMAS Y REFERENCIAS

### 4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- REAL DECRETO-LEY 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-/Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO 664/1997. de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- REAL DECRETO 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- LEY 2/1992, de 26 de marzo, del Gobierno Valenciano, de saneamiento de las aguas residuales de la Comunidad Valenciana. 1 (DOCV núm. 1761 de 08.04.1992)
- Decreto 170/1992 de 16 de octubre, del Gobierno Valenciano, por el que aprueba el Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana. (DOCV núm. 1889 de 26.10.1992)
- Decreto 9/1993, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano, por el que aprueba el Reglamento sobre Financiación de la Explotación de las Instalaciones de Saneamiento y Depuración. (DOCV núm. 1955 de 02.02.1993)
- Orden de 1 de abril de 1993 del Conseller de Obras Públiques, Urbanisme i Transports, por la que se establecen las relaciones entre la Conselleria y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de sistemas públicos de saneamiento y depuración. (DOCV núm. 2.001 de 08.04.1993)
- Orden de 9 de noviembre de 1999, del conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, por la que se establecen las relaciones entre la Conselleria y la

Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de obras de infraestructuras de abastecimiento de agua. (DOCV núm. 3.633 de 25.11.1999)

- ORDEN MAM/1873/2004, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- ORDEN MAM/985/2006, de 23 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.
- ORDEN MAM/85/2008, de 16 de enero, por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.
- Decreto 111/2017 de 28 de julio, del Consell, de modificación del Decreto 170/1992 de 16 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunitat Valenciana

## **4.2. Programas informáticos**

- Microsoft Word 2013.
- Microsoft Excel 2013.
- Autocad 2016.
- Lucidchart

## **4.3. Plan de gestión de calidad aplicado durante la redacción del proyecto**

Todos los materiales que se empleen en todas las obras deberán cumplir las condiciones que se establecen en el anexo de este proyecto. Cualquier trabajo que se realice con materiales no ensayados, será considerado como defectuoso, o incluso, rechazable.

Se establecerá a pie de obra el almacenaje o ensilado de los materiales, con la suficiente capacidad y disposición conveniente para que pueda asegurarse el control de calidad de

los mismos, con el tiempo necesario para que sean conocidos los resultados de los ensayos antes de su empleo en obra y de tal modo protegidos que se asegure el mantenimiento de sus características y aptitudes para su empleo en obra.

#### 4.4. Bibliografía

- (1) METCALF & EDDY, INC. *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse*. Mc Graw Hill, New York 2004.
- (2) HERNANDEZ MUÑOZ, A. *Depuración de aguas residuales*. Colegio de ingenieros, canales y puertos, Madrid 1996.
- (3) HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Thomson Learning Paraninfo, 2001.
- (4) FERRER POLO, J. SECO TORRECILLAS, A. *Tratamientos biológicos de aguas residuales*. Editorial UPV, Valencia 2003.
- (5) HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. HERNÁNDEZ LEHMANN, A. GALÁN MARTÍNEZ, P. *Manual de depuración Uralita. Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes*. Thomson editores Spain paraninfo, 2000.
- (6) CATALÁ MORENO, F. *Cálculo de caudales en las redes de saneamiento*. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. Editorial Paraninfo. Madrid 1990.
- (7) AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION. LYONNAISE DES EAUX. WATER RESEARCH COMMISSION OF SOUTH AFRICA. *Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones*. Ed. Mc Graw-Hill interamericana, Madrid 1998.
- (8) JUDD, S. JUDD, C. *The MBR book*. Butterworth-Heinemann, November 2010.
- (9) *XXVI Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras*. Publicación, Madrid : Ministerio de Fomento : Ministerio de Medio Ambiente : CEDEX, 2008

#### 4.5. Páginas web

- <http://www.miliarium.com/Proyectos/depuradoras/tratamientos/convencionales/primario/menu1.asp>
- <http://aguasindustriales.es/>
- <http://www.epsar.gva.es>
- [https://www.boe.es/diario\\_boe/](https://www.boe.es/diario_boe/)

## 5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

### 5.1. Definiciones

- *Caudal máximo.* es el valor máximo de caudal que accede al tratamiento a la E.D.A.R obtenido a partir de las series estadísticas de datos y expresados en m<sup>3</sup>/h. Suele alcanzar dicho valor cuando se producen riadas, diluvios... Es el caudal que se considera para el cálculo de aliviaderos.
- *Caudal medio.* Es el caudal medio en 24 horas. Los caudales medios se emplean para la determinación de la capacidad de una planta de tratamiento y para obtener los caudales de diseño. También se puede emplear para evaluar los costes de bombeo, inversión en productos químicos, volumen de fangos y carga orgánica.
- *Caudal mínimo.* El caudal mínimo registrado en 24 horas a partir de los datos de explotación. Conocerlo es importante de cara al diseño de conducciones en las que se pueda producir sedimentación cuando circulan caudales pequeños.
- *Caudal punta.* Es el caudal máximo en 24 horas, correspondiente a la punta o pico de un hidrograma. Es de interés para el diseño de colectores, estaciones de bombeo de aguas residuales, medidores de caudal de aguas residuales, desarenadores, tanques de sedimentación, tanques de cloración y conducciones y canales de una planta de tratamiento.
- *Procesos aerobios:* Son procesos que se dan en presencia de oxígeno (entre 1,5-2,0 mg O<sub>2</sub>/L), ya que los microorganismos que actúan en la conversión lo necesitan para su metabolismo. El más común en la depuración de aguas residuales es el proceso de fangos activos.
- *Procesos anaerobios:* Son procesos que se dan en ausencia de oxígeno (con valores muy por debajo de 0,1 mg O<sub>2</sub>/L). Este tipo de microorganismos no necesitan oxígeno para su metabolismo. Un ejemplo de este tipo de procesos es la digestión anaerobia de fangos.
- *Procesos anóxicos:* En este proceso, los microorganismos que actúan en la conversión de la materia orgánica metabolizan el nitrógeno de los nitratos en nitrógeno gas, en ausencia de oxígeno. Las principales vías bioquímicas que emplean estos microorganismos no son anaerobias, sino modificaciones de las vías aerobias.

- *Tiempo de retención celular (edad del fango)*: Es la relación entre la masa de fangos existentes en el reactor biológico y la masa de fangos purgados por unidad de tiempo, días normalmente. Según la edad del fango tendremos un cultivo más o menos estable con mayor o menor capacidad para degradar la DBO. Cada operador debe encontrar la edad de fango adecuada para su planta en concreto dentro de unos rangos que están relacionados con la carga másica.
- *Tiempo de retención hidráulica*: Parámetro que mide la relación expresada en horas entre el caudal a tratar y el volumen del reactor biológico, en el tratamiento de aguas residuales.
- *Carga Másica*: Es la relación entre la carga de materia orgánica que entra en el reactor biológico al día y la masa de microorganismos existentes en el mismo. Tiene una relación directa con el rendimiento de depuración que puede dar la planta.
- *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.
- *Coagulación-floculación*: consiste en añadir sustancias, como el cloruro férrico, que induzcan la floculación de forma que se favorezca la sedimentación de partículas sólidas, macromoléculas y coloides presentes en el agua.

## 5.2 Siglas y abreviaturas

- $\mu_m$ : Tasa específica de crecimiento de bacterias nitrificantes (gSSV/gSSV·d).
- $\mu_{n,m}$ : Máxima tasa específica de crecimiento de bacterias nitrificantes (gSSV/gSSV·d).
- A: Área superficial (m<sup>2</sup>).
- C: Oxígeno disuelto operativo en el tanque (mg/l).
- $C_{\infty 20}^*$ : Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar para la aireación de difusores (mg/l).
- Capacidad difusor: Caudal de aire con el que opera cada difusor (m<sup>3</sup>/h).
- $C_{entrada}$ : Carga contaminante a la entrada de la planta.
- $C_{industrial}$ : Carga contaminante del agua de procedencia industrial.
- $C_p^d$  = Coeficiente de punta del caudal de aguas domésticas.
- $C_{s 20}^*$ : Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar (mg/l).

- $C_{s10}^*$ : Saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar y temperatura de operación (mg/l).
- $C_{sol}$ : Carga de sólidos ( $kg/m^2 \cdot h$ ).
- $C_{urbana}$ : Carga contaminante del agua de procedencia urbana.
- $C_{vert}$ : Carga sobre vertedero ( $m^3/h \cdot ml$ ).
- $d$ : Diámetro del cilindro (m).
- $D_0$  = Dotación de abastecimiento de agua.
- $D_d$ : Diámetro decantador (m).
- $d_e$ : Factor de corrección de profundidad media.
- $D_f$ : Profundidad de los difusores en el tanque (m).
- $DQO_{bp}$ : Demanda química de oxígeno biodegradable particulada.
- $DQO_p$ : Demanda química de oxígeno particulada.
- $E$ : Eficiencia de los difusores.
- EDAR: estación depuradora de aguas residuales
- $F/M_b$ : Alimento para la concentración de biomasa en la zona anóxica (gDBO/gSST·d).
- $fd$ : Fracción de biomasa que permanece como células debris (gSSV/g sustrato).
- $FS$ : Factor de seguridad, tomamos 1,5.
- $g$ : Gravedad ( $m/s^2$ ).
- $h_1$ : Altura del cilindro desde el borde superior del decantador (m).
- $h_d$ : Altura del decantador (m).
- $I$ : Índice de Mohlman (l/kg).
- $k$ : Tasa máxima de utilización del sustrato por unidad de masa de microorganismos.
- $K_0$ : Coeficiente de saturación mitad para el oxígeno ( $g/m^3$ ).
- $k_d$ : Coeficiente de descomposición endógena ( $h^{-1}$ ).
- $K_{e,n}$ : Coeficiente de mortandad de bacterias nitrificantes (gSSV/gSSV·d).
- $k_e$ : Coeficiente de mortandad (gSSV/gSSV·d).
- $Kg\ O_2/m^3\ aire$ : Cantidad de oxígeno por  $m^3$  de aire.
- $kn$ : Coeficiente cinético de desnitrificación ( $días^{-1}$ ).
- $K_n$ : Constante de velocidad mitad ( $gNH_4-N/m^3$ ).

- $K_s$ : Constante de velocidad mitad, concentración de sustrato a la mitad de la máxima tasa de crecimiento, (g DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>).
- $L_{vert}$ : Longitud del vertedero.
- $M$ : Peso molecular del aire (kg/Kmol).
- $MLSS$ : concentración de fangos activados o concentración del licor mezcla.
- $N_e$ : Nitrógeno en el efluente (mg/l).
- $N_{fango}$ : Cantidad de nitrógeno eliminado con el fango (kg/día).
- $NKT$ : Nitrógeno total Kjeldahl (mg/l).  $M_{x, SST}$ : Fango total producido (g/día).
- $NKT_{entrada}$ : Nitrógeno Kjeldahl a la entrada (kg/día).
- $NKT_{salida}$ : Nitrógeno Kjeldahl a la salida (kg/día).
- $NO$  - loading: Carga de nitrato en la zona anóxica (kg/día).
- $NO_3^-$  a reducir: nitratos a reducir presentes en el agua (kg/día).
- $NO_e$ : Concentración de nitrato en el efluente (mg/l).
- $NO_f$ : Capacidad de desnitrificación (kg/día).
- $NO_x$ : Concentración de NTK oxidable a nitrato (g/m<sup>3</sup>).
- $OD$ : Oxígeno disuelto (mg/l).
- $OTR_f$ : Capacidad real de transferencia de oxígeno (kg/h).
- $P_a$ : Presión a la elevación del nivel del mar (N/m<sup>2</sup>).
- $P_b$ : Presión a la elevación de la planta (N/m<sup>2</sup>).
- $Q_0$ : Caudal de entrada al reactor (m<sup>3</sup>/h).
- $Q_{aire}$ : Caudal de aire (m<sup>3</sup>/h).
- $Q_m$  = Caudal medio.
- $Q_m^i$  = Caudal medio industrial.
- $Q_m^u$  = Caudal medio diario de aguas residuales domésticas (l/s).
- $Q_f$ : Caudal de recirculación (m<sup>3</sup>/h).
- $Q_R$ : Caudal recirculado (m<sup>3</sup>/h).
- $Q_w$ : Caudal de fango en exceso (m<sup>3</sup>/día).
- $R$ : Constante de los gases ideales (J/kmol·K).
- $R_0$ : Oxígeno total requerido (kg/día).
- $r_g^?$ : Tasa neta de crecimiento bacteriano (g SSV/m<sup>3</sup>).
- $r_{int}$ : Relación de recirculación de nitrato.
- $r_{su}$ : Tasa de utilización de sustrato (g DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>·t)

- $S$  o  $S_e$ : Concentración de sustrato en el efluente ( $\text{g DBO}_5/\text{m}^3$ ).
- $S_0$ : Concentración de sustrato en el afluente ( $\text{g DBO}_5/\text{m}^3$ ).
- SOTR: Capacidad de transferencia estándar de oxígeno ( $\text{kg/h}$ ).
- $SST_i$ : Sólidos suspendidos totales inertes en el influente ( $\text{g}/\text{m}^3$ ).
- $SSV_{nb}$ : Sólidos suspendidos volátiles no biodegradables en el influente ( $\text{g}/\text{m}^3$ ).
- $T$ : Temperatura (K).
- $t$ : Tiempo (días).
- $T_{des}$ : Temperatura en la zona de desnitrificación ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- $t_R$ : Tiempo de retención (h).
- $U_{DN}$ : Tasa global de desnitrificación específica para el agua residual ( $\text{días}^{-1}$ ).
- $V_{aer}$ : Volumen tanque aireación ( $\text{m}^3$ ).
- $V_{asc}$ : Velocidad ascensional ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ).
- $v_r$ : Velocidad lineal de las barrederas de fondo en decantadores.
- $V_R$ : Volumen del reactor ( $\text{m}^3$ ).
- $V_T$ : Volumen total del reactor ( $\text{m}^3$ ).
- $X$ : Concentración de microorganismos a la salida del reactor ( $\text{g SSV}/\text{m}^3$ ).
- $X_0$ : Concentración de microorganismos a la entrada del reactor ( $\text{g SSV}/\text{m}^3$ ).
- $X_{aer}$ : Concentración MLSS en la zona aerobia ( $\text{mg/l}$ ).
- $X_{b,anox}$ : Concentración de la biomasa activa en la zona anóxica ( $\text{kg}/\text{día}$ ).
- $X_r$ : Concentración de la corriente de recirculación ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).
- $X_R$ : Concentración de microorganismos en la recirculación ( $\text{g SSV}/\text{m}^3$ ).
- $X_S$ : Concentración de microorganismos a la salida del decantador ( $\text{g SSV}/\text{m}^3$ ).
- $X_v$ : Concentración de sólidos volátiles en suspensión en el líquido mezcla ( $\text{kg SSV}/\text{m}^3$ ).
- $Y$ : Coeficiente de producción máxima en la fase de crecimiento exponencial, relación entre la masa de células formada y la masa de sustrato consumido ( $\text{g SSV}/\text{g DBO}_5$  consumida).
- $Y_n$ : Crecimiento de fango en la nitrificación ( $\text{gSSV}/\text{gNH}_4\text{-N}$ ).
- $z_a$ : Elevación del nivel del mar (m).
- $z_b$ : Elevación a la que se encuentra la planta (m).
- $\alpha$ : Constante de transferencia relativa en agua limpia.
- $\beta$ : Constante relativa de saturación del oxígeno disuelto en agua limpia.

- $\theta$ : Tiempo de retención hidráulica (días).
- $\theta_{c, \text{aerobia}}$ : Edad del fango en la zona aerobia (días).
- $\tau_{\text{aer}}$ : Tiempo de retención hidráulica en la zona aerobia (h).

## 6. REQUISITOS DE DISEÑO

En este proyecto se realiza el diseño correspondiente al tratamiento secundario de una estación depuradora de aguas residuales de un municipio en una zona costera. En este proyecto se diseñan los dos equipos de los que consta en este caso el tratamiento secundario, un reactor biológico de aireación prolongada y un decantador secundario.

Al final de este proceso el agua tratada deberá tener la calidad suficiente para ser devuelta a cauce público como se recoge en el REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Para la realización de este proyecto se han asumido los datos y las bases proporcionados por la bibliografía consultada, necesarios para el dimensionamiento de los equipos.

### 6.1. Características del agua de entrada

Las aguas que llegan a la planta tiene procedencia urbana y de una conservera de tomate, por lo tanto el agua llega con cierto grado de contaminación, en la tabla M.2 se puede ver detalladamente la diferencia entre la contaminación de las aguas urbanas y las aguas industriales.

*Tabla M.2. Comparación entre la contaminación urbana e industrial.*

Parámetro	Contaminación urbana	Contaminación industrial
pH	6,9	6,82
SS (mg/l)	300	824
DQO (mg/l)	450	884
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	200	592
Nitrógeno total (N) (mg/l)	50	10,6
Fósforo total (P) (mg/l)	7	1,5

Con los datos anteriores, y mediante un balance de materia, detallado en el Anexo 2, obtenemos la carga contaminante a la entrada de la planta. Se considera que en la entrada al reactor, tras el paso del agua por el tratamiento primario se tiene una pérdida del 10%

en el valor de la DBO<sub>5</sub>. En la tabla M.3 se detalla la carga contaminante del agua a la entrada de la planta para cada parámetro

**Tabla M.3. Carga contaminante.**

Parámetro	Contaminación entrada planta	Contaminación entrada reactor
pH	6,89	6,19
SS (mg/l)	387	348
DQO (mg/l)	522	470
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	265	239
Nitrógeno total (N) (mg/l)	43	39
Fósforo total (P) (mg/l)	6	5,4

## 6.2 Calidad del agua de salida

Como se ha dicho anteriormente, la composición del agua de salida una vez recorra todo el proceso de tratamiento terciario debe tener la composición siguiente de acuerdo a la normativa expuesta en el REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-/Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, recogidos en la tabla M.4.

**Tabla M.4. Carga contaminante a la salida.**

Parámetro	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	25	70 - 90%
DQO (mg/l)	125	75%
Sólidos en suspensión totales	35	90%
Nitrógeno total (mg/l)	15	70 - 80%
Fósforo total (mg/l)	2	80%

### 6.3. Biodegradabilidad del efluente

La biodegradabilidad de un agua residual se determina como relación de la demanda bioquímica de oxígeno a la demanda química de oxígeno. De este índice se deduce fácilmente si la sustancia a depurar es de origen doméstico o industrial, y señala el método de depuración más adecuado.

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{239}{479} = 0,498 > 0,4$$

Por lo tanto es biodegradable, pudiéndose utilizar sistemas biológicos por fangos activos o lechos bacterianos.

### 6.4. Caudal de entrada

#### 6.4.1 Dotaciones del caudal

La dotación es un dato conocido por los servicios municipales o empresas de suministro de agua local. A título orientativo, utilizaremos los datos de dotación obtenidos de la bibliografía, la dotación de agua para nuestra población equivalente en España, tiene los valores representados en la tabla M.5.

**Tabla M.5. Dotación para la población equivalente.**

Población en nº de habitantes	(Do) Consumos urbanos en l/hab./día, según usos				
	Doméstico	Industria de la ciudad	Servicios municipales	Fugas de redes y varios	TOTAL
12.000 a 50.000	110	70	35	25	250

#### 6.4.2 Caudales de diseño

A la entrada de la planta a lo largo del día llegan distintos caudales, no obstante en este caso como caudal de diseño se utilizará el caudal medio, dado que se utilizará el antiguo reactor biológico como tanque de homogenización. De este modo se tendrá un caudal controlado a la entrada del reactor. El caudal de entrada (Tabla M.6) a la planta está formado por el caudal urbano correspondiente a las dotaciones de abastecimiento de agua para una población de 20.000 habitantes, y un 20% adicional de agua procedente de la industria alimenticia.

**Tabla M.6. Caudales de entrada.**

Caudal de agua urbana	5.000 m <sup>3</sup> /día
Caudal de agua industrial	1.000 m <sup>3</sup> /día
Caudal total de entrada	6.000 m <sup>3</sup> /día

## 7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

El tratamiento de las aguas residuales consta de diversas operaciones unitarias, todas ellas con la finalidad de eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que cumplan con los límites marcados por la legislación.

Para la ampliación de la EDAR, se pretende sustituir el antiguo proceso secundario de depuración, constituido por un reactor de fangos activos. Por ello para el diseño de un nuevo proceso del tratamiento secundario de una EDAR se barajan distintas posibilidades, como podrían ser, reactor biológico de membranas (MBR) y un reactor biológico de aireación prolongada. Analizando las características de cada uno de estos, se realizará el estudio de las opciones del reactor de aireación prolongada y el MBR. Finalmente en este proyecto se elegirá una de estas alternativas, para poder realizar una comparativa en cuanto a la calidad del agua tratada y el coste del agua tratada (€/m<sup>3</sup>) con el otro proyecto propuesto.

A continuación explicaremos las distintas soluciones estudiadas para la realización del tratamiento secundario y justificaremos las elegidas y los motivos por los que hemos descartado las otras opciones.

### 7.1 Fangos Activos Convencional

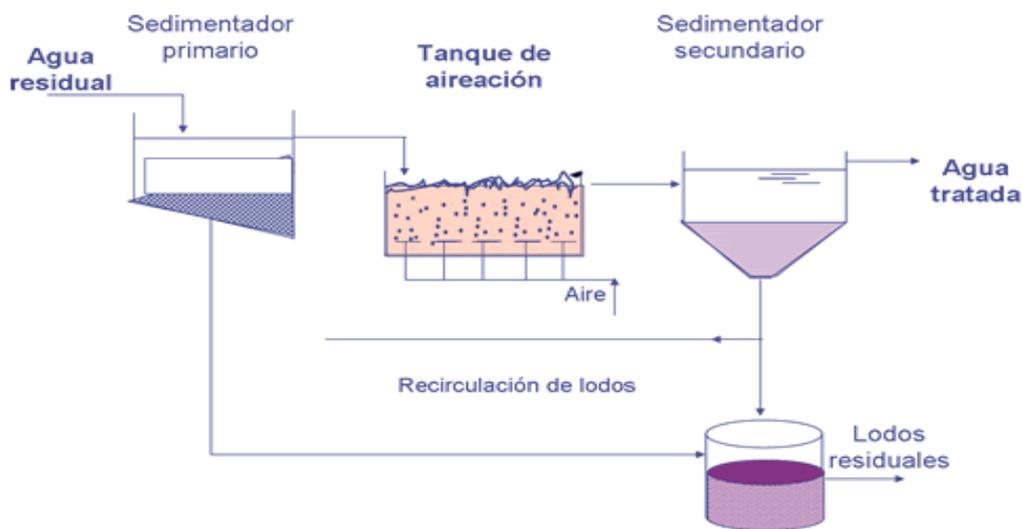
Actualmente la depuradora cuenta con un reactor biológico de fangos activados, el tratamiento de aguas residuales por fangos activados tiene lugar en un reactor de varias cámaras que hace uso de microorganismos aeróbicos para degradar la materia orgánica del agua residual y para producir un efluente de alta calidad. Para mantener las condiciones aeróbicas y mantener suspendida la biomasa activa, se requiere una fuente de oxígeno constante y programada.

Los microorganismos oxidan el carbono orgánico en las aguas residuales para producir nuevas células, dióxido de carbono y agua. Aunque los microorganismos más comunes son las bacterias aeróbicas, pueden estar presentes bacterias aeróbicas, anaeróbicas y/o nitrificantes junto con otros.

Durante la aireación y el mezclado, las bacterias forman pequeños flóculos. Cuando se detiene la aireación, la mezcla se transfiere a un decantador, donde éstos se asientan y el efluente continúa para tratamientos adicionales o para verter al cauce. La parte del fango que no se desecha se recircula nuevamente al reactor, para mantener una determinada

población de bacterias constantes y la parte del fango que se desecha, es enviado a otros procesos para tratarlo.

Este proceso consiste en un tanque de aireación, un decantador secundario y una recirculación del fango, tal como se muestra en la figura M.3.



*Figura M.3. Tratamiento secundario de fangos activados.*

El proceso de fangos activados de mezcla completa es el más comúnmente utilizado a nivel mundial para tratar aguas residuales de ciudades de población media, además de ser uno de los procesos más estudiados y seguros.

A continuación, podemos ver las distintas ventajas y desventajas que ofrece este tratamiento.

#### VENTAJAS:

- Se puede operar en una variedad de índices de carga orgánica e hidráulica.
- Alta reducción de DBO y patógenos, hasta un 99 %.
- Versatilidad, ya que sus parámetros pueden ser controlados.
- Se consigue una oxidación de las sustancias químicas, tal como la nitrificación.
- Puede conseguirse la reducción de compuestos orgánicos peligrosos.

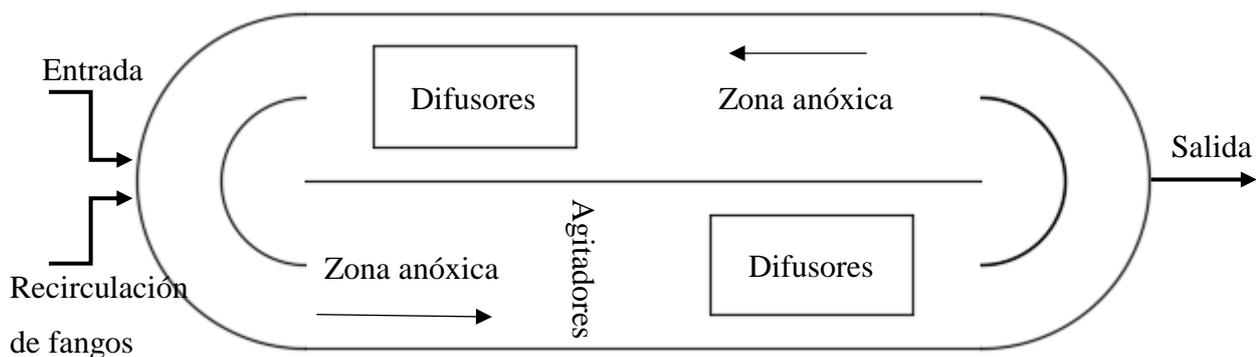
#### DESVENTAJAS:

- Es sensible a la oscilación de cargas contaminantes, de caudal y tóxicos.
- El consumo energético es importante.

- Influyen las bajas temperaturas.
- El efluente puede necesitar un tratamiento adicional antes de su descarga.
- Los lodos requieren un tratamiento antes de ser descargados.
- Alto costo de capital y de operación.
- Requieren una fuente constante de electricidad.

## 7.2 Reactor biológico de aireación prolongada

La aireación prolongada se enmarca dentro de los procesos de fangos activos convencionales en el que disminuye la cantidad de lodo residual, ya que aumenta el tiempo de residencia, así como la edad del fango. Como consecuencia al aumento del tiempo de residencia, el volumen del reactor, es mayor que el requerido en el caso del proceso de lodos activos. Los tipos más comunes para este tipo de proceso son: reactor tipo Orbal, carrusel, CCAS (sistema de aireación a contracorriente), Biolac. No obstante el más utilizado es el tipo carrusel con difusores de burbuja fina y turbinas conductoras de flujo. En la siguiente figura se puede ver un esquema de un reactor tipo carrusel, en el que se distinguen las zonas óxica y anóxica, y los puntos de aireación.

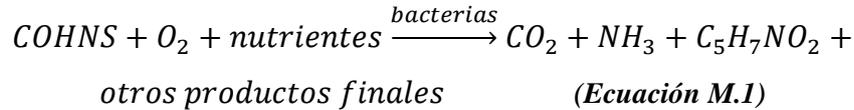


*Figura M.4. Esquema reactor tipo carrusel.*

En el tratamiento biológico de aguas residuales mediante el proceso de fangos activados el residuo orgánico se introduce en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. El contenido del reactor se conoce como líquido mezcla. La degradación biológica de la materia orgánica presente en las aguas residuales tiene lugar en el reactor. Se produce de forma aerobia y gracias al empleo de aireadores mecánicos, turbinas o inyectores, o por difusión, que permiten la homogeneización del licor mezcla, evitando así la sedimentación de los flóculos. En el reactor se llevan a cabo las

operaciones de oxidación y síntesis y respiración endógena, que se muestran en las ecuaciones M.1 y M.2.

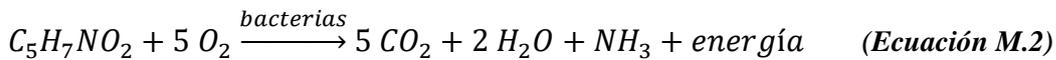
Oxidación y síntesis:



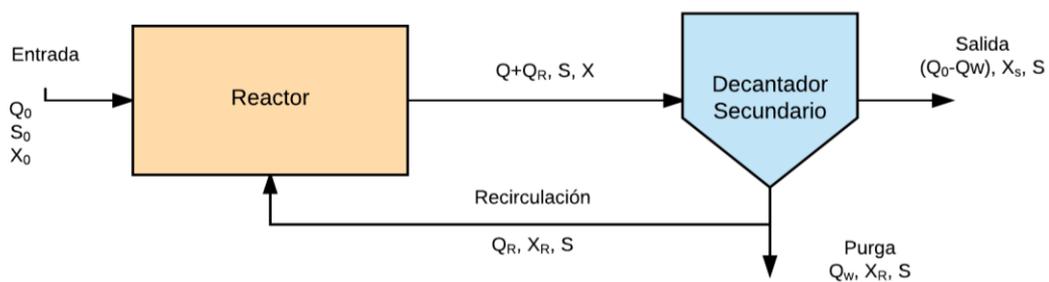
Siendo:

- COHNS: materia orgánica del agua residual
- $C_5H_7NO_2$ : nuevas células bacterianas

Respiración endógena:



Como se ve en el diagrama de la figura M.4, Tras permanecer un tiempo en el reactor, las aguas, el licor mezcla, pasan a un decantador o clarificador secundario, cuya función es separar el efluente depurado de los lodos. Parte de estos fangos recirculan de nuevo al reactor con el objetivo de mantener en él una concentración determinada de microorganismos y, el resto, denominados fangos en exceso, se someten periódicamente a un proceso de purgación.



**Figura M.5. Diagrama de flujo del tratamiento secundario.**

Se distinguen por lo tanto cinco operaciones diferenciadas:

- La oxidación, que se realiza en el reactor biológico por medio de los microorganismos.
- La aireación, que suministra el oxígeno necesario para que se produzcan las reacciones de oxidación realizadas por los citados microorganismos.
- La decantación, donde tiene lugar la separación sólido-líquido.
- La recirculación de lodos, para mantener la concentración de microorganismos en el reactor.
- La extracción de los lodos en exceso.

La oxidación tiene lugar en el reactor biológico, donde los microorganismos entran en contacto con el agua residual, y tienen lugar los procesos de nitrificación, desnitrificación, eliminación de DBO y eliminación de fósforo.

#### *Nitrificación biológica.*

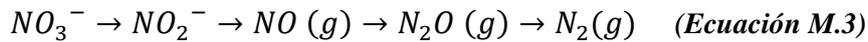
Es el primer paso para la eliminación del nitrógeno por el proceso de nitrificación-desnitrificación. Las bacterias responsables de este proceso son los nitrosomas, encargadas de oxidar el amoníaco en nitrito, y las nitrobacter, que transforman el nitrito en nitrato. Para que esta operación se lleve a cabo es necesario un pH entre 7,5 y 8,6, y una concentración de oxígeno por encima de 1 mg/l para un óptimo crecimiento y actividad de los microorganismos.

La nitrificación en una fase se da cuando la nitrificación y el tratamiento de la materia orgánica carbonosa se realizan en un único reactor. La oxidación del amoníaco a nitrato se puede llevar a cabo con aire o con oxígeno puro, aunque no este último no es habitual.

#### *Desnitrificación biológica.*

Segunda etapa del proceso de nitrificación-desnitrificación. La eliminación del nitrógeno en forma de nitrato por conversión en nitrógeno gas se puede conseguir biológicamente bajo condiciones anóxicas (sin oxígeno). El proceso transforma el nitrógeno, en forma de nitratos, por la acción de diversos géneros de bacterias; *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas* y *Spirillum*. Son heterótrofas capaces de la reducción disimilatoria del nitrato, proceso de dos etapas.

El primer paso consiste en la conversión de nitrato en nitrito, y a continuación se produce óxido nítrico, óxido nitroso y nitrógeno gas.



Los tres últimos compuestos gaseosos son liberados a la atmósfera. En los sistemas de desnitrificación el parámetro crítico es la concentración de oxígeno disuelto. El pH óptimo se encuentra entre 7 y 8.

#### *Eliminación de fósforo.*

Los microbios utilizan el fósforo para la síntesis celular y en el transporte de energía. Entre el 10% y el 30% del fósforo presente se elimina durante el tratamiento biológico secundario. No obstante es necesario eliminar más cantidad de fósforo, los microorganismos pueden consumir más fósforo en condiciones anóxicas.

Los organismos utilizan el fósforo para el mantenimiento celular, síntesis celular y transporte de energía, además lo almacenan para su uso posterior.

El fango que contiene exceso de fósforo se purga. La liberación de fósforo se produce bajo condiciones anóxicas.

Por lo tanto el licor mezcla que entra en el reactor atraviesa distintas zonas anóxicas y aeróbicas (como vemos en la figura M.3) para la adecuada eliminación tanto de la materia orgánica como de los nutrientes presentes en el agua.

A continuación, podemos ver las distintas ventajas y desventajas que ofrece este tratamiento.

#### Ventajas:

- Buenos rendimientos de eliminación de sólidos en suspensión y materia orgánica
- Se emplea en comunidades de tamaño pequeño-medio
- Buenas características para la decantación posterior
- Genera lodos estabilizados

#### Desventajas:

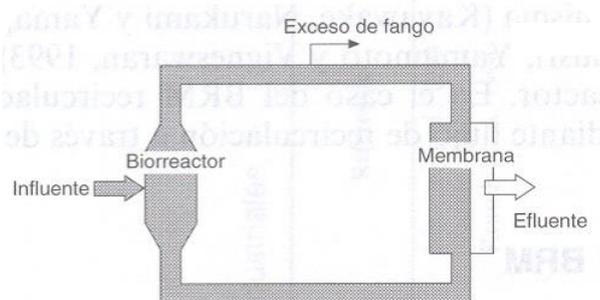
- Tiempos elevados de aireación
- Altos requerimientos de aireación

- Costes elevados de equipo de aireación dado que es necesario agitar y airear al mismo tiempo.
- Elevado consumo energético.
- Costes de mantenimiento elevados.
- En las instalaciones que emplean aireadores de superficie se forman aerosoles que pueden vehicular agentes patógenos.
- En las instalaciones que emplean difusores y compresores de aire se produce contaminación acústica.

### 7.3 Reactor biológico de membranas (MBR)

Los reactores biológicos de membrana se pueden definir como la combinación de dos procesos básicos (degradación biológica y separación por membrana) en un proceso único en el que los sólidos en suspensión y microorganismos responsables de biodegradación son separados del agua tratada, mediante una unidad de filtración por membranas. La totalidad de biomasa está confinada dentro del sistema.

La figura M.5 muestra la operación general del MBR. El influente entra en el reactor, donde es puesto en contacto con la biomasa. La mezcla es bombeada del reactor y luego, bajo presión, filtrada a través de la membrana. El agua filtrada es descargada del sistema mientras que la biomasa es devuelta al reactor. El exceso de fango se bombea y se descarga con el fin de mantener una edad del fango constante y la membrana se limpia periódicamente mediante lavado a contracorriente, lavado químico o ambos.



**Figura M.6. Principio del biorreactor de membrana**

Una de las mayores ventajas del MBR está en la calidad del agua tratada. Los porcentajes típicos de eliminación de DQO, DBO y de sólidos en suspensión superan en muchos casos

los 95%, 98% y 99%, respectivamente. A continuación, se recogen las ventajas y desventajas que ofrece este tratamiento.

Las ventajas que presenta un MBR en general son:

- Necesidades mínimas de espacio. La eliminación del decantador secundario, reduciendo de este modo el espacio requerido para su instalación.
- Elevada calidad de efluente obtenido, ya que la filtración por membrana asegura una calidad en el agua tratada independientemente de la decantabilidad del fango.
- Operación del reactor con elevadas concentraciones de sólidos (4-15 g SST/L) lo que hace reducir el espacio e incrementar las cargas volumétricas tratables.
- Mínima producción de fangos.
- El proceso de filtración elimina los microorganismos: hongos, bacterias, algas, amebas y protozoos sin necesidad de añadir reactivos químicos.
- Eliminación de los problemas por bulking y espumas de origen filamentoso.
- Eliminación de los problemas derivados de la sedimentación de lodos deficientes.
- Posibilidad de ampliación de plantas preexistentes sin necesidad de obra civil y gran estabilidad frente a vertidos de alta carga contaminante.

A pesar de todas las ventajas, la aplicación de esta tecnología presenta ciertos inconvenientes:

- Elevados costes de implantación/ explotación, siendo la mayor inversión las membranas.
- Duración de las membranas es muy variable, dependiendo de las características de las aguas residuales y la velocidad de filtración.
- El ensuciamiento de las membranas limita el máximo flujo que se puede obtener debido a la formación de una capa de lodo, coloides y soluto que se acumulan sobre la superficie de la membrana, impidiendo el comportamiento adecuado de ésta.
- Necesidades de limpieza.
- Elevado gasto energético.

El elemento clave de la tecnología del MBR es su capacidad de absorber variaciones y fluctuaciones de la carga hidráulica y orgánica del sistema. El control de la edad del fango

es especialmente importante para permitir el desarrollo de microorganismos de crecimiento lento como las bacterias nitrificantes.

Las membranas de ultrafiltración y microfiltración utilizadas en el MBR funcionan bajo mayores concentraciones de biomasa y, por tanto, mayores cargas que los procesos convencionales de fango activado y clarificado basados en separación por gravedad, por lo que los sistemas pueden ser variados. Asimismo, la membrana puede retener material soluble de elevado peso molecular, aumentando su tiempo de retención, mejorando así la oportunidad de su biodegradación en el reactor biológico.

En la tabla M.5 se recogen los parámetros de diseño habituales para los procesos de fangos activos, de aireación prolongada y del MBR.

*Tabla M.8. Parametros de diseño.*

	<b>Fangos Activos (convencional)</b>	<b>Aireación Prolongada</b>	<b>MBR</b>
<b>Edad del fango (<math>\theta_c</math>, días)</b>	4 - 10	$\geq 15$	25 - 30
<b>Tiempo de retención hidráulico (<math>t_R</math>, horas)</b>	4 - 8	16 - 24	10,2 - 15,4
<b>Carga másica (kg DBO<sub>5</sub> /kg MLSSV·d)</b>	0,2 - 0,4	0,05 - 0,15	0,04 – 0,18
<b>Carga Volúmica (kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>)</b>	0,32 - 0,64	0,16 - 0,3	-
<b>MLSSV (mg/l)</b>	1500 - 4000	2000 - 6000	4000 - 15000
<b>O.C. (kg O<sub>2</sub>/kg DBO<sub>5</sub>)</b>	0,8 - 1,2	1,4 - 1,6	-
<b>Relación caudal recirculación/caudal de entrada (<math>Q_r/Q</math>)</b>	0,25 - 0,75	1 - 3	-
<b>%Reducción DBO</b>	92	90	98
<b>mg O<sub>2</sub> g · MLSS · h</b>	7 - 15	3 - 8	-
<b>Exceso Fangos (kg/kg DBO)</b>	0,4 - 0,6	0,15 - 0,3	-

## 7.4 Solución adoptada

Una vez se han descrito las alternativas de tratamiento secundario para la EDAR, se va a optar por el proceso de aireación prolongada ya que la generación de fangos es menor, así como su consumo energético.

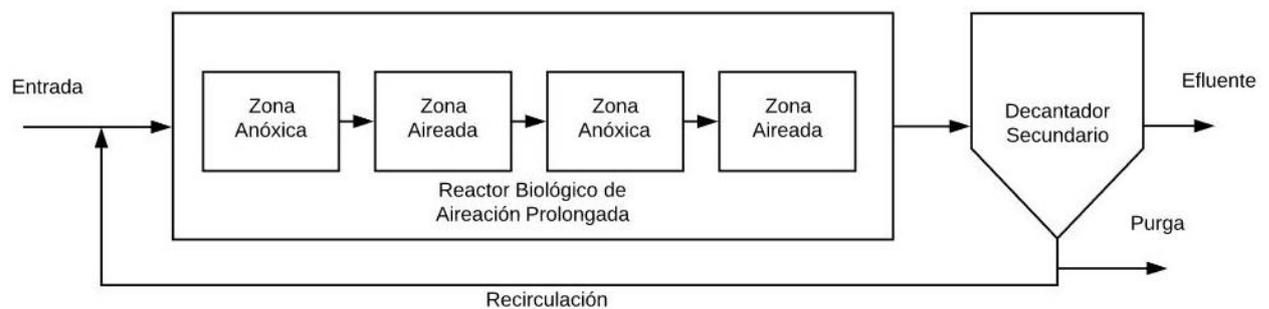
### 7.4.1 Descripción del proceso

El proceso del tratamiento secundario se divide en las siguientes etapas:

- Reducción de la materia orgánica y los nutrientes en el reactor biológico de aireación prolongada.
- Separación física de los sólidos sedimentables y el agua tratada.

Mediantes estos procesos se dotará el agua de las características necesarias para pasar al tratamiento terciario de las estación depuradora de aguas residuales.

En la figura M.6 se representa un diagrama de flujo en el que aparecen todas las etapas de las que se compone el tratamiento secundario que hemos diseñado.



**Figura M.7. Diagrama de bloques del proceso.**

#### 7.4.1.1 Reactor biológico

El reactor biológico que se diseña en este proyecto consta de dos zonas alternada, la zona anóxica, la primera zona a la que accederá el agua a tratar, se trata de una zona en ausencia de oxígeno donde serán eliminados algunos de los nutrientes presentes en el agua residual. El agua entra en circulación gracias a la acción de unos agitadores instalados en el tanque.

A continuación el licor mezcla pasa a la zona aerobia, que es aireada en dos zonas por difusores de burbuja fina, aquí se eliminará la materia orgánica y el resto de nutrientes.

Los difusores serán alimentados por equipos de soplantes instaladas en una caseta insonorizada cerca del reactor.

Tras el tiempo de retención, el licor mezcla será conducido hacia el decantador secundario.

#### *7.4.1.2 Decantador secundario*

El licor mezcla entra en el decantador, y los flóculos de materia sedimentable se van depositando al fondo del decantador, y son recogidos mediante la rasqueta barredora de fondo, y estos fangos son extraídos del decantador mediante una bomba, parte de estos fangos son recirculados al reactor biológico y el resto es purgado y conducido a la siguiente fase de tratamiento de la EDAR.

El agua clarificada es recogida a través del aliviadero del decantador, y conducida a la siguiente etapa del tratamiento.

## **8. RESULTADOS FINALES**

En el Plano 01, encontramos la distribución general y los equipos de la EDAR diseñado para este proyecto, a continuación se describirán de manera general el procedimiento para la adecuación de la planta, su funcionamiento y los equipos y materiales propuestos en el dimensionamiento de la planta.

### **8.1 Adecuación del terreno**

#### **8.1.1 Movimiento general de tierras**

Para la excavación provisional de cada uno de los elementos se ha previsto dejar como mínimo un metro de margen alrededor de éste para facilitar las operaciones de ferrallado y encofrado.

A efectos de medición se ha considerado un desbroce y limpieza del terreno, así como el desmonte y terraplano para la adecuación del terreno natural a las cotas de urbanización.

#### *8.1.2 Cimentación de las instalaciones*

La cimentación de los depósitos se realizará sobre un relleno material granular cuyo fin es el de permitir una mejora en la capacidad de soporte del terreno por encima de los valores mínimos establecidos.

### **8.2 Obra civil**

#### *8.2.1 Nave soplantes*

Se ha dispuesto de una tipología de nave de estructura metálica para albergar los equipos soplantes. La idea principal es colocar la nave lo más cerca posible del proceso en el que cumplirá su función, para evitar pérdidas de carga innecesarias.

Los condicionantes de dimensionamiento de la nave de soplantes son los siguientes:

- La nave comprende:
  - Losa de cimentación
  - Pilares soldados a las placas base
  - Vigas de riostra en la parte alta
  - Paneles prefabricados de hormigón de (3x2) m<sup>2</sup>
  - Paneles fonoabsorbentes (debe estar perfectamente aislada)

- Dimensiones de la nave: 6x4 m de planta
- Altura de la nave: 3,5 m
- Estructura metálica, en cada extremo debe haber un pilar de chapa de acero soldado, de 140x140 mm<sup>2</sup> además de un pilar central.

### 8.2.2 Reactor biológico

Para el dimensionamiento del reactor biológico se han desarrollado los pertinentes balances de materia del sistema en los que basamos los cálculos realizados posteriormente (Anexo 1).

Para el dimensionamiento del reactor biológico se estudiaron dos procedimientos distintos, el primer procedimiento en el que se calcula el volumen del reactor a partir de las distintas zonas, anóxica y aerobia, con las ecuaciones proporcionadas por el CEDEX (Anexo 1, apartado 4.2.1), y el segundo procedimiento se trata de un proceso en el que se calculan las distintas zonas del reactor mediante el procedimiento descrito en el Metclaf (Anexo 1, apartado 4.2.2). En la tabla M.9 se recogen los resultados obtenidos siguiendo cada uno de estos métodos.

**Tabla M.9. Comparación métodos de diseño.**

<b>Parámetro</b>	<b>Método 1</b>	<b>Método 2</b>
$\theta_{\text{aer}}$ (días)	20,29	15
$V_{\text{aer}}$ (m <sup>3</sup> )	4221,23	7285,83
$V_{\text{anox}}$ (m <sup>3</sup> )	369,67	500
$V_{\text{T}}$ (m <sup>3</sup> )	4617,9	7785,83

Finalmente se consideró utilizar el dimensionamiento mediante el método 1, propuesto por el CEDEX, ya que tras visitar una EDAR con unas condiciones de entrada similares a las estudiadas el volumen obtenido se asemeja más a las de la explotación real en funcionamiento.

Por lo tanto, se llevará a cabo la construcción del reactor biológico, será de obra civil de hormigón armado. Se construirá de manera que el espacio de la parcela se aproveche al máximo, y se tratará de una balsa exterior, tendrá una superficie de 761,95 m<sup>2</sup> y un

volumen real de 4882 m<sup>3</sup>. Sobre el reactor se instalará un sistema de pasarelas de rejilla y escaleras de PRFV y barandilla de seguridad, para la inspección del tanque. Para la construcción del tanque se utilizan 760 m<sup>3</sup> de hormigón armado.

### 8.2.3 Decantador secundario

Para que la decantación secundaria cumpla con las exigencias del fin del tratamiento secundario se han diseñado dos decantadores secundarios iguales con un caudal de entrada de 281,25 m<sup>3</sup>/h y con un tiempo de retención de 3,6h lo que nos lleva a las siguientes dimensiones; altura total de 3 m, con un diámetro de 23 m. Para la construcción de los decantadores secundarios, considerando la pendiente del 4%, se han utilizado 650 m<sup>3</sup> de hormigón armado.

## 8.3 Sistema de aireación

Para la aireación en el reactor biológico se contará con dos líneas de aireación formadas por 220 difusores de burbuja fina de 9", trabajando a una capacidad de 3 m<sup>3</sup>/h. Estos difusores se alimentan por un soplante para cada línea, y se instalará otro de reserva (2+R). El caudal total de aire es de 21,75 m<sup>3</sup>/min manteniendo una concentración de oxígeno en el tanque de 2 g/m<sup>3</sup>. Las soplantes se pondrán en funcionamiento cuando la sonda de amonio detecte valores fuera de los establecidos como adecuados, con el fin de minimizar los costes energéticos, ya que nos encontramos con los equipos que más consumo tienen de la planta.

## 8.4 Conducciones, accidentes y bombas

### 8.4.1 Conducciones tramos rectos y accidentes

Todas las conducciones que se han utilizado son de polietileno (PE), en la tabla M.10 se recogen los diámetros y longitudes utilizados para cada tramo de las conducciones necesarias y en la tabla M.11 se detallan los accidentes utilizados y su ubicación.

**Tabla M.10. Conducciones tramos rectos.**

<b>Tramo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Diamtro ext. (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
Entrada Reactor	PE - 100	315	15
Reactor – Decantador (dos líneas)	PE - 100	315	2·10
Recirculación (dos líneas)	PE - 100	200	2·70
Salida Decantador (dos líneas)	PE - 100	250	2·10
Purga (dos líneas)	PE - 100	50	2·35

**Tabla M.11. Accidentes.**

<b>Tipo</b>	<b>Lugar</b>
Codo 90° STD de PE. D = 315 mm	Entrada Reactor
2 Codos 90° STD de PE. D = 200 mm (dos líneas)	Recirculación
2 Codos 90° STD de PE. D = 315 mm (dos líneas)	Reactor – Decantador
Codo 90° STD de PE. D = 50 mm (dos líneas)	Purga
Válvula compuerta estilo cuchilla para lodos de hierro dúctil. D = 50 mm (dos líneas)	Purga
Válvula compuerta estilo cuchilla para lodos de hierro dúctil. D = 200 mm (dos líneas)	Recirculación
Válvula compuerta estilo cuchilla de hierro dúctil, manual. D = 315 mm	Entrada Reactor
Válvula compuerta estilo cuchilla de hierro dúctil, manual. D = 315 mm (dos líneas)	Reactor – Decantador
Válvula compuerta estilo cuchilla de hierro dúctil, manual. D = 250 mm (dos líneas)	Salida Decantador

#### 8.4.2 Bombas

Se utilizarán dos bombas de succión en la salida de fangos del decantador secundario, una para recircular los fangos al reactor biológico y otra para conducir los fangos purgados a la siguiente etapa del tratamiento de la EDAR para cada línea de decantación.

Las bombas utilizadas son:

Dos bombas de extracción de fangos para la recirculación:

Marca: ProMinent, ROTADOS; Modelo: Tipo 125, Tipo: Embolo giratorio, caudal: 100 m<sup>3</sup>/h, Tipo de fluido: Agua con fango (6%), Presión: 4 bar; Tipo de motor: IE1 (B5), Potencia motor: 1.2kW.

Dos bombas de extracción de fangos para la purga:

Marca: ProMinent, ROTADOS; Modelo: Tipo 070, Tipo: Embolo giratorio, caudal: 25 m<sup>3</sup>/h, Tipo de fluido: Agua con fango (6%), Presión: 10 bar; Tipo de motor: IE1 (B5), Potencia motor: 100 W.

## **9. PLANIFICACIÓN**

El Plan de Obra se concreta en los apartados siguientes, debe considerarse como una propuesta orientativa, que será desarrollado y convenientemente justificada por la empresa Contratista adjudicataria de las obras.

Para lograrlo, se ha realizado una primera identificación de las diferentes actividades que se componen en el proyecto, obteniendo la medición empleada en cada una de ellas y, de esta manera, determinar los diferentes equipos mecánicos y humanos más acordes para conseguir un elevado rendimiento en la ejecución de las diferentes unidades de obra contempladas.

El siguiente paso consiste en determinar el procedimiento constructivo que fijará la secuencia de trabajo, para las diferentes actividades en las que se ha descompuesto la totalidad de la obra.

Se definen así, una serie de actividades conformadas de una o varias unidades de obra, que reflejan las distintas operaciones necesarias para la ejecución de las mismas, fijando para cada una de ellas la duración resultante en función de los rendimientos considerados en la justificación de los precios y del número de equipos previsto, así como las relaciones existentes con las restantes.

Por último, el resultado de plasmar sobre el calendario las fases comentadas, queda reflejado en un Plan de Obra que determina el plazo de ejecución previsto.

No obstante, para conseguir un reflejo del Plan de Obra a la realidad de la misma se definen unos coeficientes de ponderación, como consecuencia de las afecciones climatológicas que se pueden dar en las obras.

Finalmente cabe reseñar que para una mayor seguridad en el cumplimiento de los plazos indicados para las obras objeto del proyecto, para cada una de las distintas actividades analizadas se han tomado rendimientos menores, por lo que no sería extraño que se consiguieran producciones con un rendimiento superior, en condiciones no adversas para la ejecución de los trabajos.

## **9.1 Calendario y jornada laboral**

Se ha tenido en cuenta la existencia de fiestas nacionales, autonómicas y locales en el calendario laboral sobre el que se ha realizado la planificación.

La jornada laboral se ha considerado de 8 horas útiles de trabajo, con cinco días de trabajo semanal. Se estima un periodo medio de 22 días laborales por mes de ejecución.

Este calendario laboral y el establecimiento de la jornada laboral han servido como base para la elaboración del plan de trabajos con el fin de obtener un plazo de ejecución de las obras lo más ajustado a la realidad.

Este plazo de ejecución de las obras se consideró teórico, ya que se ve afectado por retrasos ocasionados debido a inclemencias de tipo meteorológico.

Con el fin de considerar en la programación de las obras los días de climatología adversa, se ha tenido en consideración unos coeficientes de reducción a aplicar a los días laborales y que han de determinarse para cada una de las diferentes actividades en las que se ha considerado la obra.

## **9.2 Plazo de ejecución**

La aplicación de los procesos definidos en los puntos anteriores para las diferentes actividades consideradas, junto a las duraciones calculadas para cada una de ellas, lleva a obtener el correspondiente plan de trabajos.

Para la ejecución de las obras proyectadas y de acuerdo con el Programa de Trabajos se estima suficiente un plazo de doscientos treinta y nueve (239).

En la siguiente tabla M.12 y en la figura M.8 podemos ver las partes de las obras, su organización y el tiempo estimado de duración de cada una de ellas y la duración total.

**Tabla M.12. Relación tareas-duración de la construcción del tratamiento secundario.**

Tarea	Duración (días)
1. Movimiento de tierras	15
2. Obra civil de los depósitos	120
3. Obra civil e instalación de las tuberías exteriores que componen las líneas del tratamiento	60
4. Obra civil de la caseta de las soplantes	20
5. Instalación eléctrica y fontanería	10
6. Instalación de equipos	20
7. Automatización	7
8. Puesta en marcha	7
9. Seguridad y Salud	239



**Figura M.8. Diagrama de Gantt.**

## **10. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS**

Tal y como se establece en la norma UNE 157001-2014, “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”, el orden de prioridad entre los documentos básicos será:

1. Índice General
2. Memoria
3. Anexos
4. Planos
5. Pliego de condiciones.
6. Mediciones
7. Presupuesto.

## 11. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se realizará un análisis económico del presente proyecto, teniendo en cuenta el presupuesto de explotación y la inversión inicial, así como el posible precio de venta del agua para saber si económicamente es viable o no dicho proyecto.

### 11.1 Resumen del presupuesto

En el siguiente apartado se resumirán las partes principales del presupuesto (en el documento *Presupuesto* se encuentran los cuadros de precios detallados).

#### 11.1.1 PEM

El presupuesto de ejecución material (PEM) consta de 9 partes, llamadas Partidas presupuestarias. En la Tabla M.13 se presentan cada una de ellas, así como el porcentaje que implica cada una y el valor del presupuesto de ejecución material total.

*Tabla M.12. PEM.*

<b>PARTIDA</b>	<b>COSTE</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Partida 1: Conducciones y válvulas	40.238,85 €	9,06%
Partida 2: Equipos	108.307,53 €	24,38%
Partida 3: Instrumentación y automatización	10.490,00 €	2,36%
Partida 4: Obra civil	175.367,96 €	39,48%
Partida 5: Instalaciones eléctricas y fontanería	45.767,00 €	10,30%
Partida 6: Estudio de seguridad y salud	4.384,20 €	0,99%
Partida 7: Gestión de residuos de obra	5.261,04 €	1,18%
Partida 8: Prueba de funcionamiento	1.083,08 €	0,24%
Partida 9: Licencias	53.285,00 €	12,00%
<b>TOTAL</b>	<b>444.184,65 €</b>	

### 11.1.2 PEC

El presupuesto de Ejecución por Contrata parcial se halla mediante la siguiente fórmula:

$$PEC_p = PEM + Gastos Generales + Beneficio industrial$$

En la Tabla M.14 se muestran los valores de cada uno de estos parámetros.

**Tabla M.14. PEC parcial.**

PEM	Presupuesto de Ejecución Material	444.184,65 €
GG	Gastos Generales (13% del PEM)	57.744,00 €
B° industrial	Beneficio industrial (6% del PEM)	26.651,08 €
	<b>PEC parcial</b>	<b>528.579,74 €</b>

El Presupuesto de Ejecución por Contrata se calcula añadiendo el valor del I.V.A. (21% actualmente) al valor del Presupuesto de Ejecución por Contrata parcial. El valor del PEC equivale a la inversión inicial a realizar para poder llevar a cabo el proyecto.

En el caso del presente proyecto, su valor es: **639.581,48 €**.

## 11.2 Presupuesto de explotación

El presupuesto de explotación, también llamado gastos totales, detalla los gastos previstos en un año.

### 11.2.1 Directos

Cuando se habla de gastos directos se hace referencia a los gastos que dependen de la producción, en el caso de este proyecto, de la producción del agua. En él se incorporan el consumo eléctrico de los equipos que forman parte de la planta y el de los reactivos a utilizar a lo largo de la línea de tratamiento.

En la Tabla M.15 se presenta el consumo eléctrico anual de los equipos previsto de cada uno de los equipos, así como el consumo total anual y su coste, teniendo en cuenta que el coste de la energía eléctrica en las industrias es de 0,121 €/kWh (Iberdrola).

**Tabla M.15. Consumo eléctrico de equipos.**

<b>Equipo</b>	<b>Unidades funcionando</b>	<b>kW/h</b>	<b>Consumo diario (kWh/día)</b>	<b>Consumo anual (kWh/año)</b>	<b>Coste anual (€)</b>
Bombas extracción de fangos, recirculación	2	0,5	4	1460	176,66 €
Bombas extracción de fangos, purga	2	0,1	0,8	292	35,33 €
Agitadores	2	4	192	70080	8.479,68 €
Soplantes	2	55	550	200750	24.290,75 €
Sensor medida oxígeno disuelto	1	0,1	2,4	876	106,00 €
Motor puente decantador	1	7,4	177,6	64824	7.843,70 €
<b>TOTAL</b>	<b>-</b>	<b>67,1</b>	<b>926,8</b>	<b>338282</b>	<b>40.932,12 €</b>

### 11.2.2 Amortizaciones

En la Tabla M.16 se muestra los años de amortización, así como el coste anual para la obra civil de la planta de tratamiento y depósitos y los equipos que componen el tratamiento secundario de la EDAR.

**Tabla M.16. Amortizaciones.**

<b>Elemento</b>	<b>Uds.</b>	<b>Precio por Ud. (€)</b>	<b>Precio total (€)</b>	<b>Período de amortización medio (años)</b>	<b>Amortización por año (€)</b>
Parrillas de difusores	2	12.200,00 €	24.400,00 €	10	2.440,00 €
Soplantes	3	3.862,69 €	11.588,07 €	10	1.158,81 €
Agitadores	2	2.677,95 €	5.355,90 €	10	535,59 €
Bombas extracción de fangos, recirculación	2	2.147,00 €	4.294,00 €	10	429,40 €
Bombas extracción de fangos, purga	2	645,78 €	1.291,56 €	10	129,16 €
Deflector, aliviadero, puente y rasquetas decantador	2	16.799,00 €	33.598,00 €	25	1.343,92 €
Pasarela reactor biológico	45	400,00 €	18.000,00 €	25	720,00 €
Escalera reactor biológico	4	420,00 €	1.680,00 €	25	67,20 €
Barandilla reactor biológico	90	90,00 €	8.100,00 €	25	324,00 €
Hormigón armado reactor biológico	750	100,00 €	75.000,00 €	25	3.000,00 €
Hormigón armado decantador	670	100,00 €	67.000,00 €	25	2.680,00 €
Nave para las soplantes	1	572,34	13.736,16 €	25	549,45 €
<b>TOTAL</b>					<b>13.377,52 €</b>

### 11.2.3 Indirectos

Los gastos indirectos hacen referencia a aquellos que no dependen de la cantidad de producto producida, como puede ser el consumo eléctrico del alumbrado u operarios.

Los gastos de amortización hallados en el apartado 11.2.2 del presente documento también se incluyen en los gastos indirectos.

En la Tabla M.17 se presenta el consumo eléctrico del alumbrado, teniendo en cuenta que el coste por kWh es de 0,086€/kWh.

*Tabla M.17. Consumo eléctrico de alumbrado.*

<b>Equipo</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Consumo diario (kWh/día)</b>	<b>Consumo anual (kWh/año)</b>	<b>Precio (€/año)</b>
Luminarias 36W	1,08	2,16	788,4	95,40 €

El gasto previsto en personal de presenta en la tabla M.18.

*Tabla M.18. Gasto de personal.*

<b>Personal</b>	<b>Unidades</b>	<b>Salario y Seguridad Social</b>	<b>Total (€)</b>
Jefe de planta (25% de la jornada)	1	36.000,00 €	9.000,00 €
Operario	2	21.600,00 €	43.200,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>52.200,00 €</b>

En la Tabla M.19 se recoge el gasto de por analítica y total. Se ha considerado una analítica completa más en los gastos en caso de que algún parámetro no se encuentre dentro de los límites fijados por la legislación y se tenga la necesidad de repetirla.

**Tabla M.19. Gastos analíticas.**

<b>TIPO DE ANALITICAS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PRECIO/UD</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Análisis común	24	20	480
Análisis completo	12	80	960
<b>TOTAL</b>			<b>1.440,00 €</b>

En la Tabla M.20 se muestran los gastos de oficina, teléfono y limpieza anuales previstos.

**Tabla M.20. Gasto de oficina.**

<b>TIPO</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Material de oficina	2.000,00 €
Teléfono	500,00 €
Limpieza	3.000,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>5.500,00 €</b>

El total de gastos indirectos pues, sería la suma del coste del alumbrado, personal, amortizaciones y gastos en analíticas y oficinas.

En la Tabla M.21 se muestra el resumen de gastos indirectos y el total.

**Tabla M.21. Resumen gastos indirectos.**

<b>Tipo de Gastos Indirectos</b>	<b>Total (€)</b>
Amortizaciones	13.377,52 €
Alumbrado	95,40 €
Personal	52.200,00 €
Analíticas	1.440,00 €
Oficina	5.500,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>72.612,92 €</b>

#### 11.2.4 Gastos totales

El presupuesto de explotación anual es la suma de gastos directos e indirectos. Por tanto, los gastos anuales de la EDAR previstos ascienden a: **113.545,04 €**.

En la Tabla M.22 se recoge el valor de los gastos que forman parte de los gastos totales.

**Tabla M.21. Gastos totales.**

<b>Tipo gasto</b>	<b>Coste (€/año)</b>
Gastos Directos	40.932,12 €
Gastos Indirectos	72.612,92 €
<b>TOTAL</b>	<b>113.545,04 €</b>

### 11.3 Beneficio

El cálculo del coste de la producción, se realiza teniendo en cuenta el presupuesto de explotación y la producción anual de agua:

$$\frac{113545,04 \text{ €}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{2190000 \text{ m}^3} = 0,05 \text{ €/m}^3$$

Así pues, la producción de 1m<sup>3</sup> de agua se estima en **0,05 €**.

La depuración de las aguas residuales en la mayoría de casos no conlleva beneficios, ya que se trata de un servicio. Pero para poder llevar a cabo el estudio de viabilidad económica se estima un precio de venta del agua de **0,09 €/m<sup>3</sup>**.

Teniendo en cuenta este valor de venta, se estimarán los beneficios.

### 11.3.1 Beneficio bruto

Para el cálculo del beneficio bruto se tiene en cuenta la variación del IPC (Índice de Precios al Consumo) anual que se considera que es de un 2,5%. El beneficio bruto se halla restando los ingresos menos los gastos totales.

Se calculan los beneficios hasta 15 años, teniendo en cuenta los ingresos y gastos totales previstos, tal y como se muestra en la Tabla M.22.

**Tabla M.22. Beneficio bruto.**

<b>Horizonte (años)</b>	<b>Gastos totales (€)</b>	<b>Ingresos (€)</b>	<b>Beneficio bruto (€)</b>
1	113.545,04 €	175.200,00 €	61.654,96 €
2	116.383,66 €	179.580,00 €	63.196,34 €
3	119.293,26 €	184.069,50 €	64.776,24 €
4	122.275,59 €	188.671,24 €	66.395,65 €
5	125.332,48 €	193.388,02 €	68.055,54 €
6	128.465,79 €	198.222,72 €	69.756,93 €
7	131.677,43 €	203.178,29 €	71.500,85 €
8	134.969,37 €	208.257,74 €	73.288,38 €
9	138.343,60 €	213.464,19 €	75.120,58 €
10	141.802,19 €	218.800,79 €	76.998,60 €
11	145.347,25 €	224.270,81 €	78.923,56 €
12	148.980,93 €	229.877,58 €	80.896,65 €
13	152.705,45 €	235.624,52 €	82.919,07 €
14	156.523,09 €	241.515,14 €	84.992,05 €
15	160.436,17 €	247.553,01 €	87.116,85 €

### 11.3.2 Beneficio neto

El beneficio neto se obtiene restando al beneficio bruto anual obtenido anteriormente un 30% por impuestos de sociedades. Los resultados quedan reflejados en la Tabla M.23.

**Tabla M.22. Beneficio neto.**

<b>Horizonte (años)</b>	<b>Beneficio bruto (€)</b>	<b>Beneficio neto (€)</b>
1	61.654,96 €	43.158,47 €
2	63.196,34 €	44.237,44 €
3	64.776,24 €	45.343,37 €
4	66.395,65 €	46.476,96 €
5	68.055,54 €	47.638,88 €
6	69.756,93 €	48.829,85 €
7	71.500,85 €	50.050,60 €
8	73.288,38 €	51.301,86 €
9	75.120,58 €	52.584,41 €
10	76.998,60 €	53.899,02 €
11	78.923,56 €	55.246,49 €
12	80.896,65 €	56.627,66 €
13	82.919,07 €	58.043,35 €
14	84.992,05 €	59.494,43 €
15	87.116,85 €	60.981,79 €

## 11.4 Flujo de Caja

El flujo de caja (FCa) hace referencia a los flujos económicos de entrada y salida en un período dado en una empresa.

Se halla mediante la siguiente ecuación:

$$FC_a = B_{neto} + Amortizaciones$$

En la Tabla M.23 se muestran los resultados de los flujos de caja para un horizonte de 15 años.

*Tabla M.23. Flujo de caja.*

Horizonte (años)	Beneficio neto (€)	Amortizaciones (€)	FCa (€)
1	43.158,47 €	13.377,52 €	56.535,99 €
2	44.237,44 €	13.711,96 €	57.949,39 €
3	45.343,37 €	14.054,76 €	59.398,13 €
4	46.476,96 €	14.406,13 €	60.883,08 €
5	47.638,88 €	14.766,28 €	62.405,16 €
6	48.829,85 €	15.135,44 €	63.965,29 €
7	50.050,60 €	15.513,82 €	65.564,42 €
8	51.301,86 €	15.901,67 €	67.203,53 €
9	52.584,41 €	16.299,21 €	68.883,62 €
10	53.899,02 €	16.706,69 €	70.605,71 €
11	55.246,49 €	17.124,36 €	72.370,85 €
12	56.627,66 €	17.552,46 €	74.180,12 €
13	58.043,35 €	17.991,28 €	76.034,63 €
14	59.494,43 €	18.441,06 €	77.935,49 €
15	60.981,79 €	18.902,08 €	79.883,88 €

### 11.5 Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador de la rentabilidad de un proyecto. Pueden darse tres casos:

- VAN < 0: indica que un proyecto no es rentable en un determinado período de tiempo.
- VAN > 0: el proyecto es rentable, las ganancias superan a los costes
- VAN = 0: el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=15} \frac{FCa_n}{(1 + i_r)^n}$$

Siendo:

$I_0$ : inversión inicial

$n$ : período de tiempo (años).

$FCa_n$ : Flujo de Caja en un determinado año.

$i_r$ : tipo de interés nominal (se considera un valor de 1,30%).

En la Tabla M.24 se exponen los resultados obtenidos del VAN en un período de 15 años.

**Tabla M.24. Valor actual neto.**

Horizonte (años)	FCa (€)	VAN (€)
1	56.535,99 €	-583.771,02 €
2	57.949,39 €	-527.299,44 €
3	59.398,13 €	-470.158,89 €
4	60.883,08 €	-412.341,45 €
5	62.405,16 €	-353.839,11 €
6	63.965,29 €	-294.643,74 €
7	65.564,42 €	-234.747,15 €
8	67.203,53 €	-174.141,03 €
9	68.883,62 €	-112.816,96 €
10	70.605,71 €	-50.766,45 €
11	72.370,85 €	12.019,11 €
12	74.180,12 €	75.548,43 €
13	76.034,63 €	139.830,31 €
14	77.935,49 €	204.873,68 €
15	79.883,88 €	270.687,56 €

Analizando pues, los datos a 15 años, el proyecto es rentable ya que el valor del VAN en el 15º año es positivo, con un valor de **270.687,56 €**.

### 11.6 Tasa Interna de Rentabilidad

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) ofrece la tasa de rentabilidad de un proyecto con un determinado valor de inversión.

Se halla con la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=0}^{n=15} \frac{FCa_n}{(1 + TIR)^n}$$

Donde:

$I_0$ : inversión inicial

$n$ : período de tiempo (años).

$FC_n$ : Flujo de Caja en un determinado año.

De esta manera, se ha obtenido un valor del TIR de 6%, por lo el proyecto es viable económicamente.

### 11.7 Período de Retorno

El período de retorno (PR) es un parámetro que indica aproximadamente el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial de un proyecto. Se halla mediante la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio neto anual promedio}}$$

Teniendo en cuenta pues los parámetros necesarios para hallar el PR:

- Inversión inicial = 639.581,48 €.
- Beneficio neto anual promedio = 51.594,31 €

Se obtiene que el período de retorno es de **12 años y 146 días.**





**ANEXOS** |



## **ÍNDICE ANEXOS**

ANEXO N°1 CÁLCULOS

ANEXO N°2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO N°3 EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO N°4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

ANEXO N°5 GESTIÓN DE RESIDUOS DE OBRA

ANEXO N°6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



# **ANEXO N°1**

# **CÁLCULOS**

## ÍNDICE ANEXO N°1

1. Datos de partida .....	5
1.1 Características del agua. ....	5
2. Caudales de entrada y carga contaminante .....	7
2.1 Caudales de entrada a la planta.....	7
2.2 Carga contaminante a la entrada de la planta .....	9
3. Balances.....	10
3.1 Balances de materia .....	10
Balance biomasa al sistema: .....	10
Balance biomasa al decantador secundario: .....	12
Balance de materia al sustrato al sistema: .....	12
4. Dimensionamiento de los equipos .....	13
4.1 Datos de diseño.....	13
4.2 Cálculo del volumen del reactor a partir de distintos métodos.....	14
4.2.1 Cálculo del volumen del reactor a partir de las distintas zonas del reactor ...	14
Zona de nitrificación o aerobia.....	15
Zona de desnitrificación o anóxica.....	16
4.2.2 Cálculo del volumen del reactor a partir de las distintas zonas con nitrificación método del Metclaf.....	20
4.2.3 Método adoptado .....	27
4.2.4 Recirculación y caudal de fango en exceso .....	27
4.2.5 Volumen total y dimensiones .....	28
4.4 Cálculo de las necesidades de oxígeno.....	29
4.5 Dimensionamiento del decantador secundario .....	31
4.6 Diseño de las conducciones .....	34

4.6 Diseño bombas .....	39
4.6.1 Bomba para la recirculación .....	40
4.6.1 Bomba para la purga.....	41



## 1. Datos de partida

En el anexo n°1 se detallan las procedencias del agua que se trata en la planta, así como las características de las mismas.

### 1.1 Características del agua.

El agua que se trata en la EDAR está formada por aguas negras o urbanas y aguas procedentes de la industria agroalimentaria. En la tabla A1.1 se detallan las características de las aguas residuales urbanas para distintos grados de contaminación. En la tabla A1.2 se encuentran los datos correspondientes a la contaminación del agua industrial, en este caso procedente de una planta de embutidos.

*Tabla A1.1. Características de las aguas residuales urbanas (3).*

<b>Parámetro</b>	<b>C. Fuerte</b>	<b>C. Media</b>	<b>C. Ligera</b>
Sólidos totales	1.000	500	200
Volátiles	700	350	12
Fijos	300	150	80
Sólidos en suspensión	500	300	100
Volátiles	400	250	70
Fijo	100	50	30
Sólidos sedimentables	250	180	40
Volátiles	100	72	16
Fijos	150	108	24
Sólidos disueltos	500	200	100
Volátiles	300	100	50
Fijos	200	100	50
DBO <sub>5</sub> a 20°C	300	200	100
D.Q.O.	800	450	160
Oxígeno disuelto	0	0,1	0,2
Nitrógeno total (N)	86	50	25
Orgánico (N)	35	20	10
Amoníaco libre N-NH <sub>4</sub>	50	30	15
Nitritos N-NO <sub>2</sub>	0,10	0,05	0,00
Nitratos N-NO <sub>3</sub>	0,40	0,20	0,10
Fósforo total (P)	17	7	2
Cloruros	175	100	15
pH	6,9	6,9	6,9
Grasas	40	20	0
Valores en mg/l con excepción del pH.			

**Tabla A1.2. Características contaminantes del agua industrial.**

Parámetro	Contaminación
pH	6,89
DQO	522
DBO <sub>5</sub>	239
Nitrógeno total (N)	43
Fosforo total (P)	6
Valores en mg/l con excepción del pH.	

## 2. Caudales de entrada y carga contaminante

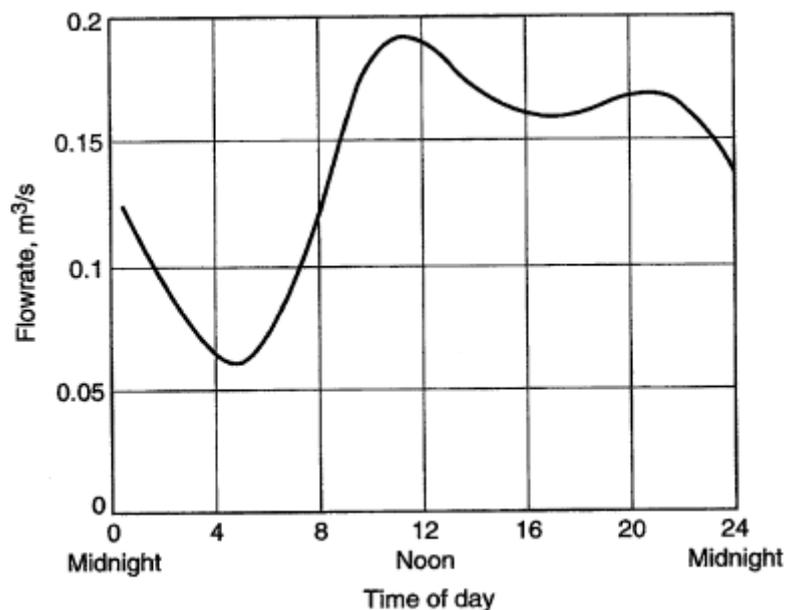
En este apartado se detallan los cálculos necesarios para el dimensionamiento del reactor biológico y del decantador secundario.

### 2.1 Caudales de entrada a la planta

A lo largo del día existe variaciones en el caudal de agua residual que llega a la planta, por ello se definen varios caudales, que se han de tener en cuenta para el dimensionamiento de las estaciones de aguas residuales, estos caudales son, caudal máximo, caudal mínimo, caudal punta y caudal medio.

#### Caudales punta y mínimo

Tanto el caudal mínimo como el máximo vienen dados por un gráfico, figura A1.1, en el que se representan las típicas variaciones de caudal durante 24 horas.



*Figura A1.1. Hidrograma (1).*

$$Q_{\text{máx.}} = 0,19 \text{ m}^3/\text{s} \cong 684 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{mín.}} = 0,06 \text{ m}^3/\text{s} \cong 216 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Caudal Medio

Para el cálculo del caudal medio se tiene en cuenta el número de habitantes a los que la planta provee el servicio, en este caso a 20.000 habitantes, y tomando los datos biográficos de las dotaciones de abastecimiento de agua (Tabla A1.3), para una población con esta cantidad de habitantes el consumo medio es de 250 l/hab./día.

**Tabla A1.3. Dotaciones de abastecimiento de agua (5).**

Población en nº de habitantes	(Do) Consumos urbanos en l/hab./día, según usos				
	Doméstico	Industria de la ciudad	Servicios municipales	Fugas de redes y varios	TOTAL
Hasta 1.000	60	5	10	25	100
1.000 a 6.000	70	30	25	25	150
6.000 a 12.000	90	50	35	25	200
12.000 a 50.000	110	70	35	25	250
50.000 a 250.000	125	100	50	25	300
Más de 250.000	165	150	60	25	400

A continuación se calculan los caudales medios de entrada de la planta, como ya se ha comentado, están formados por el caudal de aguas urbanas y el caudal de aguas industriales, este último correspondiente al 20% del caudal de agua urbana.

$$Q_m^u = D_0 \cdot n^{\circ} \text{ habitantes} = 250 \cdot 20000 = 5000000 \text{ l/día} = 5000 \text{ m}^3/\text{día} \cong 58 \text{ l/s} \quad (A1.1)$$

$$Q_m^i = Q_m^u \cdot 20\% = 5000 \cdot 0,20 = 1000 \text{ m}^3/\text{día} \quad (A1.2)$$

$$Q_m = Q_{\text{urbano}} + Q_{\text{industrial}} = 6000 \text{ m}^3/\text{día} \quad (A1.3)$$

Donde:

$Q_m^u$ : Caudal medio urbano.

$Q_m^i$ : Caudal medio industrial.

$Q_m$ : Caudal medio.

$D_0$ : Dotación de abastecimiento de agua para 20000 habitantes.

### Caudal punta

Para calcular el caudal punta se multiplica el caudal medio por el coeficiente de caudal punta,  $Q_p$ , para el caudal de aguas urbanas el valor que se utiliza es el coeficiente,  $C_p^u$ , que viene dado por la ecuación A2.4. En cuanto al coeficiente de punta de aguas residuales industriales,  $C_p^i$ , suele adoptarse un valor comprendido entre 2 y 3, por lo tanto en este caso consideraremos que es 2,5.

$$C_p^d = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m^u}} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{58}} = 1,82 \quad (A1.4)$$

En donde:

$C_p^d$ : Coeficiente de punta del caudal de aguas domésticas.

$Q_m^u$ : Caudal medio diario de aguas residuales domésticas en litros por segundo.

$$Q_p = C_p^u \cdot Q_m^u + C_p^i \cdot Q_m^i = 1,82 \cdot 5000 + 2,5 \cdot 1000 = 11600 \text{ m}^3/\text{día} \quad (A1.5)$$

### 2.2 Carga contaminante a la entrada de la planta

En la tabla A1.4 se detalla la carga contaminante del agua a la entrada de la planta. Para el cálculo de la carga contaminante a la entrada de la planta utilizaremos el balance que se detalla en la ecuación A1.6.

$$C_{\text{entrada}} = \frac{Q_{\text{urbano}}}{Q_{\text{total}}} \cdot C_{\text{urbana}} + \frac{Q_{\text{industrial}}}{Q_{\text{total}}} \cdot C_{\text{industrial}} \quad (A1.6)$$

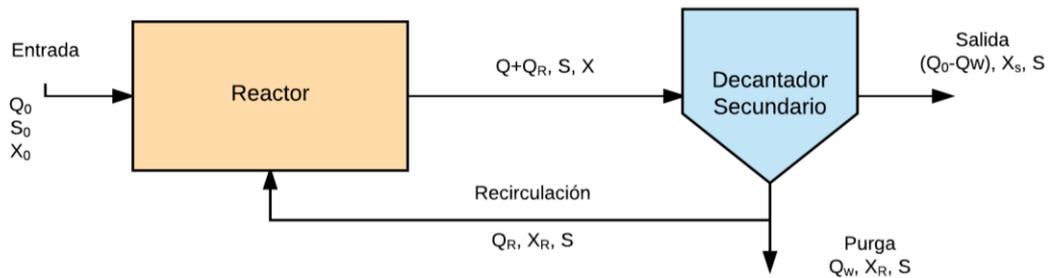
**Tabla A1.4. Carga contaminante.**

Parámetro	Contaminación urbana	Contaminación industrial	Contaminación entrada planta
pH	6,9	6,82	6,89
SS (mg/l)	300	824	387
DQO (mg/l)	450	884	522
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	200	592	265
Nitrógeno total (N) (mg/l)	50	10,6	43
Fósforo total (P) (mg/l)	7	1,5	6

### 3. Balances

#### 3.1 Balances de materia

Este apartado se centra en el desarrollo de los balances de materia necesarios para el diseño del tratamiento secundario. En la figura A1.2 se observa el diagrama de flujo del sistema y todas las variables que aparecerán en los balances.



**Figura A1.2. Diagrama de flujo del tratamiento secundario.**

Donde:

- $Q_0$ : Caudal de entrada al reactor ( $m^3/h$ ).
- $Q_R$ : Caudal recirculado ( $m^3/h$ ).
- $Q_w$ : Caudal purga de fango ( $m^3/h$ ).
- $X_0$ : Concentración de microorganismos a la entrada del reactor ( $g\ SSV/m^3$ ).
- $X$ : Concentración de microorganismos a la salida del reactor ( $g\ SSV/m^3$ ).
- $X_S$ : Concentración de microorganismos a la salida del decantador ( $g\ SSV/m^3$ ).
- $X_R$ : Concentración de microorganismos en la recirculación ( $g\ SSV/m^3$ ).
- $S_0$ : Concentración de sustrato en el afluente ( $g\ DBO_5/m^3$ ).
- $S$ : Concentración de sustrato en el efluente ( $g\ DBO_5/m^3$ ).

*Balance biomasa al sistema:*

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Crecimiento neto} \quad (A1.7)$$

$$\frac{\partial X}{\partial t} \cdot V_r = Q \cdot X_0 - [(Q_0 - Q_w) \cdot X_S + Q_w \cdot X_R] + r_g \cdot V_r \quad (A1.8)$$

Donde:

- $V_r$ : Volumen del reactor ( $m^3$ ).
- $r_g$ : Tasa neta de crecimiento bacteriano ( $g\ SSV/m^3$ ).

$$(Q_0 - Q_w) \cdot X_s + Q_w \cdot X_R = r_g' \cdot V_r \quad (A1.9)$$

Por definición:  $r_g' = -Y \cdot r_{su} - k_d \cdot X \quad (A1.10)$

Y: Coeficiente de producción máxima en la fase de crecimiento exponencial, relación entre la masa de células formada y la masa de substrato consumido (g SSV/g DBO<sub>5</sub> consumida).

$r_{su}$ : Tasa de utilización de substrato (g DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>·t)

$k_d$ : Coeficiente de descomposición endógena (h<sup>-1</sup>).

Sustituyendo las ecuaciones 2.4 en el balance de la ecuación 2.3:

$$(Q_0 - Q_w) \cdot X_s + Q_w \cdot X_R = V_r \cdot (-Y \cdot r_{su} - k_d \cdot X) \quad (A1.11)$$

$$\frac{(Q_0 - Q_w) \cdot X_s + Q_w \cdot X_R}{V_r \cdot X} = -Y \cdot \frac{r_{su}}{X} - k_d \quad (A1.12)$$

Definimos la edad del fango ( $\theta_c$ ) como:

$$\theta_c = \frac{V_r \cdot X}{(Q_0 - Q_w) \cdot X + Q_w \cdot X_R} \quad (A1.13)$$

Sustituyendo la ecuación 2.6 en el balance de la ecuación 2.5:

$$\frac{1}{\theta_c} = -Y \cdot \frac{r_{su}}{X} - k_d \quad (A1.14)$$

Por definición:

$$r_{su} = -\frac{k \cdot X \cdot S}{K_s + S} \quad (A1.15)$$

k: Tasa máxima de utilización del substrato por unidad de masa de microorganismos.

$K_s$ : Constante de velocidad mitad, concentración de substrato a la mitad de la máxima tasa de crecimiento, (g DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>).

Sustituyendo la ecuación A1.15 en el balance de la ecuación A1.14 llegamos a la ecuación A1.16:

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Y \cdot k \cdot S}{K_s + S} - k_d \quad (A1.16)$$

$$K_s + S = Y \cdot k \cdot S \cdot \theta_c - k_d \cdot \theta_c \cdot K_s - k_d \cdot \theta_c \cdot S \quad (A1.17)$$

$$K_s + k_d \cdot \theta_c \cdot K_s = (Y \cdot k \cdot \theta_c - k_d \cdot \theta_c - 1) \cdot S \quad (A1.18)$$

$$S = \frac{K_s \cdot (1 + k_d \cdot \theta_c)}{\theta_c \cdot (Y \cdot k - k_d) - 1} \quad (A1.19)$$

*Balance biomasa al decantador secundario:*

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Crecimiento neto} \quad (A1.7)$$

En este caso al igual que en el anterior se considera una acumulación nula debido al trabajo en estado estacionario, además al realizarse el balance sobre el decantador consideramos el crecimiento neto cero ya que en el decantador no hay crecimiento bacteriano.

$$(Q_0 - Q_R) \cdot X - (Q_0 - Q_W) \cdot X_S - (Q_W - Q_R) \cdot X_R = 0 \quad (A1.20)$$

*Balance de materia al sustrato al sistema:*

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} \quad (A1.7)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} \cdot V_r = Q_0 \cdot S_0 + Q_r \cdot S - Q_0 \cdot S - Q_r \cdot S + (-r_{su}) \cdot V_r \quad (A1.21)$$

$$Q_0 \cdot S_0 - Q_0 \cdot S + V_r \cdot (-r_{su})$$

Sabiendo que:

$$r_{su} = -\frac{k \cdot X \cdot S}{K_s + S} \quad (A1.22)$$

$$\theta = \frac{V_r}{Q_0} \quad (A1.23)$$

$\theta$ : Tiempo de retención hidráulica (días).

Se obtiene la siguiente expresión para el cálculo de la concentración de microorganismos:

$$X = \frac{\theta_c}{\theta} \cdot \frac{Y \cdot (S_0 - S)}{(1 + k_d \cdot \theta_c)} \quad (A1.24)$$

$$\theta = \frac{V_r}{Q_0} \quad (A1.23)$$

## 4. Dimensionamiento de los equipos

En los apartados que siguen, se van a realizar los cálculos de dimensionamiento de los equipos necesarios para la línea de tratamiento de la EDAR, así como la elección y justificación de éstos, partiendo de los datos de caudales hallados anteriormente y las ecuaciones obtenidas de los balances.

### 4.1 Datos de diseño

En la tabla A1.5 se detallan los datos del agua usados para realizar el diseño de los equipos necesarios.

*Tabla A1.5. Datos de diseño.*

<b>Datos iniciales</b>				
Población de diseño	20000	Habitantes		
Dotación	250	l/habitante/día		
<b>Caudales</b>				
Diario	6000	m <sup>3</sup> /día		
Medio horario	250	m <sup>3</sup> /h		
<b>Contaminación entrada reactor</b>	<b>Concentración</b>		<b>Carga total diaria</b>	
pH	6,19			
SS	348	mg/l	2088	kg/día
DQO	479	mg/l	2874	kg/día
DBO <sub>5</sub>	239	mg/l	1434	kg/día
Nitrógeno total (N)	39	mg/l	234	kg/día
Fósforo total (P)	5,4	mg/l	32,4	kg/día
<b>Contaminación salida</b>	<b>Concentración</b>		<b>Carga total diaria</b>	
SS	35	mg/l	210	kg/día
DQO	125	mg/l	750	kg/día
DBO <sub>5</sub>	25	mg/l	150	kg/día
Nitrógeno total (N)	15	mg/l	90	kg/día
Fósforo total (P)	2	mg/l	12	kg/día

Parámetros de diseño y consideraciones tomados para el diseño de los equipos:

- Temperatura:  $T = 15^{\circ}\text{C}$
- Altitud: 600m
- Profundidad del reactor: 5 m
- Profundidad inmersión de los difusores: 4,5 m
- Eficiencia difusores: 35%
- Oxígeno disuelto en el tanque:  $\text{OD} = 2 \text{ g/m}^3$
- Sólidos en suspensión en el licor mezcla:
  - $\text{MLSS} = 4000 \text{ mg/l}$
- Sólidos en suspensión volátiles en el licor mezcla, consideramos un 70% de los sólidos totales en el licor mezcla:
  - $\text{MLSSV} = 0,7 \cdot 4000 = 2800 \text{ mg/l}$
- Sólidos en suspensión biodegradables, consideramos un 65%.

## 4.2 Cálculo del volumen del reactor a partir de distintos métodos

Se va a realizar el cálculo del volumen del reactor mediante dos métodos, para después escoger el método más apropiado.

### 4.2.1 Cálculo del volumen del reactor a partir de las distintas zonas del reactor

Se ha seguido el procedimiento descrito en el *Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras*; ofrecido por el Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente, CEDEX, (9).

- Coeficientes cinéticos que se utilizan:
  - Coeficiente de crecimiento:  $Y = 1,3$
  - Coeficiente de mortandad:  $k_d = 0,06$
  - Nitrógeno en el efluente:  $\text{NO}_e = 13$
  - Coeficiente de mortandad de bacterias nitrificantes:  $K_{e,n} = 0,06$
  - Fracción de biomasa que permanece como células debrís:  $f_d = 0,15$
  - Coeficiente de mortandad:  $k_e = 0,12$
  - Crecimiento de fango en la nitrificación:  $Y_n = 0,12$

### Zona de nitrificación o aerobia

1. El volumen del reactor en la zona aerobia,  $V_{aerobia}$ , se calcula a partir de la ecuación:

$$V_{aerobia} = Y \cdot \theta_{c,aerobia} \cdot \frac{Q_0}{X} \cdot \frac{(S_0 - S)}{(1 + k_d \cdot \theta_{c,aerobia})} \quad (A1.24)$$

Donde:

Y: Coeficiente de producción de biomasa para heterótrofos (g SSV / g DBO)

$\theta_{c, aerobia}$ : Edad del fango en la zona aerobia (días)

$Q_0$ : Caudal de entrada (m<sup>3</sup>/día)

X: Sólidos en suspensión en el licor mezcla (g/m<sup>3</sup>)

$S_0$ : Concentración de sustrato limitante (g/m<sup>3</sup>)

S: Concentración de sustrato en el efluente (g/m<sup>3</sup>)

$k_d$ : Coeficiente de mortandad de los microorganismos

2. Edad del fango

$$\theta_{c,aerobia} = 25 \cdot 1,072^{12-T} \quad (A1.25)$$

Donde:

T: Temperatura de operación (°C)

Para la temperatura de 15°C:

$$\theta_{c,aerobia} = 25 \cdot 1,072^{12-15} = 20,29 \text{ días}$$

3. Cálculo de la DBO<sub>5</sub> en el efluente

$$DBO_{5\text{efluente}} = DBO_{5\text{soluble}} - DBO_{5\text{particulada}} \quad (A1.26)$$

$$DBO_{5\text{particulada}} = DBO_{5L} \cdot (1 - 10^{-k \cdot t}) \quad (A1.27)$$

Donde:

k: Constante de la cinética de reacción (días<sup>-1</sup>)

t: Tiempo (días)

Se considera la cinética de reacción de la DBO<sub>5</sub> es de primer orden, por tanto el valor de la constante de reacción es de 0,1 días<sup>-1</sup> y el tiempo de 5 días.

Para calcular la demanda bioquímica de oxígeno biodegradable soluble ( $DBO_{5L}$ ), se adoptan los siguientes datos legislativos:

- La concentración de sólidos en suspensión totales (SST) en el efluente debe ser como máximo de 35 mg/l.
- Los sólidos en suspensión biodegradables (SSB) debe ser del 65%.
- Se consumen 1,45g de oxígeno por cada gramo de célula.

$$DBO_{5L} = 35 \frac{mg\ SST}{l} \cdot 65 \frac{mg\ SSB}{100\ mg\ SST} \cdot 1,45 \frac{mg}{mg\ SSB} \approx 33\ mg/l \quad (A1.28)$$

Por lo tanto:

$$DBO_{5particulada} = 33 \cdot (1 - 10^{-0,1 \cdot 5}) = 22,56\ mg/l \quad (A1.27)$$

$$DBO_{5efluente} = 25 - 22,56 = 2,44\ mg/l \quad (A1.26)$$

Sustituyendo en la ecuación del volumen de la zona aerobia:

$$V_{aerobia} = 1,3 \cdot 20,29 \cdot \frac{6000}{4000} \cdot \frac{(239-2,44)}{(1+0,06 \cdot 20,29)} = 4221,23\ m^3 \quad (A1.24)$$

#### Zona de desnitrificación o anóxica

1. El volumen del reactor en la zona anóxica se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$V_{anóxica} = \frac{NO_3^- \text{ a reducir}}{kn \cdot Xv} \quad (A1.29)$$

Siendo:

$NO_3^-$  a reducir: nitratos a reducir presentes en el agua (kg/día)

kn: Coeficiente cinético de desnitrificación (días<sup>-1</sup>)

Xv: Concentración de sólidos volátiles en suspensión en el líquido mezcla (kg SSV/m<sup>3</sup>)

2. La cantidad de nitratos a reducir presentes en el agua se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$NO_3^- \text{ a reducir} = N_{nitrificable} - NO_3^- \text{ salida} \quad (A1.30)$$

Donde:

$$N_{nitrificable} = NKT_{entrada} - NKT_{salida} - N_{fango} \quad (A1.31)$$

Siendo:

$NKT_{entrada}$ : Nitrógeno Kjeldahl a la entrada (kg/día)

$NKT_{salida}$ : Nitrógeno Kjeldahl a la salida (kg/día)

$N_{fango}$ : Cantidad de nitrógeno eliminado con el fango (kg/día)

3. Nitratos a la salida:

$$NO_3^-_{salida} = NT_{salida} - NKT_{salida} \quad (A1.32)$$

Y por tanto:

$$NO_3^-_{reducir} = N_{nitrificable} - NO_3^-_{salida} = NKT_{entrada} - NKT_{salida} - N_{fango} - (NT_{salida} - NKT_{salida}) \quad (A1.33)$$

Considerar:

- El nitrógeno Kjeldahl a la entrada es igual al nitrógeno total a la entrada.
- El nitrógeno eliminado con el fango es un 5% de la DBO<sub>5</sub> eliminada.
- El nitrógeno total a la salida es igual a 15 mg/l.

$$NKT_{entrada} = 234 \text{ kg/día}$$

$$N_{fango} = 0,05 \cdot (239 - 2,44) = 11,83 \text{ mg/l} \equiv 70,97 \text{ kg/día} \quad (A1.34)$$

$$NKT_{salida} = 90 \text{ kg/día}$$

$$NO_3^-_{reducir} = 234 - 70,97 - 90 = 73,032 \text{ kg/día} \quad (A1.33)$$

4. Coeficiente cinético de desnitrificación:

$$kn = U_{DN} \cdot 1,04^{(T_{des}-20)} \quad (A1.35)$$

Donde:

kn: Coeficiente cinético de desnitrificación (días<sup>-1</sup>)

$U_{DN}$ : Tasa global de desnitrificación específica para el agua residual (días<sup>-1</sup>)

$T_{des}$ : Temperatura en la zona de desnitrificación (°C)

OD: Oxígeno disuelto en el agua residual (mg/l)

Considerar:

- La tasa global de desnitrificación específica es de 0,08 días<sup>-1</sup>.

- La temperatura en la zona de desnitrificación de 15°C.
- El oxígeno disuelto en el agua residual de 0,1 mg/l.

$$Kn = 0,08 \cdot 1,04^{(15-20)} = 0,0657 \text{ días}^{-1}$$

5. Volumen del reactor en la zona anóxica:

Considerar el valor de la concentración de sólidos volátiles en suspensión en el líquido mezcla de un 70%.

$$X_v = \frac{70}{100} \cdot X = 0,7 \cdot 4000 = 2800 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \equiv 2,8 \text{ kgSS/m}^3 \quad (\text{A1.36})$$

$$V_{\text{anóxica}} = \frac{73,032}{0,0657 \cdot 2,8} = 369,67 \text{ m}^3 \quad (\text{A1.29})$$

El volumen total del reactor será:

$$V_T = V_{\text{aerobia}} + V_{\text{anóxica}} = 4617,9 \text{ m}^3 \quad (\text{A1.37})$$

Donde:

$V_T$ : Volumen total del reactor ( $\text{m}^3$ ).

6. Cálculo de la producción de biomasa,  $M_{x,\text{bio}}$  (g/día)

$$7. \quad M_{x,\text{bio}} = \frac{Q_0 \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{1 + k_e \cdot \theta_{x,\text{aer}}} + \frac{f_d \cdot k_e \cdot Q_0 \cdot (S_0 - S) \cdot \theta_{x,\text{aer}}}{1 + k_e \cdot \theta_{x,\text{aer}}} + \frac{Q_0 \cdot Y_n \cdot \text{NO}_x}{1 + k_{e,n} \cdot \theta_{x,\text{aer}}} \quad (\text{A1.38})$$

Donde:

$Q_0$ : Caudal medio de entrada ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$Y$ : Producción de biomasa para heterótrofos (gSSV/gDBO)

$S_0$ : Concentración de sustrato limitante ( $\text{g/m}^3$ )

$S$ : Concentración de sustrato en el efluente ( $\text{g/m}^3$ )

$k_e$ : Coeficiente de mortandad (gSSV/gSSV·d)

$f_d$ : Fracción de biomasa que permanece como células debrisi (gSSV/g sustrato)

$Y_n$ : Crecimiento de fango en la nitrificación (gSSV/gNH<sub>4</sub>-N)

$\text{NO}_x$ : Concentración de NTK oxidable a nitrato ( $\text{g/m}^3$ )

$$\text{NO}_x = \text{NKT} - \text{NO}_e - \frac{0,12 \cdot M_{x,\text{bio}}}{Q_0} \quad (\text{A1.39})$$

Para el cálculo de la producción de biomasa realizaremos una pequeña iteración con las ecuaciones A4.15 y A4.17. Primero suponemos un valor para  $\text{NO}_x$  y con este calculamos  $M_{x,\text{bio}}$ . Con el valor de  $M_{x,\text{bio}}$  calculamos  $\text{NO}_x$ , y repetimos el

procedimiento hasta que el NO<sub>x</sub> supuesto sea igual al calculado. En la siguiente tabla se resumen las iteraciones realizadas.

**Tabla A1.6. Iteración para el cálculo de M<sub>x,bio</sub> y NO<sub>x</sub>.**

NO <sub>x</sub> supuesto (g/m <sup>3</sup> )	M <sub>x,bio</sub> calc. (g/día)	NO <sub>x</sub> calc. (g/m <sup>3</sup> )
25	696165,646	12,077
12,077	691969,777	12,161
12,161	691997,023	12,160
12,160	<b>691996,846</b>	<b>12,160</b>

$$M_{x,SST} = \frac{M_{x,bio}}{0,85} + Q_0 \cdot (SSV_{nb} + SST_i) \quad (A1.40)$$

$$M_{x,SST} = \frac{691996,846}{0,85} + 6000 \cdot (40,6 + 121,8) = 1788513,94 \text{ g/d}$$

Donde:

M<sub>x,SST</sub>: Fango total producido (g/día)

SST<sub>i</sub>: Sólidos en suspensión totales inertes en el influente (g/m<sup>3</sup>)

SSV<sub>nb</sub>: Sólidos en suspensión volátiles no biodegradables en el influente (g/m<sup>3</sup>)

$$SSV_{nb} = \left(1 - \frac{DQO_{bp}}{DQO_p}\right) \cdot SSV \quad (A1.41)$$

$$SSV_{nb} = \left(1 - \frac{239,5}{359,25}\right) \cdot 121,8 = 40,6 \text{ g/m}^3$$

$$SST_i = 35\% \cdot SST = 0,35 \cdot 348 = 121,8 \text{ g/m}^3 \quad (A1.42)$$

Donde:

DQO<sub>bp</sub>: Demanda química de oxígeno biodegradable particulada

DQO<sub>p</sub>: Demanda química de oxígeno particulada

$$DQO_{bp} = f_{bp} \cdot DQO = 0,5 \cdot 479 = 239,5 \text{ g/m}^3$$

$$DQO_p = (f_{bp} + f_{up}) \cdot DQO = (0,5 + 0,25) \cdot 479 = 359,25 \text{ g/m}^3$$

8. Carga másica,  $c_m$ :

$$c_m = \frac{Q_0 \cdot S_0}{V \cdot X} \quad (A1.43)$$
$$c_m = \frac{6000 \cdot 239}{4617,9 \cdot 4000} = 0,077 \text{ kg/kg} \cdot \text{día}$$

Donde:

$c_m$ : Carga másica

$Q_0$ : Caudal medio de entrada ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$S_0$ : Concentración de sustrato limitante ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

$X$ : Sólidos en suspensión en el licor mezcla ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

9. Tiempo de retención hidráulico:

$$\tau = \frac{V}{Q_0} \quad (A1.44)$$
$$\tau = \frac{4617,9}{250} = 18,47 \text{ h}$$

Donde:

$\tau$ : Tiempo de retención hidráulico

$Q_0$ : Caudal medio de entrada ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$V$ : Volumen total del reactor

#### 4.2.2 Cálculo del volumen del reactor a partir de las distintas zonas con nitrificación método del Metclaf

○ Coeficientes cinéticos que se utilizan:

- Coeficiente de crecimiento:  $Y = 0,4$
- Coeficiente de mortandad:  $k_d = 0,12 \text{ g/g} \cdot \text{día}$
- Nitrógeno en el efluente:  $\text{NO}_e = 13$
- Fracción de biomasa que permanece como células debrisi:  $f_d = 0,15$
- Crecimiento de fango en la nitrificación:  $Y_n = 0,12$
- Oxígeno disuelto en el tanque:  $\text{OD} = 2 \text{ g}/\text{m}^3$
- Tasa específica máxima de las bacterias nitrificantes:  $\mu_{n,m} = 0,75 \text{ g/g} \cdot \text{día}$
- Constante de velocidad mitad:  $K_n = 0,74 \text{ g}/\text{m}^3$
- Coeficiente de descomposición de las bacterias nitrificantes:  $k_{dn} = 0,08 \text{ g/g} \cdot \text{día}$

- Coeficiente de inhibición de oxígeno:  $K_O = 0,5 \text{ g/m}^3$
- Tasa específica máxima de crecimiento:  $\mu_m = 6 \text{ g/g}\cdot\text{día}$
- Constante de velocidad mitad:  $K_s = 20 \text{ g/m}^3$

1. Cálculo de la tasa específica de bacterias nitrificantes,  $\mu_n$ :

$$\mu_n = \left( \frac{\mu_{n,m} \cdot N_e}{K_n + N_e} \right) \cdot \left( \frac{DO}{K_O + DO} \right) - k_{dn} \quad (A1.45)$$

Donde:

$\mu_n$ : Tasa específica de bacterias nitrificantes (g/g·día).

$N_e$ : = Nitrógeno en el efluente (g/m<sup>3</sup>).

$K_n$ : Constante de velocidad mitad.

$\mu_{nm}$ : Tasa máxima del crecimiento específico de las bacterias nitrificantes.

$K_O$ : Cociente de inhibición de oxígeno (g/m<sup>3</sup>).

DO: oxígeno disuelto en el tanque (g/m<sup>3</sup>).

$k_{dn}$ : Coeficiente de descomposición de los organismos nitrificantes.

Cálculo de los coeficientes a 15°C, a partir de los coeficientes a 20°C y sus factores de corrección:

a.  $\mu_{n,m,15^\circ\text{C}} = 0,75 \cdot 1,07^{15-20} = 0,5347 \text{ g/g} \cdot \text{día}$

b.  $K_{n,15^\circ\text{C}} = 0,74 \cdot 1,053^{15-20} = 0,5716 \text{ g/m}^3$

c.  $k_{dn,15^\circ\text{C}} = 0,08 \cdot 1,04^{15-20} = 0,0657 \text{ g/g} \cdot \text{día}$

$$\mu_n = \left( \frac{0,5347 \cdot 1}{0,5716 + 1} \right) \cdot \left( \frac{2}{0,5 + 2} \right) - 0,0657 = 0,206 \text{ g/g} \cdot \text{día} \quad (A1.45)$$

2. Determinación de la edad del fango,  $\theta_{x,aer}$ :

a.  $\theta_{x,teórico}$

$$\theta_{x,teórico} = \frac{1}{\mu_n} = \frac{1}{0,206} = 4,84 \text{ días} \quad (A1.46)$$

Donde:

$\theta_{x,teórico}$ : Edad del fango teórica (días)

b. Edad del fango de diseño:

La edad del fango de diseño se encuentra entre 2 a 20 veces la edad del fango mínima, por lo que se utiliza un factor de seguridad, FS = 3.

$$\theta_{x,aer} = 3 \cdot 4,84 = 14,52 \text{ días} \approx 15 \text{ días} \quad (A1.47)$$

Donde:

$\theta_{x,aer}$ : edad del fango aerobia (días)

### 3. Producción de biomasa

$$P_{x,bio} = \frac{Q_0 \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{1 + k_e \cdot \theta_{x,aer}} + \frac{f_d \cdot k_e \cdot Q_0 \cdot Y \cdot (S_0 - S) \cdot \theta_{x,aer}}{1 + k_e \cdot \theta_{x,aer}} + \frac{Q_0 \cdot Y_n \cdot NO_x}{1 + k_{dn} \cdot \theta_{x,aer}} \quad (A1.48)$$

Donde:

$Q_0$ : Caudal medio de entrada ( $m^3/día$ )

$Y$ : Producción de biomasa para heterótrofos (gSSV/gDBO)

$S_0$ : Concentración de sustrato limitante ( $g/m^3$ )

$S$ : Concentración de sustrato en el efluente ( $g/m^3$ )

$k_e$ : Coeficiente de mortandad (gSSV/gSSV·d)

$f_d$ : Fracción de biomasa que permanece como células debrís (gSSV/g sustrato)

$Y_n$ : Crecimiento de fango en la nitrificación (gSSV/gNH<sub>4</sub>-N)

$NO_x$ : Concentración de NTK oxidable a nitrato ( $g/m^3$ )

$$S = \frac{K_s [1 + k_d \cdot \theta_{x,aer}]}{\theta_{x,aer} (\mu_m - k_d) - 1} = \frac{20 \cdot [1 + 0,099 \cdot 15]}{15 \cdot (4,28 - 0,099) - 1} = 0,804 \text{ gDQO}_b/m^3 \quad (A1.49)$$

$$k_{d15} = 0,12 \cdot 1,04^{(15-20)} = 0,099$$

$$\mu_{m15} = 6 \cdot 1,07^{(15-20)} = 4,28$$

Donde:

$K_s$ : Constante de velocidad mitad, concentración de sustrato a la mitad de la máxima tasa de crecimiento, (g DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>).

$\mu_m$ : Máxima tasa específica de crecimiento de bacterias (gSSV/gSSV·d)

Se asume que  $NO_x$  (nitrógeno oxidado a nitrato) es aproximadamente el 80% del NKT.

$$NO_x = 0,8 \cdot 31,2 = 24,96 \text{ g/m}^3 \quad (A1.50)$$

NKT: Nitrógeno total Kjeldahl (mg/l), el 80% del nitrógeno total.

$$\begin{aligned}
 P_{x,bio} &= \frac{6000 \cdot 0,4 \cdot (239 - 0,804)}{1 + 0,099 \cdot 15} \cdot 10^{-3} \\
 &+ \frac{0,15 \cdot 0,099 \cdot 6000 \cdot 0,4 \cdot (239 - 0,804) \cdot 15}{1 + 0,099 \cdot 15} 10^{-3} \\
 &+ \frac{6000 \cdot 0,12 \cdot 24,96}{1 + 0,0657 \cdot 15} 10^{-3} = 230,56 + 51,16 + 9,05 \\
 &= 290,77 \text{ kg SSV/día}
 \end{aligned}$$

4. Nitrógeno oxidado a nitrato

$$\begin{aligned}
 NO_x &= TKN - N_e - 0,12 \cdot \frac{P_{x,bio}}{Q_0} = 31,2 - 13 - 0,12 \cdot \frac{290,77}{6000} \cdot 10^3 = \\
 &12,38 \text{ g/m}^3 \quad (A1.51)
 \end{aligned}$$

Donde:

$N_e$ : Nitrógeno en el efluente ( $\text{g/m}^3$ ).

5. Concentración y masa de los SSV y los SST

a. Concentración de los SSV y los SST

$$\begin{aligned}
 \text{i. } P_{x,SSV} &= 290,77 + Q_0 \cdot SSV_{nb} = 290,77 + 6000 \cdot 40,6 \cdot 10^{-3} = \\
 &290,77 + 243,6 = 534,37 \text{ kg/día} \quad (A1.52)
 \end{aligned}$$

Donde:

$P_{x,SSV}$ : desechos netos de lodo activado por día ( $\text{kg/día}$ )

$SSV_{nb}$ : sólidos suspendidos volátiles no biodegradables ( $\text{kg/m}^3$ )

$$SSV_{nb} = \left(1 - \frac{DQO_{bp}}{DQO_p}\right) \cdot SSV = \left(1 - \frac{239,5}{359,25}\right) \cdot 121,8 = 40,6 \text{ g/m}^3 \quad (A1.53)$$

$$SSV = 35\% \cdot SST = 0,35 \cdot 348 = 121,8 \text{ g/m}^3 \quad (A1.54)$$

Donde:

$DQO_{bp}$ : Demanda química de oxígeno biodegradable particulada

$DQO_p$ : Demanda química de oxígeno particulada

$$DQO_{bp} = f_{bp} \cdot DQO = 0,5 \cdot 479 = 239,5 \text{ g/m}^3 \quad (A1.55)$$

$$DQO_p = (f_{bp} + f_{up}) \cdot DQO = (0,5 + 0,25) \cdot 479 = 359,25 \text{ g/m}^3 \quad (A1.56)$$

$$\text{ii. } P_{x,SST} = \frac{290,77}{0,85} + 243,6 + Q_0(SST_0 - SSV_0) = 342,08 + 243,6 + 6000 \cdot (348 - 121,8) \cdot 10^{-3} = 1942,8 \text{ kg/día} \quad (A1.57)$$

Donde:

$P_{x,SST}$ : Producción de sólidos (kg/día)

b. Masa de los SSV y los SST

i. Masa MLSSV

$$X_{SSV} \cdot V = P_{x,SSV} \cdot \theta_{x,aer} = 8015,63 \text{ kg} \quad (A1.58)$$

ii. Masa MLSS

$$X_{SST} \cdot V = P_{x,SST} \cdot \theta_{x,aer} = 29143,33 \text{ kg} \quad (A1.59)$$

6. Volumen aerobio

$$V \cdot X_{SST} = 29143,33 \text{ kg}$$

Para MLSS = 4000 g/m<sup>3</sup>:

$$V_{aer} = \frac{29143,33}{4000} \cdot 10^3 = 7285,83 \text{ m}^3 \quad (A1.60)$$

Donde:

$V_{aer}$ : Volumen tanque aireación (m<sup>3</sup>)

a. Tiempo de retención:

$$\tau_{aer} = \frac{V}{Q_0} = \frac{7285,83}{6000} \cdot 24 = 29,14 \text{ horas} \quad (A1.61)$$

Donde:

$\tau_{aer}$ : Tiempo de retención hidráulica en la zona aerobia (h)

b. Determinación de MLSSV:

$$\text{Fracción SSV} = \frac{8015,63}{29143,33} = 0,275 \quad (A1.62)$$

$$MLSSV = 0,275 \cdot 4000 = 1100,17 \text{ g/m}^3 \quad (A1.63)$$

7. Cálculo de F/M y carga volumétrica de DBO:

$$\text{a. } F/M = \frac{Q_0 \cdot S_0}{MLSSV \cdot V} = \frac{6000 \cdot 239}{1100,17 \cdot 7285,83} = 0,179 \text{ g/g} \cdot \text{día} \quad (A1.64)$$

$$\text{b. } L_{org} = \frac{Q_0 \cdot S_0}{V} = \frac{6000 \cdot 239}{7285,83} = 196,82 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{día} \quad (A1.65)$$

8. Concentración de biomasa

$$X_b = \left[ \frac{Q_0 \cdot \theta_{x,aer}}{V_{aer}} \right] \cdot \left[ \frac{Y \cdot (S_0 - S)}{1 + k_d \cdot \theta_{x,aer}} \right] \quad (A1.66)$$

$$X_b = \left[ \frac{6000 \cdot 15}{7285,83} \right] \cdot \left[ \frac{0,4 \cdot (239 - 0,804)}{1 + 0,099 \cdot 15} \right] = 474,68 \text{ g/m}^3$$

#### 9. Recirculación

Consideramos que la concentración de microorganismos en el efluente es nula y la concentración de microorganismos en la corriente de recirculación es de 9000 mg/l.

$$(Q_0 + Q_r) \cdot X = Q_r \cdot X_r \quad (A1.67)$$

$$Q_r = \frac{X \cdot Q_0}{X_r - X} = \frac{4000 \cdot 6000}{9000 - 4000} = 4800 \text{ m}^3/\text{día} \equiv 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

$Q_r$ : Caudal de recirculación ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$X_r$ : Concentración de la corriente de recirculación ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

#### 10. Cantidad de $\text{NO}_3 - \text{N}$ alimentado al tanque

$$\text{Flujo al tanque anóxico} = 6000 + 4800 = 10800 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{NO}_e = 13 \text{ g/m}^3$$

$$\text{NO}_x = 10800 \cdot 13 = 64800 \text{ g/día} \quad (A1.68)$$

#### 11. Volumen anóxico

$$\text{Para } \tau_{anox} = 2,5 \text{ horas} \equiv 0,104 \text{ días}$$

$$V_{anox} = \tau_{anox} \cdot Q_0 = 0,104 \cdot 6000 = 625 \text{ m}^3 \quad (A1.69)$$

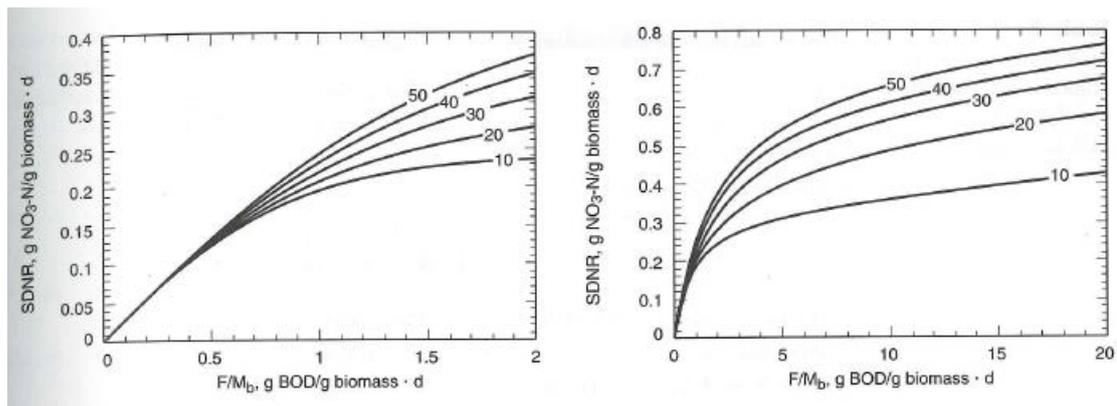
#### 12. Determinación de $F/M_b$

$$F/M_b = \frac{Q_0 \cdot S_0}{V_{anox} \cdot X_b} = \frac{6000 \cdot 239}{625 \cdot 474,68} = 4,83 \text{ g/g} \cdot \text{día} \quad (A1.70)$$

#### 13. Determinación SDRN

Se considera un 10% rbDQO

Se determinará la tasa específica de desnitrificación a partir de la gráfica de la figura A1.3.



**Figura A1.3. Gráfica de la tasa específica de desnitrificación.**

$$SDRN_{20^{\circ}\text{C}} = 0,28 \text{ g/g} \cdot \text{día}$$

$$SDRN_{20^{\circ}\text{C}} = 0,28 \text{ g/g} \cdot \text{m}^3$$

$$SDRN_{15^{\circ}\text{C}} = 0,28 \cdot 1,026^{15-20} = 0,246 \text{ g/g} \cdot \text{día}$$

14.  $\text{NO}_3 - \text{N}$  que puede reducirse

$$NO_r = V_{anox} \cdot SDNR \cdot X_{b,anox} = 625 \cdot 0,246 \cdot 474,68 = 73063,5 \text{ g/día} \quad (\text{A1.71})$$

Comparando el valor de  $\text{NO}_x$  y el de  $\text{NO}_r$  se puede utilizar un tiempo de retención menor ya que la capacidad de desnitrificación es mayor que el nitrógeno alimentado.

Donde:

$\text{NO}_r$ : Capacidad de desnitrificación (kg/día)

a. Nuevo tiempo de retención

Para  $\tau_{anox} = 2 \text{ horas} \equiv 0,083 \text{ días}$

$$V_{anox} = \tau_{anox} \cdot Q_0 = 0,083 \cdot 6000 = 500 \text{ m}^3 \quad (\text{A1.69})$$

b. Nuevo SDRN

$$F/M_b = \frac{Q_0 \cdot S_0}{V_{anox} \cdot X_b} = \frac{6000 \cdot 239}{500 \cdot 474,68} = 6,04 \text{ g/g} \cdot \text{día} \quad (\text{A1.70})$$

$$SDRN_{20^{\circ}\text{C}} = 0,32 \text{ g/g} \cdot \text{día}$$

$$SDRN_{15^{\circ}\text{C}} = 0,32 \cdot 1,026^{15-20} = 0,28 \text{ g/g} \cdot \text{día}$$

c. Determinación de  $\text{NO}_r$

$$NO_r = V_{anox} \cdot SDNR \cdot X_{b,anox} = 500 \cdot 0,8 \cdot 474,68 = 66800,9 \text{ g/día} \quad (\text{A1.71})$$

$$\text{Ratio de capacidad} = \frac{66800,9}{64800} = 1,03 \quad (\text{A1.72})$$

Por lo que  $\tau = 2 \text{ horas}$  es aceptable.

15. Volumen total

$$V_T = 7285,83 + 500 = 7785,83 \text{ m}^3 \quad (A1.73)$$

4.2.3 Método adoptado

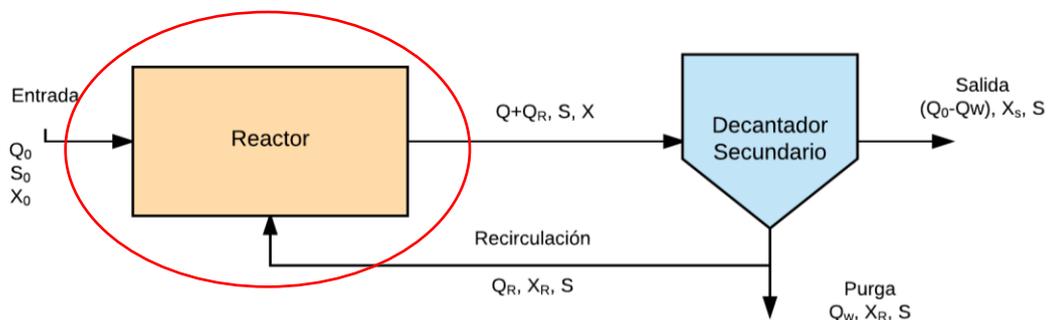
Comparando los volúmenes obtenidos en ambos métodos (Tabla A1.8), vemos una diferencia de aproximadamente 3200 m<sup>3</sup>. Dada la disparidad que se obtiene a partir de los distintos métodos, se decidió visitar una EDAR real con un reactor biológico de aireación prolongada y condiciones de diseño similares. Por lo que se ha optado por el obtenido mediante el método del CEDEX, ya que se asemeja más a una explotación real en funcionamiento.

**Tabla A1.7. Comparación volúmenes obtenidos.**

CEDEX	Metcalf
<b>V<sub>T</sub> = 4617,9 m<sup>3</sup></b>	V <sub>T</sub> = 7785,83 m <sup>3</sup>

4.2.4 Recirculación y caudal de fango en exceso

A partir del esquema del tratamiento biológico para un proceso de aireación prolongada, (Figura A1.4), se aplica un balance al reactor biológico, tal y como se muestra en la figura siguiente:



**Figura A1.4. Balance al reactor biológico.**

Aplicando un balance de masa de microorganismos en la zona señalada de la Figura A4.2, se obtiene la siguiente expresión:

$$(Q_0 + Q_r) \cdot X = Q_r \cdot X_r + Q_0 \cdot X_r \quad (A1.74)$$

Consideramos que la concentración de microorganismos en el efluente es nula y la concentración de microorganismos en la corriente de recirculación en de 9000 mg/l.

$$(Q_0 + Q_r) \cdot X = Q_r \cdot X_r \quad (A1.75)$$

$$Q_r = \frac{X \cdot Q_0}{X_r - X} = \frac{4000 \cdot 6000}{9000 - 4000} = 4800 \text{ m}^3/\text{día} \equiv 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

$Q_r$ : Caudal de recirculación ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$X_r$ : Concentración de la corriente de recirculación ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$$Q_w = \frac{V_{aer}}{\theta_{x,aer}} \quad (A1.76)$$

$$Q_w = \frac{4221,23}{20,29} = 208,05 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

$Q_w$ : Caudal de fango en exceso ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$V_{aer}$ : Volumen aeróbio ( $\text{m}^3$ )

$\theta_{x,aer}$ : Edad del fango (días)

#### 4.2.5 Volumen total y dimensiones

$$V_T = 4617,9 \text{ m}^3$$

$$\text{Ancho} = 21 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 51 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad calado del agua} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad tanque} = 6\text{m}$$

$$V_{\text{real útil}} = 4882 \text{ m}^3$$

#### 4.4 Cálculo de las necesidades de oxígeno

1. Calcular la demanda de O<sub>2</sub>:

$$R_0 = Q_0 \cdot (S_0 - S) - 1,42 \cdot M_{x,bio} + 4,57 \cdot Q_0 \cdot NO_x \quad (A1.77)$$

$$\begin{aligned} R_0 &= 6000 \cdot (239 - 2,44) - 1,42 \cdot 695,867 + 4,57 \cdot 6000 \cdot 24,083 \\ &= 1091,58 \text{ Kg/día} \equiv 45,48 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Donde:

R<sub>0</sub>: Oxígeno total requerido (kg/día)

2. Diseño aireación con burbuja fina, determinación del flujo de aire:

Determinación del SORT usando  $\alpha = 0,5$ ,  $\beta = 0,95$  y el factor de incrustación en los difusores,  $F = 0,9$

$$SOTR = \frac{OTR_f}{\alpha F} \cdot \frac{C_{\infty 20}^*}{\beta \cdot \frac{C_{s10}}{C_{s20}} \cdot \frac{P_b}{P_s} \cdot C_{\infty 20}^* - C_L} \cdot (1,024)^{20-T} \quad (A1.78)$$

$$\begin{aligned} SOTR &= \frac{68,7975}{0,5 \cdot 0,9} \cdot \frac{10,3923}{0,95 \cdot \frac{11,27}{9,09} \cdot 0,9414 \cdot 10,3923 - 2} \cdot (1,024)^{20-15} \\ &= 123,345 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

Donde:

SOTR: Capacidad de transferencia estándar de oxígeno (kg/h)

OTR<sub>f</sub>: Capacidad real de transferencia de oxígeno (kg/h)

$\alpha$ : Constante de transferencia relativa en agua limpia

$\beta$ : Constante relativa de saturación del oxígeno disuelto en agua limpia (entre 0,95-0,98)

$C_{s15}^*$ : Saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar y temperatura de operación, 15°C (mg/l)

$C_{s20}^*$ : Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C (mg/l)

$C_{\infty 20}^*$ : Valor de saturación del oxígeno disuelto al nivel del mar a 20°C para la aireación de difusores (mg/l)

Determinación de la concentración de oxígeno a 20°C, teniendo en cuenta la profundidad a la que se encuentran los difusores

Profundidad del tanque: 5 m

Profundidad difusores: 5 - 0,5 = 4,5 m

$$C_{\infty 20}^* = C_{s 20}^* \cdot \left[ 1 + d_e \cdot \frac{D_f}{P_a} \right] \quad (A1.79)$$

$$C_{\infty 20}^* = 9,09 \cdot \left[ 1 + 0,4 \cdot \frac{4,5}{10,33} \right] = 10,674 \text{ g/m}^3$$

Donde:

P<sub>a</sub>: Presión estándar al nivel del mar (760mm y 10,33m)

P<sub>b</sub>: Presión en la planta basándose en la elevación de esta (m)

D<sub>f</sub>: Profundidad de los difusores en el tanque (m)

C: Oxígeno disuelto operativo en el tanque (mg/l)

T: Temperatura del tanque de aireación (°C)

d<sub>e</sub>: Factor de corrección de profundidad media, entre 0,25-0,45

Determinar la presión relativa a una altura de 500m para corregir la concentración de oxígeno disuelto por altitud.

$$\frac{P_b}{P_a} = e^{-\frac{g \cdot M \cdot (z_b - z_a)}{R \cdot T}} \quad (A1.80)$$

$$\frac{P_b}{P_a} = e^{-\frac{9,81 \cdot 28,97 \cdot (500 - 0)}{8314 \cdot 288}} = 0,9423$$

Donde:

g: Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

M: Peso molecular del aire (kg/kmol)

z<sub>b</sub>: Elevación a la que se encuentra la planta (m)

z<sub>a</sub>: Elevación del nivel del mar (m)

R: Constante de los gases ideales (J/kmol·K)

T: Temperatura (K)

P<sub>b</sub>: Presión a la elevación de la planta (N/m<sup>2</sup>)

P<sub>a</sub>: Presión a la elevación del nivel del mar (N/m<sup>2</sup>)

3. Determinación del caudal de aire:

$$Q_{aire} = \frac{SOTR}{E \cdot \frac{60 \text{ min}}{h} \cdot \frac{\text{Kg } O_2}{m^3 \text{ aire}}} \quad (A1.81)$$
$$Q_{aire} = \frac{123,345}{0,35 \cdot \frac{60 \text{ min}}{h} \cdot 0,27} = 21,75 \text{ m}^3/\text{min}$$

Donde:

$Q_{aire}$ : Caudal de aire ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

E: Eficiencia de los difusores

$\text{Kg } O_2/\text{m}^3 \text{ aire}$ : Cantidad de oxígeno por  $\text{m}^3$  de aire

4. Cálculo del número de difusores

$$n^{\circ} \text{ difusores} = \frac{Q_{aire}}{\text{capacidad difusor}} \quad (A1.82)$$
$$n^{\circ} \text{ difusores} = \frac{21,75 \cdot 60}{3} = 435$$

Donde:

Capacidad difusor: Caudal de aire con el que opera cada difusor ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

Se colocaran dos zonas de aireación, repartiendo los difusores y formando dos líneas de aireación.

5. Soplantes

Se instalarán 3 equipos de soplantes, una por cada línea de aireación y otra de reserva (2+R).

6. Conducciones de aire

En las conducciones de aire se mantendrá una velocidad del fluido constante, por lo que las conducciones tendrán un diámetro externo e interno de 250 y 227,5 respectivamente del tipo PE-100 SDR17.

#### 4.5 Dimensionamiento del decantador secundario

Como tratamos un caudal muy grande la decantación se realizará en dos líneas, diseñando así dos decantadores iguales, cada uno tratará la mitad del caudal.

1. Cálculo de la superficie

$$A = \frac{\left(\frac{Q_0 + Q_r}{2}\right)}{V_{asc}} \quad (A1.83)$$

$$A = \frac{281,25}{0,7} = 401,786 \text{ m}^2$$

Donde:

A: Área superficial ( $\text{m}^2$ )

$V_{\text{asc}}$ : Velocidad ascensional ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ), tomaremos 0,7 ya que es el valor habitual para reactores de aireación prolongada.

Sacamos el diámetro y recalculamos el área real,  $A_{\text{real}}$ .

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{401786 \cdot 4}{\pi}} = 22,618 \text{ m} \approx 23 \text{ m} \quad (\text{A1.84})$$

$$A_{\text{real}} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{23^2}{4} = 415,476 \text{ m}^2 \quad (\text{A1.85})$$

## 2. Comprobación de la carga de sólidos

$$C_{\text{sol}} = \frac{X \cdot \left(\frac{Q_0 + Q_r}{2}\right)}{\text{superficie real}} \quad (\text{A1.86})$$

$$C_{\text{sol}} = \frac{4 \cdot 281,25}{415,476} = 3,385 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{h} < 4,2 \text{ Válido}$$

Donde:

$C_{\text{sol}}$ : Carga de sólidos ( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ )

La carga de sólidos ha de ser menor de  $4,2 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ .

## 3. Cálculo del volumen

$$V_d = t_R \cdot \left(\frac{Q_0 + Q_r}{2}\right) \quad (\text{A1.87})$$

$$V_d = 3,6 \cdot 281,25 = 1012,5 \text{ m}^3$$

$$h_d \geq \frac{V_d}{\text{superficie real}} \quad (\text{A1.88})$$

$$h_d \geq \frac{1012,5}{415,476} = 2,437 \text{ m} < 3 \text{ m No Válido}$$

Como la altura del decantador es menor de 3 metros, tomamos 3 m como la altura del decantador, y recalculamos el volumen real:

$$V_{\text{real}} = 3 \cdot 415,476 = 1246,427 \text{ m}^3$$

Donde:

$t_R$ : Tiempo de retención (h), tiene que ser mayor de 3,6h

$h_d$ : Altura del sedimentador (m), debe ser mayor de 3m

4. Comprobación de la carga sobre vertedero

$$C_{vert} = \frac{\left(\frac{Q_0 + Q_r}{2}\right)}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r} \quad (A1.89)$$
$$C_{vert} = \frac{281,25}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{23}{2}} = 1,95 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{ml}$$

Donde:

$C_{vert}$ : Carga sobre vertedero ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{ml}$ ), debe ser menor de 4

5. Longitud de vertedero

$$L_{vert} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D}{2} \quad (A1.90)$$
$$L_{vert} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{23}{2} = 72,26 \text{ m}$$

Donde:

$L_{vert}$ : Longitud del vertedero

6. Dimensionamiento de la zona de entrada

$$\frac{d}{D_d} = 0,1$$
$$d = 2,3 \text{ m}$$

Donde:

$D_d$ : Diámetro decantador (m)

$d$ : Diámetro del cilindro (m)

$$\frac{h_1}{h_d} = 0,4$$
$$h_1 = 1,2 \text{ m}$$

$h_1$ : Altura del cilindro desde el borde superior del decantador (m)

$h_d$ : Altura del decantador (m)

7. Barrederas de fangos

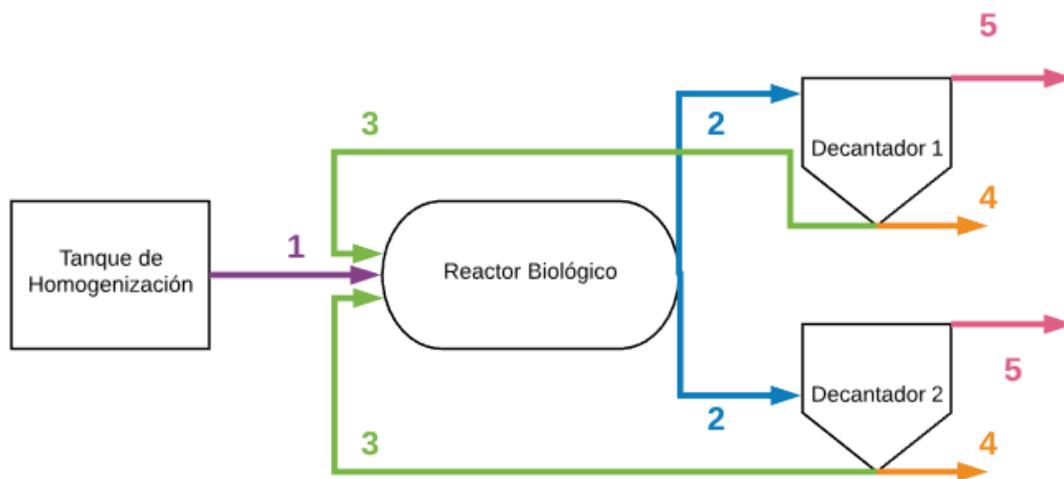
$$v_r = 0,6 \text{ m/min}$$

$v_r$ : Velocidad lineal de las barrederas de fondo en decantadores

Las inclinaciones de fondo en dichas rasquetas suele ser: 2 – 8%, tomaremos una inclinación del 4%.

#### 4.6 Diseño de las conducciones

Según la norma UNE-EN 1519, sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación de aguas residuales (a baja y alta temperatura), se elegirán las tuberías de PE (polietileno). Para las conducciones de aguas residuales utilizamos tuberías PE-100 fabricadas según la normas UNE-EN 13244. En la figura A1.5 podemos ver un diagrama de las conducciones y en tabla A1.8 el resumen de las conducciones.



*Figura A1.5. Esquema Conducciones.*

*Tabla A1.8. Conducciones.*

CONDUCCIÓN	NÚMERO
Entrada reactor	1
Salida reactor	2
Recirculación	3
Purga	4
Salida Decantador	5

Para el cálculo del diámetro de las conducciones, se tendrá en cuenta la velocidad a la que circula el agua en cada uno de los tramos a partir de la ecuación A4.45.

$$S = \frac{Q}{v} \quad (A1.91)$$

Donde:

S: Sección del tubo (m<sup>3</sup>)

Q: Caudal de agua que circula por la conducción (m/s)

v: Velocidad a la que circula el fluido por la conducción (m/s)

Posteriormente se calculará el valor supuesto del diámetro interior de la conducción a posteriormente a partir de los datos del fabricante se escogerá el diámetro más adecuado, y se recalculará la velocidad. En la tabla A1.10 se recogen los diámetros de las conducciones.

**Tabla A1.9. Diametros de las conducciones.**

Tramo	Q (m <sup>3</sup> /s)	v (m/s)	D <sub>ext</sub> (mm)	D <sub>int</sub> (mm)
Entrada reactor (1)	0,0694	1,1	315	285,2
Salida reactor (2)	0,0625	0,078	315	258,2
Salida decantador (5)	0,0335	0,81	250	227,5

Para las conducciones que fluyan por gravedad se aplicará el balance de energía mecánica (A4.46) y por la diferencia del nivel en los tanques se resuelve el balance obteniendo así la altura a la que estos se encuentran.

$$h = (z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left( \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} + \Delta F_t \right) \quad (A1.92)$$

Donde:

z<sub>2</sub>: altura del punto final de impulsión (m).

z<sub>1</sub>: altura del punto de aspiración de la conducción (m).

g = 9,81m/s<sup>2</sup>

P<sub>2</sub>: presión en el punto final de impulsión (Pa).

P<sub>1</sub>: presión en el punto de aspiración de la conducción (Pa).

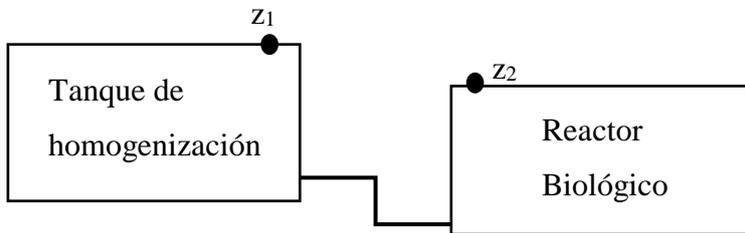
$v_2$ : velocidad del agua en el punto final de impulsión (m/s).

$v_1$ : velocidad del agua en el punto de aspiración de la conducción (m/s).

$\Delta F_T$ : pérdida de carga total (J/kg).

$h$ : carga total del sistema (m).

**Conducción Entrada Reactor (1):**



*Figura A1.6. Puntos en los que se aplica el balance.*

$$Q_0 = 0,0694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,2852 \text{ m}$$

$$v = 1,1 \text{ m/s}$$

Cálculo de las pérdidas de carga:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_{acc} \quad (A1.93)$$

$$\Delta F = 0,54 + 1,87 = 2,41 \text{ J/kg}$$

Donde:

$\Delta F$ : Pérdida de carga en el sistema.

$\Delta F_r$ : Pérdida de carga en tramos rectos.

$\Delta F_{acc}$ : Pérdida de carga en los accidentes.

La ecuación requerida para el cálculo de la pérdida de carga en tramos rectos es:

$$\Delta F_r = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D} \quad (A1.94)$$

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,003925 \cdot 1,1^2 \cdot \frac{15}{0,2852} = 0,54 \text{ J/kg}$$

Donde:

$f$ : factor de Fanning, depende del número de Reynolds y de la rugosidad de la tubería (gráfica de Moody).

$D$ : diámetro de la conducción (m).

$L$ : longitud total de tuberías de tramo recto (m).

$v$ : la velocidad media a lo largo de la conducción (m/s).

Y para el cálculo de la pérdida de carga de los accidentes:

$$\Delta F_{acc} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2} \quad (A1.95)$$

$$\Delta F_{acc} = (0,5 + 1 + 2 \cdot 0,75 + 0,17) \cdot \frac{1,1^2}{2} = 1,87 \text{ J/kg}$$

Siendo:

$K$ : coeficiente de pérdida de carga en accidentes.

$v$ : la velocidad media a lo largo de la conducción (m/s)

El balance de energía queda:

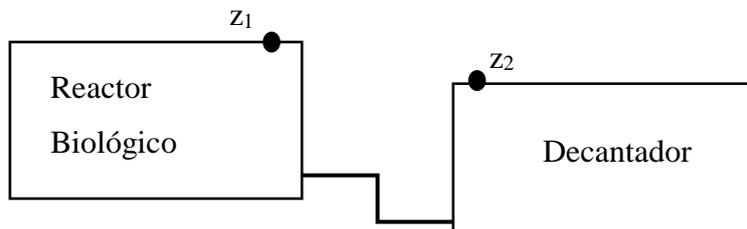
$$0 = (z_2 - z_1) \cdot g + \Delta F_t \quad (A1.92)$$

Suponiendo que el tanque de homogenización ( $z_1$ ) se encuentra a 2 metros:

$$0 = (z_2 - 2) \cdot 9,81 + 2,36$$

$$z_2 = 1,75 \text{ m}$$

### Conducción Reactor-Decantador (2):



*Figura A1.7. Puntos en los que se aplica el balance.*

$$Q_0 = 0,0625 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,2852 \text{ m}$$

$$v = 0,98 \text{ m/s}$$

Cálculo de las pérdidas de carga:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_{acc} \quad (A1.93)$$

$$\Delta F = 0,25 + 1,52 = 1,77 \text{ J/kg}$$

Tramo recto:

$$\Delta F_r = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D} \quad (A1.94)$$

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,00375 \cdot 0,98^2 \cdot \frac{10}{0,2852} = 0,25 \text{ J/kg}$$

Accidentes:

$$\Delta F_{acc} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2} \quad (A1.95)$$

$$\Delta F_{acc} = (0,5 + 1 + 2 \cdot 0,75 + 0,17) \cdot \frac{0,98^2}{2} = 1,52 \text{ J/kg}$$

Balance de energía:

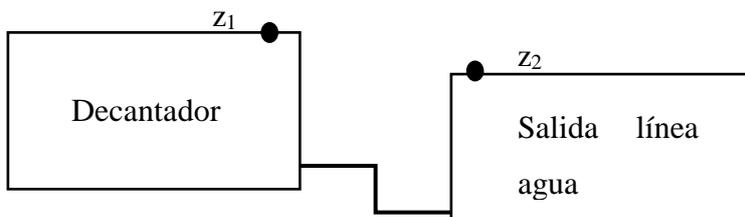
$$0 = (z_2 - z_1) \cdot g + \Delta F_t \quad (A1.92)$$

Conociendo la altura del reactor biológico ( $z_1 = 1,75\text{m}$ ):

$$0 = (z_2 - 1,75) \cdot 9,81 + 1,77$$

$$z_2 = 1,57 \text{ m}$$

**Conducción Salida Decantador (5):**



*Figura A1.8. Puntos en los que se aplica el balance.*

$$Q_0 = 0,0335 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,2275 \text{ m}$$

$$v = 0,81 \text{ m/s}$$

Cálculo de las pérdidas de carga:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_{acc} \quad (A1.93)$$

$$\Delta F = 0,24 + 1,05 = 1,29 \text{ J/kg}$$

Tramo recto:

$$\Delta F_r = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D} \quad (A1.94)$$

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,004175 \cdot 0,81^2 \cdot \frac{10}{0,2275} = 0,24 \text{ J/kg}$$

Accidentes:

$$\Delta F_{acc} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2} \quad (A1.95)$$

$$\Delta F_{acc} = (0,5 + 1 + 2 \cdot 0,75 + 0,17) \cdot \frac{0,81^2}{2} = 1,05 \text{ J/kg}$$

Balance de energía:

$$0 = (z_2 - z_1) \cdot g + \Delta F_t \quad (A1.92)$$

Conociendo la altura del decantador ( $z_1 = 1,57\text{m}$ ):

$$0 = (z_2 - 1,57) \cdot 9,81 + 1,29$$

$$z_2 = 1,44 \text{ m}$$

## 4.6 Diseño bombas

Para dimensionar las bombas de extracción de fangos, se realizará un balance de energía.

Para el cálculo de la potencia de la bomba se realizará un Balance de energía desde el punto de aspiración hasta el final del tramo, utilizando la ecuación A4.46.

$$h_b = (z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left( \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} + \Delta F_t \right) \quad (A1.92)$$

Para el cálculo de pérdida de carga, se utilizará la siguiente ecuación:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_{acc} \quad (A1.93)$$

Donde:

$\Delta F_r$ : Pérdida de carga en tramos rectos.

$\Delta F_{acc}$ : Pérdida de carga en los accidentes.

La ecuación requerida para el cálculo de la pérdida de carga en tramos rectos es:

$$\Delta F_r = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D} \quad (A1.94)$$

Donde:

$f$ : factor de Fanning, depende del número de Reynolds y de la rugosidad de la tubería (gráfica de Moody).

$D$ : diámetro de la conducción (m).

$L$ : longitud total de tuberías de tramo recto (m).

$v$ : la velocidad media a lo largo de la conducción (m/s).

Y para el cálculo de la pérdida de carga de los accidentes:

$$\Delta F_{acc} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2} \quad (A1.95)$$

Siendo:

$K$ : coeficiente de pérdida de carga en accidentes.

$v$ : la velocidad media a lo largo de la conducción (m/s)

Una vez hallada la carga total del sistema, se calcula la potencia que debe recibir el fluido para poder circular a través de la conducción mediante la ecuación A4.50:

$$P = \frac{h_b \cdot g \cdot m}{\eta} \quad (A1.96)$$

Siendo:

$P$ : potencia que debe recibir el fluido (W).

$h$ : carga total del sistema (m).

$m$ : caudal másico (kg/s).

$\eta$ : rendimiento de la bomba (suponemos un 85%).

#### 4.6.1 Bomba para la recirculación

Los datos de los que se dispone para el diseño de la bomba de recirculación son los siguientes:

$$z_1 = 1,57 \text{ m}$$

$$z_2 = 1,75 \text{ m}$$

$$Q_r/2 = 0,0278 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,182 \text{ m}$$

$$v = 1,07$$

Cálculo de número de Reynolds:

$$Re = \frac{4 \cdot Q \cdot \rho}{\mu \cdot \pi \cdot D} = \frac{4 \cdot 0,0278 \cdot 1000}{10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,182} = 194483,84 \quad (A1.97)$$

$$f = 0,004125$$

Pérdidas de carga:

$$\Delta F = 3,63 + 2,244 = 5,874 \text{ J/kg}$$

Tramo recto:

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,004125 \cdot 1,07^2 \cdot \frac{70}{0,182} = 3,63 \text{ J/kg}$$

Accidentes:

$$\Delta F_{acc} = \sum 3 \cdot 0,75 + 0,17 + 0,5 + 1 \cdot \frac{1,07^2}{2} = 2,244 \text{ J/kg}$$

Balance de energía:

$$h_b = (1,75 - 1,57) + \frac{5,874}{9,81} = 0,78 \text{ m}$$

Potencia de la bomba:

-  $m = 27,28 \text{ kg/s}$

-  $\eta = 0,65$

$$P = \frac{0,78 \cdot 9,81 \cdot 27,28}{0,65} = 321,14 \text{ W}$$

#### 4.6.1 Bomba para la purga

Los datos de los que se dispone para el diseño de la bomba del fango en exceso son los siguientes:

$$z_1 = 1,57 \text{ m}$$

$$z_2 = 1,75 \text{ m}$$

$$Q_r/2 = 0,0012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,0438 \text{ m}$$

$$v = 0,8$$

Cálculo de número de Reynolds:

$$Re = \frac{4 \cdot Q \cdot \rho}{\mu \cdot \pi \cdot D} = \frac{4 \cdot 0,0012 \cdot 1000}{10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,0438} = 34883,27$$

$$f = 0,0055$$

Pérdidas de carga:

$$\Delta F = 1,23 + 0,774 = 2,004 \text{ J/kg}$$

Tramo recto:

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,0012 \cdot 0,8^2 \cdot \frac{35}{0,0438} = 1,23 \text{ J/kg}$$

Accidentes:

$$\Delta F_{acc} = \sum 3 \cdot 0,75 + 0,17 \cdot \frac{0,8^2}{2} = 0,774 \text{ J/kg}$$

Balance de energía:

$$h_b = (1,75 - 1,57) + \frac{2,004}{9,81} = 0,384 \text{ m}$$

Potencia de la bomba:

- $m = 1,2 \text{ kg/s}$
- $\eta = 0,65$

$$P = \frac{0,78 \cdot 9,81 \cdot 1,2}{0,65} = 14,13 \text{ W}$$





**ANEXO N°2**  
**ESTUDIO DE**  
**SEGURIDAD Y**  
**SALUD**



## ÍNDICE ANEXO N°2

1. Memoria.....	7
1.1 Objeto de este estudio.....	7
1.2 Características de las obras.....	7
1.2.1 Descripción de la obra.....	7
1.3 Interferencias y servicios afectados.....	7
1.4 Presupuesto de las obras.....	7
1.5 Plazo de ejecución.....	8
1.6 Numero de operarios.....	8
1.7 Descripción.....	8
1.7.1 Fases de la obra de interés a la prevención.....	8
1.7.2 Medidas auxiliares.....	9
1.7.3 Maquinaria prevista.....	9
1.8 Riesgos profesionales.....	9
1.8.1 Movimiento de tierras.....	9
1.8.2 Colocación tuberías.....	9
1.8.3 Cimentaciones.....	10
1.8.4 Encofrados.....	10
1.8.5 Ferrallado.....	11
1.8.6 Hormigonado.....	11
1.8.7 Montaje de prefabricados.....	11
1.8.8 Cerramiento y albañilería.....	12
1.8.9 Cubiertas.....	12
1.8.11 Solados.....	12
1.8.12 Carpintería metálica.....	12
1.8.13 Pintura y barnizado.....	13

1.8.14 Instalaciones eléctricas provisionales en obra .....	13
1.9 Medios de protección colectiva .....	13
1.9.1 Señalización general .....	13
1.9.2 Movimiento de tierras.....	14
1.9.3 Estructura y cerramiento.....	14
1.9.4 Instalaciones de fuerza y alumbrado .....	14
1.9.5 Protección contra incendios.....	15
1.10 Medios de protección personal .....	15
1.10.1 Protección de la cabeza.....	15
1.10.2 Protección del cuerpo .....	15
1.10.3 Protección extremidades superiores .....	15
6.1.10.4 Protección extremidades inferiores .....	15
1.11 Prevención de daños a terceros.....	16
1.12 Medicina preventiva y primeros auxilios .....	16
1.12.1 Botiquines.....	16
1.12.2 Asistencia a accidentados .....	16
1.12.3 Reconocimiento médico .....	16
1.13 Formación de seguridad e higiene .....	16
1.14 Libro de incidencias.....	16
2. Pliego de prescripciones técnicas particulares.....	18
2.1 Disposiciones legales de aplicación .....	18
2.2 Condiciones de los medios de protección.....	19
3.2.1 Protecciones personales.....	19
2.2.2 Normas o medidas preventivas colectivas.....	19
2.3 Servicios de prevención.....	39
2.3.1 Servicio técnico de seguridad y salud.....	39

2.3.2 Servicio médico .....	39
2.4 Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. ....	39
2.5 Obligaciones de los contratistas y las subcontratas .....	40
2.6 Obligaciones de los trabajadores autónomos.....	41
2.7 Instalaciones médicas .....	42
2.8 Instalaciones de higiene y bienestar .....	42
2.9 Paralización de los trabajos .....	42



## **1. Memoria**

### **1.1 Objeto de este estudio**

Este estudio de seguridad y salud establece, durante la ejecución de la obra “diseño y dimensionamiento” las directrices básicas en el campo de prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra según establece el Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

### **1.2 Características de las obras**

#### *1.2.1 Descripción de la obra*

La obra proyectada son las instalaciones de un “Tratamiento secundario de aguas residuales urbanas”, que consiste en las siguientes etapas:

- Movimiento de tierras: desbroce y explanación de la parcela.
- Obra civil de los depósitos.
- Obra civil e instalación de tuberías exteriores que componen la línea de tratamiento.
- Obra civil de la caseta aislada e insonorizada.
- Instalación eléctrica y fontanería.
- Instalación de equipos.
- Automatización.
- Puesta en marcha y corrección de errores.

La descripción de cada uno de estos procesos viene detallada en la Memoria del presente proyecto.

### **1.3 Interferencias y servicios afectados**

Antes del comienzo de la obra se comprobarán los servicios que pudieran verse afectados por la obra (agua, teléfono, gas, alcantarillado...) para adoptar las medidas precisas ante cualquier eventualidad.

### **1.4 Presupuesto de las obras**

El presupuesto base de licitación viene en la memoria del presente proyecto.

## **1.5 Plazo de ejecución**

El plazo de ejecución de las obras es de 6,5 meses de construcción más 1,5 de prueba, en total 8 meses. El plan de obra queda reseñado igualmente en este anteproyecto, remitiéndose a este para adoptar, en cada una de las unidades de ejecución que se reseñen a continuación como de posible riesgo, las medidas preventivas de seguridad y salud.

## **1.6 Numero de operarios**

Estimación de mano de obra en punta de ejecución: 10 operarios.

## **1.7 Descripción**

### *1.7.1 Fases de la obra de interés a la prevención.*

Según se desprende de la descripción de las obras, las fases de las obras que son de interés en la prevención:

- Movimientos de tierras, vaciados: Las excavaciones se realizarán con el sobreancho que sea necesario en cada caso y dejando siempre el talud natural.
- Excavaciones en zanja para tuberías: para la instalación de red de tuberías, pertenecientes a la línea de agua, red de pluviales y demás excavaciones en zanja que se pudieran ejecutar. Al igual que en las excavaciones de vaciado, se adoptarán los sobreanchos que sean necesarios en cada caso, dejando el talud natural.
- Encofrados.
- Ferrallado: comprende el armado de los distintos elementos que componen el edificio y el armado de todas las cimentaciones de todos los edificios y depósitos y en general, en cualquier tipo de trabajo que suponga la manipulación de ferralla.
- Hormigonado: Puesta en obra del hormigón en cualquier elemento, en particular en cada uno de los procesos que componen la línea de agua.
- Cerramiento y albañilería: el edificio de las soplantes del filtro de arena, es de una planta baja, por lo que se tendrán en cuenta las medidas de seguridad necesarias.
- Cubiertas: las cubiertas son inclinadas no transitables.
- Instalaciones de fuerza y alumbrado: se incluye en esta fase la instalación provisional de obra, para dar servicio a las casetas de obra y maquinaria.

### *1.7.2 Medidas auxiliares*

Según se desprende de las fases de obra mencionadas, los medios auxiliares a utilizar y que pueden ser objeto de estudio de seguridad, son los siguientes:

- Andamios.
- Plataforma de soldador en altura.
- Escalera de mano.
- Puntales.

### *1.7.3 Maquinaria prevista*

- Maquinaria para el movimiento de tierras.
- Camión de transporte.
- Camión grúa.
- Camiones hormigonera.
- Dobladora mecánica de ferralla.
- Rodillo vibrante autopropulsado.

## **1.8 Riesgos profesionales**

### *1.8.1 Movimiento de tierras*

- Desplome de tierras.
- Desprendimiento de tierras por alteración del corte por exposición a la intemperie durante largo tiempo.
- Desprendimiento de tierras por soportes próximos al borde de la excavación.
- Atropello, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para el movimiento de tierra.
- Caída de personas, maquinaria u objetos desde el borde de coronación de la excavación.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Interferencias con conducciones de agua enterradas.
- Interferencias con conducciones de energía eléctrica.

### *1.8.2 Colocación tuberías*

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.

- Desplome de los paramentos de la zanja.
- Atropellos y colisiones.
- Atropello de personas.
- Vuelcos del camión.

### *1.8.3 Cimentaciones*

Las cimentaciones superficiales se realizarán mediante losa de hormigón o zapatas. Los riesgos se pueden producir durante el vaciado y durante la manipulación de hormigón, ferralla y encofrados.

- Desplome de tierras.
- Desplazamiento de la coronación de los taludes.
- Desplome de tierras (o rocas) por filtraciones.
- Desplome de tierras por bolos ocultos.
- Desplome de tierras por sobrecarga de los bordes de coronación de los taludes.
- Desprendimiento de tierras por alteración del corte por exposición a la intemperie durante largo tiempo.
- Desprendimiento de tierras por afloramiento del nivel freático.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caída de personas desde el borde de la coronación.
- Interferencia por conducciones de agua enterradas.
- Caída de personas al mismo nivel.

### *1.8.4 Encofrados*

- Desprendimientos por mal apilado.
- Caída del encofrado durante los trabajos de encofrado o durante las maniobras de izado a las plantas.
- Caída de los encofradores en los trabajos de encofrado.
- Caída de personas al trabajar o caminar sobre los fondillos de las vigas, o por el borde o huecos del forjado.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Cortes al utilizar la sierra de mano o circular.
- Golpes en las manos durante la clavazón.

- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Electrocutión por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctrica.

#### *1.8.5 Ferrallado*

- Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero.
- Aplastamiento durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.
- Tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

#### *1.8.6 Hormigonado*

- Caída de personas y/u objetos al mismo nivel.
- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel.
- Hundimiento de encofrados.
- Rotura o reventón de encofrados.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Pisadas sobre superficies de tránsito.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos)
- Fallo de entibaciones.
- Corrimientos de tierras.
- Atrapamientos.
- Electrocutión. Contactos eléctricos.

#### *1.8.7 Montaje de prefabricados*

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas.
- Atrapamientos durante maniobras de ubicación.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de persona a distinto nivel.
- Vuelco de piezas prefabricadas.
- Desplome de piezas prefabricadas.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.

- Cortes o golpes por manejo de máquinas o herramientas.
- Aplastamientos de manos o pies al recibir piezas.
- Los derivados de la realización de trabajos bajo régimen de fuertes vientos.

#### *1.8.8 Cerramiento y albañilería*

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Golpes contra objetos.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Dermatitis por contactos.
- Partículas en los ojos.
- Sobreesfuerzos.
- Electrocuación.

#### *1.8.9 Cubiertas*

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos a niveles inferiores.

#### *1.8.11 Solados*

- Caídas al mismo nivel.
- Cortes por manejo de elementos con aristas o bordes cortantes.
- Afecciones reumáticas por humedad en las rodillas.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Caídas a distinto nivel.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos con la energía eléctrica.

#### *1.8.12 Carpintería metálica*

- Caídas al mismo nivel.
- Caída a distinto nivel.
- Caídas al vacío (carpintería en fachada).

- Cortes por manejo de máquinas herramientas manuales.
- Cortes y golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamiento entre objetos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Caídas de elementos de carpintería metálica sobre personas o cosas.
- Los derivados de los medios auxiliares a utilizar.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.

#### *1.8.13 Pintura y barnizado*

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al vacío (pintura de fachadas y asimilables).
- Cuerpos extraños en los ojos (gotas de pintura, motas de pigmentos)
- Contacto con sustancias corrosivas.
- Los derivados de la rotura fortuita de las mangueras de los compresores.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.

#### *1.8.14 Instalaciones eléctricas provisionales en obra*

- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Los derivados de caída de tensión por sobrecarga.
- Mal funcionamiento de los mecanismos de protección.
- Mal comportamiento de las tomas de tierra.

### **1.9 Medios de protección colectiva**

Las normas de seguridad y las características concretas de los medios de protección a adoptar en cada una de las fases que pueden ser objeto de prevención se desarrollan detalladamente en el Pliego de Condiciones.

#### *1.9.1 Señalización general*

- Señales de STOP en salidas de vehículos

- Obligatorio uso de casco, cinturón de seguridad, gafas, mascarilla, protectores auditivos, botas y guantes.
- Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a distinto nivel, maquinaria pesada en movimiento, cargas suspendidas, incendio y explosiones.
- Entrada y salida de vehículos.
- Pórtico limitación de galibo en pasos bajo líneas eléctricas aéreas.
- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra
- Prohibido encender fuego, prohibido fumar y prohibido aparcar, en zona de obras.
- Señal informativa de localización de botiquín y de extintor.
- Cinta de balizamiento.

#### *1.9.2 Movimiento de tierras*

Se señalizará mediante una línea (en yeso, cal, etc.) la distancia de seguridad mínima de aproximación, 2 m, al borde del vaciado.

La coronación de taludes del vaciado a las que deben acceder las personas, se protegerán mediante una barandilla, cuyas características vienen definidas en el Pliego de Condiciones.

Se instalará una barrera de seguridad (valla, barandilla, acera, etc.) de protección del acceso peatonal al fondo de la excavación, separada de la superficie dedicada al tránsito de vehículos.

#### *1.9.3 Estructura y cerramiento*

- Mallazo resistente en huecos horizontales.
- Barandillas rígidas en borde de forjado.
- Plataformas voladas para retirar elementos de encofrado.
- Castilletes de hormigonado.
- Carro porta-botellas.
- Válvulas antirretroceso en mangueras.
- Se utilizarán andamios sobre borriquetes o tubulares, de 60 cm de ancho con barandilla.

#### *1.9.4 Instalaciones de fuerza y alumbrado*

- Conductor de protección y pica o placa de puesta a tierra.

- Interruptores diferenciales de 30mA. de sensibilidad para alumbrado y de 300mA. para fuerza.

#### *1.9.5 Protección contra incendios*

Se emplearán extintores portátiles, situados de forma visible en zonas accesibles de la obra.

### **1.10 Medios de protección personal**

#### *1.10.1 Protección de la cabeza*

- Cascos: Para todas las personas que trabajan en la obra, incluidos visitantes.
- Gafas contra impactos y antipolvo.
- Mascarillas antipolvo.
- Filtros para mascarilla.
- Pantalla contra proyección de partículas.
- Protectores auditivos.

#### *1.10.2 Protección del cuerpo*

- Cinturón de seguridad, cuya clase se adaptará a los riesgos específicos de cada trabajo.
- Cinturón antivibratorio.
- Monos: Se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo Provincial.
- Trajes de agua: se prevé un acopio en obra.
- Mandil de cuero.

#### *1.10.3 Protección extremidades superiores*

- Guantes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado.
- Guantes de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos.
- Guantes dieléctricos para su utilización en baja tensión.
- Equipo de soldador.

#### *6.1.10.4 Protección extremidades inferiores*

- Botas de agua, de acuerdo con MT.27.
- Botas de seguridad, clase III.

### **1.11 Prevención de daños a terceros**

- Se prevé el cercado con valla, incluso puertas de acceso de personal y vehículos, en aquellos casos en que sea necesario.
- Se señalizará la obra convenientemente, quedando prohibida la entrada a toda persona ajena a la obra.

### **1.12 Medicina preventiva y primeros auxilios**

#### *1.12.1 Botiquines*

Se dispondrá de dos botiquines conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

#### *1.12.2 Asistencia a accidentados*

Se dispondrá en lugares visibles listas con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de asistencia.

#### *1.12.3 Reconocimiento médico*

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, pasará un reconocimiento médico previo al trabajo y que será repetido en el periodo de un año.

### **1.13 Formación de seguridad e higiene**

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que estos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá adoptar.

### **1.14 Libro de incidencias**

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de Seguridad y Salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado habilitado al efecto.

El libro de incidencias será facilitado por:

- a) El colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de Seguridad y Salud.
- b) La Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones Públicas.

El libro de incidencias, que deberá mantener siempre en la obra, estará en poder del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. A dicho libro tendrán acceso la dirección facultativa de la obra, los Contratistas y los Subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de Administraciones Públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con fines que al libro se le reconocen.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el Coordinador en materia de seguridad y salud, durante la ejecución de la obra, estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

## **2. Pliego de prescripciones técnicas particulares**

### **2.1 Disposiciones legales de aplicación**

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre. Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, del 17 de Enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Estatuto de los Trabajadores.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas en Seguridad y Salud.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OM 9-3-71) (BOE 16-3-71).
- Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (OM 9-3-71) (BOE 11.3.71).
- Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71, 11-3-71) (BOE 16-3-71).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la Construcción (OM 20-5-52) (BOE 15-6-52).
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (OM 21-11-59) (BOE 27-11-59).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (OM 28-8-70) (BOE 5/7/8/9-9-70).
- Homologación de medios de protección personal de los trabajadores (OM17-5-74) (BOE 29-5-74).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (OM 20-9-73) (BOE 9-10-73).
- Reglamento de aparatos elevadores para obras (OM 23-5-77) (BOE 14-6-77).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad e Higiene y Medicina del Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.
- Reglamento de Seguridad en las máquinas (26-5-86) (BOE 21-7-86).
- LEY 54/2003, de 12 de Diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

## **2.2 Condiciones de los medios de protección**

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente), será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holgura o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

### *3.2.1 Protecciones personales*

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación del Ministerio de Trabajo (OM 17-5-74) (BOE 29-5-74), siempre que exista en el mercado.

En los casos en que no exista Norma de Homologación Oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

### *2.2.2 Normas o medidas preventivas colectivas*

#### *2.2.2.1 Fases de la obra*

##### *2.2.2.1.1 Vaciados*

La coronación de taludes del vaciado a las que deben acceder las personas se protegerán mediante una barandilla de 90 cm de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié, situadas a dos metros como mínimo del borde de coronación del talud (como norma general).

Se prohíbe realizar cualquier trabajo al pie de taludes inestables.

Como norma general, habrá que entibar los taludes que cumplan cualquiera de las siguientes condiciones expuestas en la tabla 6.1:

**Tabla 6.1. Condiciones para cuando entibar taludes.**

<b>Pendiente</b>	<b>Tipo de terreno</b>
1	Terrenos movedizos, desmontables
0,5	Terrenos blandos pero resistentes
1/3	Terrenos muy compactos

La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 metros para vehículos ligeros, y de 4 metros para vehículos pesados.

Se desmochará el borde superior del corte vertical en bisel, con pendiente 1/1, 1/2 ó 1/3, según el tipo de terreno, estableciéndose la distancia mínima de seguridad de aproximación al borde, a partir del corte superior del bisel. (En este caso como norma general será de 2 m. más la longitud de la proyección en planta del corte inclinado).

#### 2.2.2.1.2 Zanjas

El acceso y salida de una zanja se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en el borde superior de la zanja y estará apoyada en una superficie sólida de reparto de cargas. La escalera sobrepasará un metro del borde de la zanja.

Quedan prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia inferior a los 2,00 m como norma general, del borde de la zanja.

Cuando la profundidad de una zanja sea igual o superior a los 2 m. se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria (pasamanos, listón intermedio y rodapié) situada a una distancia mínima de 2 m.

Cuando la profundidad sea inferior a los 2 m se instalará una señalización de peligro, con vallas y/o cordón de balizamiento, o bien con una línea de cal o yeso situada a dos metros del borde de la zanja y paralela a la misma.

#### 2.2.2.1.3 Encofrados

El ascenso y descenso del personal a los encofrados se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán listones sobre los fondos de madera de las losas de escalera para permitir un más seguro tránsito en esta fase y evitar deslizamientos.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de aquellas losas horizontales para impedir la caída al vacío de las personas.

Se esmerará el orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.

Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante un barrido y apilado en lugar conocido para su posterior retirada.

Se instalarán las señales correspondientes de peligro.

El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas realizándose siempre desde el lado del que no puede desprenderse la madera, es decir, desde el ya desencofrado.

No se debe encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caídas desde altura mediante la rectificación de la situación de las redes.

No se debe pisar directamente sobre las sopandas. Se tenderán tableros que actúen de "caminos seguros" y se circulará sujetos a cables de circulación con el cinturón de seguridad.

El empresario garantizará a la Dirección Facultativa que el trabajador es apto o no para el trabajo de encofrador, o para el trabajo en altura.

Antes del vertido del hormigón, el Comité de Seguridad y en su caso, el

Vigilante de Seguridad, comprobará en compañía del técnico cualificado, la buena estabilidad del conjunto.

#### 2.2.2.1.4 Ferrallado

El transporte aéreo de paquetes de armaduras mediante grúa se ejecutará suspendida la carga de dos puntos, para evitar deformaciones y desplazamientos no deseados.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres, y recortes de ferralla en torno al banco.

Se prohíbe trepar por las armaduras.

#### 2.2.2.1.5 Trabajos de hormigonado

##### **Vertidos directos mediante canaleta:**

Se deben instalar fuertes topes al final del recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

No se deben acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. (como norma general) del borde de la excavación.

Se evitará situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.

Se instalarán barandillas sólidas en el frente de la excavación protegiendo el tajo de guía de la canaleta.

Se instalará un cable de seguridad amarrado a "puntos sólidos", en el que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad en los tajos con riesgo de caída desde altura.

La maniobra de vertido será dirigida por un Capataz que vigilará no se realicen maniobras inseguras.

##### **Vertido mediante cubo o cangilón:**

No se debe permitir cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se señalizará mediante una traza horizontal, ejecutada con pintura en color amarillo, el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible.

Se señalizará mediante trazas en el suelo, (o "cuerda de banderolas") las zonas batidas por el cubo.

La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.

La maniobra de aproximación, se dirigirá mediante señales preestablecidas fácilmente inteligibles por el gruista o mediante teléfono autónomo.

Se procurará no golpear con cubo los encofrados ni las entibaciones.

Del cubo (o cubilete) penderán cabos de guía para ayuda a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo.

**Vertido de hormigón mediante bombeo:**

El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma.

Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie (un forjado o losas por ejemplo), se establecerá un camino de tabloncillos seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera.

El hormigonado de pilares y elementos verticales, se ejecutará gobernando la manguera desde castilletes de hormigonado.

El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por "tapones" y "sobre presiones" internas.

Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) para evitar posibles tapones.

Se revisarán periódicamente los circuitos de aceite de la bomba de hormigonado.

**Normas o medidas preventivas tipo de aplicación durante el hormigonado de cimientos (zapatillas, zarpas y riostras):**

Se debe tener presente, que la prevención que a continuación se describe, debe ir en coordinación con la prevista durante el movimiento de tierras efectuado en el momento de su puesta en obra.

Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones.

Antes del inicio del hormigonado el Capataz (o Encargado), revisara el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.

Se mantendrá una limpieza esmerada durante esta fase. Se eliminarán antes del vertido del hormigón puntas, restos de madera, redondos y alambres.

Se instalarán pasarelas de circulación de personas sobre las zanjas a hormigonar, formadas por un mínimo de tres tablones trabados (60 cm. de anchura).

Se establecerán pasarelas móviles, formadas por un mínimo de tres tablones sobre las zanjas a hormigonar, para facilitar el paso y los movimientos necesarios del personal de ayuda al vertido.

Se establecerán a una distancia mínima de 2 m. (como norma general) fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse al borde de zanjas (o zapatas) para verter hormigón (Dumper, camión hormigonera).

Siempre que sea posible, el vibrado se efectuará estacionándose el operario en el exterior de la zanja.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabado móviles, formadas por un mínimo de tres tablones que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

**Normas o medidas preventivas tipo de aplicación durante el hormigonado de muros:**

Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones de contención de tierras de los taludes del vaciado que interesan a la zona de muro que se va a hormigonar, para realizar los refuerzos o saneos que fueran necesarios.

El acceso al trasdós del muro (espacio comprendido entre el encofrado externo y el talud del vaciado), se efectuará mediante escaleras de mano. No se debe permitir el acceso "escalando el encofrado", por ser una acción insegura.

Antes del inicio del hormigonado, el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.

Antes del inicio del hormigonado, y como remate de los trabajos de encofrado, se habrá construido la plataforma de trabajo de coronación del muro desde la que ayudar a las labores de vertido y vibrado.

La plataforma de coronación de encofrado para vertido y vibrado, que se establecerá a todo lo largo del muro; tendrá las siguientes dimensiones:

- Longitud: la del muro.
- Anchura: sesenta centímetros, (3 tablonés mínimo).
- Sustentación: jabalcones sobre el encofrado.
- Protección: barandillas de 90 cm. de altura formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.
- Acceso: mediante escalera de mano reglamentaria (ver el apartado dedicado a las escaleras de mano).

Se establecerán a una distancia mínima de 2 m. (como norma general), fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse al borde de los taludes del vaciado, para verter el hormigón (Dumper, camión, hormigonera).

El vertido del hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares, en evitación de sobrecargas puntuales que puedan deformar o reventar el encofrado.

El desencofrado del trasdós del muro (zona comprendida entre éste y el talud del vaciado) se efectuará, lo más rápidamente posible, para no alterar la entibación si la hubiese, o la estabilidad del talud natural.

### **Normas o medidas preventivas de aplicación durante el hormigonado de pilares y jácenas:**

Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz (o el encargado), revisará el buen estado de la seguridad de los encofrados, en prevención de accidentes por reventones o derrames.

Antes del inicio del hormigonado, se revisará la correcta disposición y estado de las redes de protección de los trabajos de estructura.

No se debe permitir, bajo ningún concepto, trepar por los encofrados de los pilares o permanecer en equilibrio sobre los mimos.

Se vigilará el buen comportamiento de los encofrados durante el vertido del hormigón, paralizándolos en el momento que se detecten fallos. No se reanudará el vertido hasta restablecer la estabilidad mermada.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado".

El hormigonado y vibrado del hormigón de jácenas (o vigas), se realizará desde andamios metálicos modulares o andamios sobre borriquetas reglamentarias, construidas al efecto.

La cadena de cierre del acceso de la "torreta o castillete de hormigonado" permanecerá amarrada, cerrando el conjunto siempre que sobre la plataforma exista algún operario.

Se revisará el buen estado de los huecos en el forjado, reinstalando las "tapas" que falten y clavando las sueltas, diariamente.

Se revisará el buen estado de las viseras de protección contra caída de objetos, solucionándose los deterioros diariamente.

Se esmerará el orden y limpieza durante esta fase. El barrido de puntas, clavos y restos de madera y de serrín será diario.

#### 2.2.2.1.6 Cerramiento y albañilería

Los huecos existentes en el suelo permanecerán protegidos, para la prevención de caídas.

A las zonas de trabajo se accederá siempre de forma segura.

Las zonas de trabajo serán limpiadas de escombros, para evitar acumulaciones innecesarias.

No se lanzarán cascotes directamente por las aperturas de fachadas.

#### 2.2.2.1.7 Cubiertas

Todos los huecos de la cubierta permanecerán tapados.

El acceso a la cubierta se realizará con escaleras de mano, sobrepasando 1 m la altura a salvar.

Se instalarán señales de peligro en los forjados avisando del riesgo de caminar sobre las bovedillas.

Las barandillas rodearán los perímetros de los forjados, y teniendo la suficiente resistencia para garantizar la retención de personas.

#### 2.2.2.1.8 Solados

El corte de piezas de pavimento en vía seca con sierra circular, se efectuará situándose el cortador a sotavento, para evitar en lo posible respirar los productos en suspensión.

Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo de 2 metros.

Las piezas de pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas implantadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

En los lugares de tránsito de personas, se acotarán con cuerda de banderolas las superficies recientemente soladas, para evitar posibles caídas.

Las cajas o paquetes de pavimento, nunca se dispondrán de forma que obstaculicen los lugares de paso, para evitar accidentes por tropiezo.

Cuando esté en fase de pavimentación un lugar de paso y comunicación interno de la obra, se cerrará el acceso, indicándose itinerarios alternativos mediante señales de dirección obligatoria.

Los lugares en fase de pulimento se señalarán mediante rótulos de: "peligro, pavimento resbaladizo".

Las pulimentadoras y abrillantadoras a utilizar, estarán dotadas de doble aislamiento, para evitar los accidentes por riesgo eléctrico.

Las pulimentadoras y abrillantadoras a utilizar, tendrán el manillar revestido de material aislante de la electricidad.

Las pulimentadoras y abrillantadoras estarán dotadas de protección antiatrapamientos, (o abrasiones), por contacto con los cepillos y lijas.

Las operaciones de mantenimiento y sustitución o cambio de cepillos o lijas, se efectuarán siempre con la máquina desenchufada de la red eléctrica para evitar los accidentes por riesgo eléctrico.

Los lodos, producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

Se colgarán cables de seguridad anclados a elementos firmes de la estructura, según detalles de planos, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad para realizar los trabajos de instalación del peldaño definitivo de las escaleras.

#### 2.2.2.1.9 Carpintería metálica

Los elementos de carpintería se descargarán en bloques perfectamente atados, pendientes mediante eslingas.

Los acopios de carpintería metálica, se acopiarán en los lugares destinados para tal efecto en los planos.

En todo momento se mantendrán libres los pasos o caminos de intercomunicación interior y exterior de la obra para evitar los accidentes por tropiezos por interferencias.

El izado de las plantas mediante el gancho de la grúa se ejecutará por bloques de elementos flejados o atados. Nunca elementos sueltos de forma desordenada. A la llegada a las plantas se soltarán los flejes para su distribución y puesta en obra.

El Vigilante de Seguridad, comprobará que todas las carpinterías en fase de “presentación”, permanezcan perfectamente acunadas y apuntaladas, para evitar accidentes por desplomes.

En todo momento se mantendrán libres de cascotes metálicos y demás objetos punzantes, para evitar los accidentes por pisadas sobre objetos.

Se desmontarán únicamente en los tramos necesarios, aquellas protecciones, que obstaculicen el paso de los elementos de la carpintería metálica; una vez introducidos los cercos, etc. en la planta se repondrán rápidamente.

Antes de la utilización de la máquina- herramienta, el operario deberá estar provisto del documento expreso de autorización de manejo de esa determinada máquina.

Antes de la utilización de cualquier máquina- herramienta, se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y con todos los mecanismos y protectores de seguridad instalados en perfectas condiciones.

Los andamios para recibir las carpinterías metálicas desde el interior de las fachadas, estarán limitados en su parte delantera, por una barandilla sólida de 90 cm. De altura,

medida desde la superficie de trabajo, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié para evitar el riesgo de caídas desde altura.

Buscar soluciones en la línea que se describe, dentro del apartado de albañilería, para la construcción de fachadas desde el interior.

El “cuelgue” de los elementos se efectuará por un mínimo de una cuadrilla, para evitar el riesgo de vuelcos, golpes y caídas.

Los tramos metálicos longitudinales, transportados al hombro por un solo hombre, irán inclinadas hacia atrás, procurando que la punta que va por delante, esté a una altura superior a la de una persona, para evitar golpes con los demás operarios.

Se prohíbe utilizar a modo de borriquetas los bidones, cajas o pilas de material y asimilables, para evitar trabajar sobre superficies inestables.

Se dispondrán anclajes de seguridad en las jambas de los ventanales, a los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad, durante las operaciones de instalación en fachadas de la carpintería metálica.

Las zonas interiores de trabajo, tendrán una iluminación de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo de 2 metros.

Toda la maquinaria eléctrica a utilizar en esta obra estará dotada de toma de tierra en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro general de la obra, o de doble aislamiento.

Se prohíbe la anulación de la toma de tierra de las mangueras de alimentación.

Se notificará a dirección las desconexiones habidas por funcionamiento de los disyuntores diferenciales.

Los operarios estarán con el fiador del cinturón de seguridad sujeto a los elementos sólidos que están previstos en los planos.

Los elementos metálicos que resulten inseguros en situaciones de consolidación de su recibido, se mantendrán apuntalados, para garantizar su perfecta ubicación definitiva y evitar desplomes.

#### 2.2.2.1.10 Pintura y barnizado

Las pinturas se almacenarán en los lugares señalados en los planos con el título

“Almacén de Pinturas”, manteniéndose siempre la ventilación por “tiro de aire”, para evitar los riesgos de incendios y de intoxicaciones.

Se instalará un extintor de polvo químico seco al lado de la puerta de acceso al almacén de pinturas.

Sobre la hoja de la puerta de acceso al almacén de pinturas, se instalará una señal de “peligro de incendios” y otra de “prohibido fumar”.

Los botes industriales de pinturas y disolventes se apilarán sobre tablones de reparto de cargas para evitar sobrecargas innecesarias.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se evitará la formación de atmósferas nocivas manteniéndose siempre ventilado el local que se está pintando.

Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes según planos, de los que amarrar los fiados del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caídas desde altura.

Los andamios para pintar tendrán una superficie de trabajo de una anchura mínima de 60 cm. (tres tablones trabados), para evitar los accidentes por trabajos realizados sobre superficies angostas.

Se prohíbe la formación de andamios a base de un tablón apoyado en los peldaños de dos escaleras de mano, tanto de las de apoyo libre como las de tijera, para evitar el riesgo de caída a distinto nivel.

Se prohíbe la formación de andamios a base de bidones, pilas de materiales y asimilables, para evitar la realización de trabajos sobre superficies inseguras.

Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo de 2 metros.

La iluminación mediante portátiles se hará con portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla y alimentados a 24 V.

Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho- hembra, en prevención del riesgo eléctrico.

Las escaleras a utilizar serán tipo tijera, dotadas de zapatas antideslizantes y de cadenilla limitadora de apertura.

Las operaciones de lijado mediante lijadora eléctrica manual, se ejecutarán siempre bajo ventilación por “corriente de aire”, para evitar los accidentes por trabajar en el interior de atmósferas nocivas.

El vertido de pigmentos en el soporte se realizará desde la menor altura posible, para evitar las salpicaduras y formación de atmósferas pulverulentas.

Se prohíbe fumar y comer en las estancias en las que se pinte con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos.

#### *2.2.2.2 Instalación eléctrica provisional en obra*

##### *2.2.2.2.1 Normas prevención para los cables*

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar en función del cálculo para la maquinaria e iluminación prevista.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables.

##### *2.2.2.2.2 Normas de prevención para los interruptores*

Se ajustarán a los especificados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las cajas de interruptores poseerán adheridas sobre su puerta una señal de "peligro electricidad".

##### *2.2.2.2.3 Normas de prevención para los cuadros eléctricos*

Serán metálicos de tipo para la intemperie, con puerta y cerraja de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se ubicarán en lugares de fácil acceso, a dos metros del borde de la excavación o camino.

#### 2.2.2.2.4 Normas de prevención para las tomas de energía

Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas (protegidas contra contactos directos)

Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un sólo aparato, máquina o máquina-herramienta.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar contactos eléctricos directos.

#### 2.2.2.2.5 Normas de prevención para la protección de los circuitos

Toda la maquinaria eléctrica estará protegida con un disyuntor diferencial.

Todas las líneas estarán protegidas por un disyuntor diferencial.

Los disyuntores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA (Según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA (Según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA Para instalaciones eléctricas de alumbrado no portátil.

#### 2.2.2.2.6 Normas prevención para las tomas de tierra

El transformador de la obra será dotado de una toma de tierra ajustada a los Reglamentos vigentes y a las normas propias de la compañía eléctrica suministradora en la zona.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. No se utilizarán para otros usos.

La toma de tierra de las máquinas herramientas que no estén dotadas de doble aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.

Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.

2.2.2.2.7 Normas de seguridad de aplicación durante el mantenimiento y reparaciones de la instalación eléctrica provisional de la obra

Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará fuera de servicio mediante desconexión eléctrica.

No se realizarán revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectará la máquina de la red eléctrica, instalando en el lugar de conexión un letrero visible en el que se lea: "NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED".

Los andamios sobre borriquetas, cuya plataforma de trabajo esté ubicada a dos o más metros de altura, se arriostrarán entre sí, mediante cruces de San Andrés, para evitar los movimientos oscilatorios.

Las plataformas de trabajo que estén ubicadas a dos o más metros de altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, barra o listón intermedio y rodapiés.

### 2.2.2.3 Medios auxiliares

#### 2.2.2.3.1 Andamios

##### **Andamios en general.**

Los andamios siempre se asegurarán para evitar los movimientos indeseables que pueden hacer perder el equilibrio a los trabajadores.

Antes de subirse a una plataforma andamiada deberá revisarse toda su estructura para evitar las situaciones inestables.

Los tramos verticales (módulos o pies derechos), de los andamios se apoyarán sobre tablonos de reparto de cargas.

Las plataformas de trabajo, ubicadas a más de 2,00 m de altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, barra o listón

intermedio o rodapiés, o bien una red de seguridad tensa que cubra los 90 cm que deberá cubrir la barandilla.

La distancia de separación de un andamio y el paramento vertical de trabajo no será superior a 30 cm en prevención de caídas.

Los andamios serán capaces de soportar hasta cuatro veces la carga máxima prevista.

Se establecerán a lo largo y ancho de los paramentos verticales "puntos fuertes" de seguridad en los que arriostrar los andamios.

### **Andamios sobre borriquetas**

Las borriquetas siempre se montarán perfectamente niveladas.

Las plataformas de trabajo se anclarán perfectamente a las borriquetas, en evitación de balanceos.

Las plataformas de trabajo no sobresaldrán más de 40 cm para evitar el riesgo de vuelcos.

Las borriquetas no estarán separadas a ejes entre sí más de 2,5 m para evitar las grandes flechas.

Las plataformas de trabajo sobre borriquetas tendrán una anchura mínima de 60 cm (3 tablones trabados entre sí), y el grosor del tablón será como mínimo de 7 cm.

Los andamios se formarán sobre un mínimo de dos borriquetas. No se sustituirán por bidones, pilas de materiales y similares.

Las borriquetas metálicas de sistema de apertura de cierre o tijera, estarán dotadas de cadenillas limitadoras de la apertura máxima, para garantizar su estabilidad.

Sobre los andamios de borriquetas sólo se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo.

#### **2.2.2.3.2 Escalera de mano**

No se utilizarán escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 m.

Las escaleras de mano estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de Seguridad.

Las escaleras de mano a utilizar estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que den acceso.

Las escaleras de mano sobrepasarán en 0,90 cm la altura a salvar. Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco, al extremo superior del larguero.

No se transportarán pesos a mano (o a hombro), iguales o superiores a 25 kg, sobre las escaleras de mano.

#### 2.2.2.3.3 Puntales

Las hileras de puntales se dispondrán sobre durmientes de madera (tablones), nivelados y aplomados en la dirección exacta en la que deban trabajar.

El reparto de la carga sobre las superficies apuntaladas se realizará uniformemente repartido.

#### 2.2.2.3.4 Pasillo de seguridad

Podrán realizarse a base de tablones firmemente sujetos al terreno y cubierta cuajada de tablones. Estos elementos también podrán ser metálicos (los pórticos a base de tubo de perfiles y la cubierta de chapa).

Serán capaces de soportar el impacto de los objetos que se prevea puedan caer, pudiendo colocar elementos amortiguadores sobre la cubierta (sacos, capa de arena, etc.).

#### 2.2.2.4 Maquinaria

##### 2.2.2.4.1 Maquinaria para el movimiento de tierras

No se permanecerá o trabajará dentro del radio de acción de la maquinaria para el movimiento de tierras para evitar riesgos de atropello.

Si se produjese un contacto con líneas eléctricas con tren de rodadura de neumáticos, el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará ayuda. Antes de realizar ninguna acción se inspeccionará el tren de neumáticos con el fin de detectar la posibilidad de puente eléctrico con el terreno; de ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar a la vez la máquina y el terreno.

No se transportará personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar riesgos de caídas y atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los taludes a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras.

Estos topes se podrán realizar con un par de tablonces embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.

#### 2.2.2.4.2 Grúa

Los cables de sustentación de cargas que presenten un 10% de hilos rotos, serán sustituidos de inmediato.

Los ganchos de acero serán normalizados, con rótulo de carga máxima admisible, y dotados de pestillo de seguridad.

No se suspenderá o transportará a personas mediante el gancho de la grúa torre.

En presencia de tormenta, con riesgo de descarga eléctrica, se paralizarán los trabajos con la grúa torre, dejándola fuera de servicio, hasta pasado el riesgo.

Al finalizar la jornada, se izará el gancho libre de cargas a tope junto al mástil, se dejará la pluma en posición de veleta, se pondrán los mandos a cero y se abrirán los seccionadores del mando eléctrico de la máquina (desconectar la energía eléctrica), desconectando previamente el suministro eléctrico de la grúa en el cuadro general de la obra.

Se paralizarán los trabajos con la grúa torre, por criterios de seguridad, cuando las labores deban realizarse bajo régimen de vientos iguales o superiores a 60 km/h.

#### 2.2.2.4.3 Camión grúa

Antes de iniciar las maniobras de carga se instalarán los calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores.

Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.

Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.

Se prohíbe expresamente sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión del brazo-grúa.

El gruista tendrá en todo momento a la vista la carga suspendida.

Las cargas en suspensión, para evitar golpes y balanceos, se guiarán mediante cabos de gobierno.

Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.

El conductor del camión grúa estará en posesión del certificado de capacitación que acredite su pericia.

#### 2.2.2.4.4 Dobladora mecánica de ferralla

Se efectuará un barrido periódico del entorno de la dobladora de ferralla en prevención de daños por pisadas sobre objetos cortantes o punzantes.

Serán revisadas semanalmente observándose especialmente la buena respuesta de los mandos.

Tendrán conectada a tierra todas sus partes metálicas en prevención del riesgo eléctrico.

La manguera de alimentación eléctrica de la dobladora se llevará hasta esta de forma enterrada para evitar los deterioros por roce y aplastamiento durante el manejo de la ferralla.

Se instalará en torno a la dobladora mecánica de ferralla un entablado de tabla de 5 cm, sobre una capa de gravilla, con una anchura de tres metros en su entorno.

#### 2.2.2.4.5 Extendedora de productos bituminosos

No se permite la permanencia sobre la extendedora en marcha a otra persona que no sea su conductor, para evitar accidentes por caída.

Las maniobras de aproximación y vertido de productos asfálticos en la tolva estarán dirigidos por un especialista, en previsión de riesgos por impericia.

Todos los operarios de auxilio quedarán en posición en la cuneta por delante de la máquina durante las operaciones de llenado de la tolva, en previsión de riesgos por atrapamientos y atropello durante las maniobras.

Los bordes laterales de la extendedora, en prevención de atrapamientos, estarán señalizados a bandas amarillas y negras alternativas.

Se prohíbe expresamente, el acceso de operarios a la regla vibrante durante las operaciones de extendido, en prevención de accidentes.

#### 2.2.2.4.6 Rodillo vibrante autopulsado

Los conductores de los rodillos vibrantes serán operarios de probada destreza en el manejo de estas máquinas, en prevención de los riesgos por impericia.

La compactadora a utilizar en esta obra estará dotada de cabina antivuelco y antiimpacto.

Las compactadora a utilizar en esta obra, estará dotada de un botiquín de primeros auxilios, ubicado de forma resguardada para conservarlo limpio.

Se prohíbe expresamente el abandono del rodillo vibrante con el motor en marcha.

Se prohíbe el transporte de personas ajenas a la conducción sobre el rodillo vibrante.

Se prohíbe la permanencia de operarios en el tajo de rodillos vibrantes, en prevención de atropellos.

#### 2.2.2.5 *Protección contra incendios*

Se utilizarán extintores de polvo polivalente, revisándose periódicamente.

#### 2.2.2.6 *Riegos*

Las pistas para tráfico de obra se regarán convenientemente para evitar producción de polvo.

### **2.3 Servicios de prevención**

#### 2.3.1 *Servicio técnico de seguridad y salud*

La obra contará con asesoramiento técnico en prevención de riesgos profesionales a través del Servicio Central de Seguridad y Salud del Contratista adjudicatario de las obras.

#### 2.3.2 *Servicio médico*

La empresa constructora dispondrá de un Servicio Médico de Empresa propio o mancomunado.

La obra contará con asesoramiento técnico en prevención de riesgos profesionales a través del Servicio Central de Seguridad e Higiene del Contratista adjudicatario de las obras.

### **2.4 Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.**

El coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad:

Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.

Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva, que se recogen en el artículo 15 de la

Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.

Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista, y en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. Conforme a lo dispuesto en el último párrafo del apartado 2, del artículo 7, la dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Coordinar las acciones y funciones de control de aplicación correcta de los métodos de trabajo.

Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

## **2.5 Obligaciones de los contratistas y las subcontratas**

Los contratistas y subcontratistas estarán obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo
- 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del Real
- Decreto 1627/1997.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, durante la ejecución de la Obra.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de Seguridad y de Salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.

- Los Contratistas y los Subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.
- Además, los Contratistas y los Subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los Contratistas y a los Subcontratistas

## **2.6 Obligaciones de los trabajadores autónomos**

Los trabajadores autónomos estarán obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del presente Real Decreto.
- Cumplir las disposiciones mínimas, de Seguridad y Salud establecidas en el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, durante la ejecución de la Obra.
- Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ajustar su actuación en la Obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el artículo 242 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Utilizar los equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de

Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la Obra o, en su caso, de la dirección facultativa.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de Seguridad y Salud.

## **2.7 Instalaciones médicas**

Se habilitará un local para botiquín, debidamente dotado, de acuerdo con las necesidades de la obra.

El botiquín mantendrá permanentemente la dotación precisa reponiéndose a éste fin de forma continuada los medios consumidos.

## **2.8 Instalaciones de higiene y bienestar**

Las instalaciones provisionales de obra se adaptarán en lo relativo a elementos, dimensiones y características a lo especificado en los Artículos 15 y 16 del REAL

DECRETO 1627/1997, de 24 de Octubre de Seguridad y Salud y 335, 336 y 337 de la Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

## **2.9 Paralización de los trabajos**

- Sin perjuicio de lo previsto en los apartados 2 y 3 del artículo 21 y en el artículo 44 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, cuando el
- Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o cualquier otra persona integrada en la dirección facultativa observase incumplimiento de las medidas de Seguridad y Salud, advertirá al Contratista de ello, dejando constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, cuando esto exista, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1 del artículo 13 y quedar facultado para, en circunstancia de riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores disponer la paralización de los trabajos o, en su caso, la totalidad de la obra.
- En el supuesto previsto en el apartado anterior, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a los efectos oportunos a la

- Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, a los Contratistas afectados por la paralización, así como a los representantes de los trabajadores de éstos.
- Asimismo, lo dispuesto en este artículo se entiende sin perjuicio de la normativa sobre contratos de Administraciones públicas relativa al cumplimiento de plazos y suspensión de obras.



**ANEXO N°3**  
**EXPLOTACIÓN Y**  
**MANTENIMIENTO**



## ÍNDICE ANEXO N°3

1. Explotación y Mantenimiento .....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Formas de llevar a cabo el servicio .....	5
1.2.1 Relación del personal técnico-administrativo y de operarios con sus categorías y especialidades .....	5
1.2.2 Organización del personal y funciones a realizar .....	5
1.3 Métodos técnicos y materiales para la ejecución del contrato.....	6



## **1. Explotación y Mantenimiento**

### **1.1 Introducción**

El objetivo del presente anexo es la definición de las operaciones de explotación, conservación y mantenimiento del Tratamiento secundario de la EDAR.

### **1.2 Formas de llevar a cabo el servicio**

La explotación de un Tratamiento Secundario conlleva una serie de actividades que se pueden concretar en dos (de carácter genérico): Operación y Mantenimiento.

De manera básica, para llevar a cabo de forma óptima estas actividades, se han de conjugar medios de personal (ya existente en la EDAR) y material. Se hablara aquí de los medios humanos y su organización.

El personal operador de planta tendrá como misión:

- Resolución de averías tanto eléctricas como mecánicas.
- Control del proceso.
- Control y seguimiento del tratamiento secundario.
- Trabajo de mantenimiento.
- Realizar las revisiones y operaciones necesarias para una buena explotación del Tratamiento Secundario.
- Trabajo de conservación.
- Vigilancia general de la instalación.

#### *1.2.1 Relación del personal técnico-administrativo y de operarios con sus categorías y especialidades*

En cuanto al personal no será necesaria la incorporación de más empleados ya que con los disponibles se puede seguir realizando la explotación de la planta completa.

#### *1.2.2 Organización del personal y funciones a realizar*

Las funciones a realizar en cuanto a mantenimiento y explotación por el personal serán:

- Sera el responsable de las incidencias del Servicio frente a la Propiedad.
- Supervisara el exacto cumplimiento del libro diario de Servicio.
- Cuidara del estricto cumplimiento de las Normas de Seguridad e Higiene en el trabajo.

- Realizará, de acuerdo a los datos de la explotación de las partes de control de explotación, los partes mensuales e informes, que se remitirán a la propiedad.
- Controlará los caudales y cargas diarias.
- Cuidará del mantenimiento y conservación de la instalación.
- Organizará, planificará y fiscalizará el almacén de repuestos y gestionará el stock de los mismos.
- Realizará las operaciones de mantenimiento eléctrico y mecánico, con la ayuda del personal de planta.
- Adoptará las medidas necesarias para llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Control, vigilancia y limpieza de equipos e instalaciones.
- Inspección del funcionamiento electromecánico.
- Recogida y transporte de muestras y residuos.
- Detección de anomalías.
- Colaboración en los desmontajes especiales de mantenimiento que requieran apoyo extra.
- Cumplimentara las casillas correspondientes a los partes de control.
- Colaboración en los trabajos de carga y descarga.

### **1.3 Métodos técnicos y materiales para la ejecución del contrato**

En la planta se deben mantener una relación de repuestos, herramientas, aparatos y materiales para atender a las reparaciones y necesidades materiales que puedan surgir.

Los medios auxiliares considerados son los siguientes:

- Nivel mínimo de repuestos.
- Dotación de taller.
- Dotación de equipos de seguridad e higiene.





**ANEXO N°4**  
**INSTRUMENTACIÓN**  
**Y CONTROL**



## **ÍNDICE ANEXO N°4**

1. Instrumentación y automatismo.....	5
1.1 Instrumentación. ....	5
1.1.1 Ubicación de la instrumentación. ....	5



## **1. Instrumentación y automatismo.**

### **1.1 Instrumentación.**

#### *1.1.1 Ubicación de la instrumentación.*

En base a las exigencias del Pliego, así como a las características del sistema de control, se han seleccionado los equipos de instrumentación básicos que se añaden a continuación.

- **Conducción entrada decantador.**
  - Caudalímetro para control del influente que irá conectado a una válvula tipo compuerta para que todo este funcione con un caudal constante en cada una de sus fases.
- **Conducción salida reactor entrada decantador.**
  - Válvula tipo compuerta conectada a las instrucciones del caudalímetro para que siempre entre el mismo caudal.
- **Conducción salida decantador.**
  - Válvula tipo compuerta.
- **Conducción recirculación.**
  - Bomba de extracción de fangos conectada a un caudalímetro, además de una válvula tipo compuerta.
- **Conducción purga.**
  - Bomba de extracción de fangos conectada a un caudalímetro, además de una válvula tipo compuerta.
- **Equipos soplantes.**
  - Sensor medidor de amonio para indicar cuando los equipos soplantes se ponen en marcha.



**ANEXO N°5**  
**GESTIÓN DE**  
**RESIDUOS DE**  
**OBRA**



## ÍNDICE ANEXO N°5

1. Introducción.....	5
2 Estimación de la cantidad de los residuos de construcción .....	5
2.1 Clases de residuos generados .....	5
2.1.1 Residuos asimilables a urbanos .....	6
2.1.2 Residuos peligrosos .....	7
2.1.3 Residuos inertes.....	8
2.2 Cuantificación de los residuos generados durante la ejecución de la obras .....	9
3. Medidas para la prevención de residuos.....	9
3.1 Generalidades .....	9
3.2. Minimización de residuos.....	11
3.2.1. Plan de minimización de residuos .....	12
3.3. Soluciones de gestión para los residuos del proyecto.....	12
3.3.1. Gestión de los residuos asimilables a urbanos (RAU) .....	13
3.3.2. Gestión de residuos peligrosos (RP).....	13
3.3.3. Gestión de residuos inertes (RI) .....	14
3.3.4. Residuos de tierra vegetal.....	15
3.3.5. Tierras sobrantes de excavación .....	16
3.3.6. Central recicladora externa.....	16



## **1. Introducción**

El objeto del presente escrito es atender a lo dispuesto en el RD 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

En dicho RD en su artículo 4 se habla de las Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición, más en concreto de los puntos a incluir en este proyecto, que en este caso se trata de “Diseño y dimensionado de un tratamiento terciario de una EDAR”.

A continuación se desarrollarán los puntos que debe incluir el Estudio de la Gestión de los Residuos de la Obra.

## **2 Estimación de la cantidad de los residuos de construcción**

### **2.1 Clases de residuos generados**

Los residuos que se generarán en las obras del tratamiento terciario, de forma genérica, pueden ser clasificados (atendiendo a la Ley 10/1998) en 3 grandes categorías: Residuos Asimilables a Urbanos; Residuos Inertes, y Residuos Peligrosos.

Los Residuos Asimilables a Urbanos (RAU) son aquellos que, aun generándose en la industria o la construcción, se asemejan en composición a los residuos que se producen en el hogar (papel, cartón, plástico, materia orgánica, vidrio, hierro, etc.). Una característica importante de este tipo de residuo es su alto índice de reciclabilidad (valorización material), por lo que su gestión deberá dirigirse siempre en esta dirección.

Los Residuos Inertes (RI) son aquellos de origen pétreo, que se caracterizan por su gran estabilidad química: no experimentan reacciones redox, no son solubles en agua, no son combustibles, etc., y tienen un índice de lixiviabilidad muy bajo, por lo que sus condiciones de vertido o eliminación final son muy diferentes a las aplicables en el caso de los otros dos tipos de residuo.

Los Residuos Peligrosos (RP) son aquellos que por su naturaleza peligrosa (inflamables, combustibles, tóxicos, nocivos, corrosivos, queratogénicos, etc.) requieren de un tratamiento o gestión específicos. Son fácilmente identificables ya que los contenedores, envases o embalajes de los mismos vienen identificados con pictogramas de riesgo.

En el presente Estudio de Gestión de Residuos se van a determinar las medidas encaminadas a la minimización, separación, valorización y eliminación en su caso de los residuos producidos durante la ejecución de las obras, ya que los RAU y RP son difícilmente cuantificables a priori, los trataremos separadamente de los residuos inertes (que han sido cuantificados en el punto 2.2 de presente Estudio de Gestión), por lo que a continuación se muestra en la tabla adjunta la tipología de los RAU y RP que nos podremos encontrar durante la ejecución de las obras.

### 2.1.1 Residuos asimilables a urbanos

Los residuos asimilables a urbanos susceptibles de ser producidos durante la ejecución de las obras objeto del presente estudio se representan en la siguiente tabla A5.1:

**Tabla A5.1. Residuos asimilables urbanos.**

<b>Residuos asimilables a urbanos (RAU)</b>	<b>Código LER</b>
Residuos de oficinas e instalaciones de obras (papel, cartón...)	20 01 01
Basura general (comedor)	20 01 08
Residuos metálicos: envases metálicos no peligrosos, despuntes de ferralla, electrodos de soldaduras, chapas, cables de cobre, Restos de tuberías, varillas, restos de acero corrugado...	20 01 40 17 04 01 17 04 02 17 04 05 17 04 05
Madera: embalajes, palets deteriorados, restos de encofrados, Puntas de marcación...	17 02 01 20 01 38
Plásticos: Restos PVC, poliestireno expandido de embalajes, Poliuretano, neopreno, restos de balizamiento, PP, PEAD.	17 02 03
Caucho natural y sintético: neumáticos, juntas de goma...	16 01 03
Vidrio (aunque de origen pétreo): envases...	17 02 02 20 01 02

Todos estos residuos generados en la obra, serán recogidos con periodicidad diaria de los puntos de generación en los tajos, para su traslado a las zonas de almacenamiento acondicionadas específicamente para ello, atendiendo a criterios de seguridad e higiene. De este modo se evitará mezclas, vertidos, diluciones, extravíos y otro tipo de incidentes.

Una vez separados, clasificados y cuantificados los residuos procederemos a su gestión, sin olvidar en ningún momento las alternativas de reutilización y reciclado como vías para alcanzar el objetivo final de la minimización.

### 2.1.2 Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos susceptibles de ser producidos durante la ejecución de las obras objeto del presente estudio se exponen en la siguiente tabla A5.2:

**Tabla A5.2. Residuos peligrosos.**

<b>Residuos peligrosos (RP)</b>	<b>Código LER</b>
Aerosoles: sprays de marcación topográfica, sprays de limpieza...	16 05 04*
RP con metales: pilas botón de calculadoras, baterías níquel-cadmio de móviles, baterías de plomo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> de automoción, tubos fluorescentes, tubos de mercurio, electrodos de soldadura con un contenido > 3% (w.w)...	16 06 01*
	16 06 02*
	16 06 03*
	20 01 21*
Restos de aditivos de hormigón: impermeabilizantes, acelerantes, retardantes, fluidificantes, plastificantes...	17 09 03*
Restos de: desencofrante, pintura, disolvente, barnices, líquido de curado, grasas, aceites lubricantes, emulsiones, anticongelantes, detergentes, masilla de sellado, resinas epoxi...	17 09 03*
Tierra contaminada con alguna sustancia peligrosa (aceites, hidrocarburos...)	17 05 03*
Envases metálicos o plásticos que hayan contenido alguna sustancia peligrosa, al igual que los depósitos.	17 04 09*
	17 02 04*
Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla // Alquitrán de hulla y productos alquitranados	17 03 01*
	17 03 03*

Todos estos residuos generados en la obra, serán recogidos con periodicidad diaria de los puntos de generación en los tajos, para su traslado a las zonas de almacenamiento acondicionadas específicamente para ello, atendiendo a criterios de seguridad e higiene. De este modo se evitan mezclas, vertidos, diluciones, extravíos y otro tipo de incidentes.

Una vez separados, clasificados y cuantificados los residuos procederemos a su gestión, sin olvidar en ningún momento las alternativas de reutilización y reciclado como vías para alcanzar el objetivo final de la minimización.

### 2.1.3 Residuos inertes

Encontraremos los siguientes residuos inertes producidos durante la ejecución de las obras expuestos en la siguiente tabla A5.3:

**Tabla A5.3. Residuos inertes.**

<b>Residuos inertes (RI)</b>	<b>Código LER</b>
Restos de elementos demolidos, defectuosos o sobrantes, (tuberías de saneamiento de hormigón o de HA, aceras, calzadas...)	17 01 07
	17 09 04
Tierras sobrantes (siempre que no se reutilicen)	17 05 04
Restos de hormigón, cemento y mortero (fraguado)	17 01 01
Restos de piedra natural	17 05 04
Sobrantes de áridos (arena, grava, gravilla...)	17 05 04
Fangos arcillosos	17 05 06
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01	17 03 02

En cuanto a la cantidad de residuos identificados en el presente estudio, se describe en el punto 3 las diferentes operativas encaminadas tanto a la minimización de la producción como a la optimización en la gestión de los mismos siempre con un objetivo final de reutilización. Como última opción se destinarán los residuos a su eliminación en vertedero controlado.

## **2.2 Cuantificación de los residuos generados durante la ejecución de la obras**

En lo que al objeto del presente documento implica la construcción del edificio de pretratamiento en una parcela arbitraria, durante la ejecución serán los siguientes:

- Tierra vegetal: se trata del material retirado en el despeje y desbroce de la parcela existente.
- Material procedente de la excavación: para la construcción de cada uno de los elementos que componen el edificio se excavarán a diferentes cotas.

Al no tener un emplazamiento fijo, no se puede determinar el tipo de tierras.

## **3. Medidas para la prevención de residuos**

### **3.1 Generalidades**

Si se reducen los residuos que habitualmente genera la construcción, se disminuirán los gastos de gestión, será necesario comprar menos materias primas y el balance medioambiental global será beneficioso.

A modo de ejemplo, en la Unión Europea, según datos de finales de los años 90, la construcción y la demolición producen del orden de una tonelada de residuos por habitante y año. El problema de qué hacer con estos residuos cada día es más apremiante: no es aceptable, por consiguiente, despreocuparnos de ellos porque son recogidos y depositados en un vertedero público. Los vertederos son caros y tienen un impacto ambiental considerable. Existe además una clara tendencia a utilizarlos como método principal (por no decir único) para deshacerse de los residuos.

En consecuencia, el primer paso para mejorar esta situación consiste en reducir la producción de residuos. De esta manera se conseguirán además otras mejoras medioambientales: disminuirá el volumen transportado al vertedero o a la central recicladora y, con ello, también la contaminación y la energía necesarias para ese transporte.

Por otra parte, si los residuos se reutilizan, reduciremos asimismo la cantidad de materias primas necesarias, y por lo tanto no malgastaremos inútilmente recursos naturales y energía, e incluso podremos conseguir mejoras económicas.

De una manera general, las alternativas de acción para la mejora de la gestión ambiental de los residuos son diversas. No obstante para obtener mejoras eficaces, es necesario definir una jerarquía de prioridades, que ordene de modo decreciente el interés de las acciones posibles de la siguiente manera:

- Minimizar en lo posible el uso de materias.
- Reducir residuos.
- Reutilizar materiales.
- Reciclar residuos.
- Recuperar energía de los residuos.
- Enviar la cantidad mínima de residuos al vertedero.

Todos los agentes que intervienen en el proceso deben desarrollar su actividad con estos objetivos y en este orden, concentrando su atención en reducir las materias primas necesarias y los residuos originados. De este modo, al final del proceso, habrá menos materiales sobrantes que llevar al vertedero.

Se deberá conocer la cantidad de residuos que se producirán, sus posibilidades de valorización y el modo de realizar una gestión eficiente, con el fin de planificar las obras de construcción y de demolición.

Se redactará un Plan de Gestión en fase de ejecución, que se estructurará según las etapas y objetivos siguientes:

- En primer lugar, se debe establecer la cantidad y la naturaleza de los residuos que se van a originar en cada etapa de la obra. Este objetivo se puede cumplir tomando en consideración la experiencia del constructor o de la empresa de derribo, si ya ha aplicado alguna vez criterios de clasificación.
- A continuación, hay que informarse acerca de los gestores de residuos que se encuentran en el entorno próximo a la obra, es necesario conocer las características (condiciones de admisión, distancia y tasas) de los vertederos, de los recicladores, de los puntos verdes, de los centros de clasificación, etc. para poder definir un escenario externo de gestión.
- Una vez conocidos los costes de la manipulación de los residuos en obra, de los alquileres de contenedores, del transporte y de las tasas de depósito de los residuos para cada una de las etapas de la obra, se debe determinar –por etapas y en su

conjunto- el coste final de la gestión de los residuos de una obra o un derribo determinados.

### **3.2. Minimización de residuos**

Se entiende por minimización de residuos a un proceso de adopción de medidas organizativas y operativas que permiten disminuir, hasta niveles económicos y técnicamente factibles, la cantidad y peligrosidad de los subproductos y contaminantes generados (residuos y emisiones al aire y al agua) que precisan un tratamiento o eliminación final. Esto se consigue por medio de la reducción en su origen y, cuando ésta no es posible, a través del reciclaje o la recuperación de materiales secundarios.

La minimización constituye una opción ambientalmente prioritaria para resolver los problemas asociados a los residuos y también una prometedora oportunidad microeconómica, para reducir costos de producción y aumentar la competitividad de las empresas.

La minimización de residuos se incluye dentro de las medidas necesarias para conseguir lo que se denomina Desarrollo Sostenible. Término que apareció por primera vez en 1987 y que fue adoptado plenamente por la Comunidad Europea en 1992 con la publicación del V Programa sobre Medio Ambiente.

Los residuos que se generan en la obra pueden tener diferentes orígenes: la misma puesta en obra, el transporte interno de productos desde la zona de almacenaje hasta el lugar específico donde se tienen que aplicar, unas condiciones de almacenaje inadecuadas, embalajes que sirven para la protección hasta que el contenido es colocado y posteriormente se transforman en residuo, etc.

Durante la ejecución de la obra se adoptarán medidas de almacenaje adecuadas a los diferentes tipos de materiales y se optará por una política de compras esmerada, la ratio de generación de residuos, podrá disminuir entre un 5 y un 10% e incluso alcanzar porcentajes de reducción mucho más elevados si se escogen elementos modulados de acuerdo con las dimensiones de nuestra obra y ponemos en práctica algunas de las medidas que se indican más adelante.

Como primera medida encaminada a la minimización se llevará a cabo un Plan de Minimización de Residuos.

### 3.2.1. Plan de minimización de residuos

El plan de minimización de residuos debe contar:

Objetivos claros, que sean consistentes con el resto de los objetivos del anteproyecto, flexibles y cuantificables, así como comprensibles para todos los trabajadores, además de alcanzables con los medios materiales y humanos disponibles.

En la ejecución de las obras se creará un puesto técnico y administrativo responsable de la minimización que esté dotado de autoridad, de recursos, de acceso directo a la dirección y de la posibilidad de familiarizarse con todos los procesos de la obra, así como de liderazgo y capacidad de gestión.

El plan de minimización debe partir también de una auditoria donde se identifiquen las corrientes de residuos, se caractericen y cuantifiquen, y donde se determinen las causas fuentes y procesos al igual que los costos completos de su manejo. La minimización, como es obvio, no puede ser responsabilidad de una sola persona o departamento, sino que debe integrar funcionalmente a todas las áreas operativas.

La minimización es una filosofía y una práctica de calidad ambiental total a través de la optimización de procesos, que trasciende las decisiones tradicionales *postproductivas o al final del proceso*, que sólo intentan resolver problemas una vez que éstos se han generado.

El plan de Minimización implica organizar los medios humanos y técnicos con el fin de sustituir, en la medida de lo posible, la gestión clásica de residuos y emisiones basada en sistemas de tratamiento y eliminación al final del proceso (fin de línea), por prácticas de reducción en origen y reutilización.

El Reciclaje es una de las alternativas utilizadas en la reducción del volumen de los desperdicios sólidos. Este proceso consiste en volver a utilizar materiales que fueron desechados, y que aún son aptos para elaborar otros productos o prefabricar los mismos.

Ejemplo de materiales reciclables son los metales, el vidrio, el plástico, el papel, el cartón y otros.

### **3.3. Soluciones de gestión para los residuos del proyecto**

Se proponen, a continuación, las soluciones de gestión para las 3 categorías de residuos de la construcción identificadas:

### 3.3.1. Gestión de los residuos asimilables a urbanos (RAU)

Se enviarán a las instalaciones de tratamiento de residuos asimilables a urbanos más próxima a la obra.

### 3.3.2. Gestión de residuos peligrosos (RP)

Los residuos peligrosos, durante el tiempo de permanencia en obra serán manipulados atendiendo a las Fichas de Seguridad de los productos origen, etiquetados conforme a ley, y almacenados en condiciones adecuadas de seguridad e higiene: suelo impermeable, techado para prevención de afecciones derivadas de radiaciones solares, lluvia, etc., alejados de imbornales o cauces naturales, vallados para establecer un acceso restringido.

Los residuos peligrosos serán retirados diariamente de la zona de obra, donde estarán acopiados en puntos concretos señalizados y conocidos por todos los trabajadores, distribuidos a lo largo de la traza en función de su longitud y del número de tajos abiertos a un mismo tiempo. De estos puntos serán trasladados a la zona de almacenamiento descrita en el párrafo anterior, donde no podrán estar almacenados por un tiempo superior a 6 meses.

La minimización de los RP, dado que no se puede abordar desde la reutilización y reciclado (sin previo tratamiento) la enfocamos desde la reducción en origen, es decir, la prevención de la generación de este tipo de residuos. Para ello desarrollaremos medidas como las que se proponen a continuación:

- Sustitución de productos por otros menos peligrosos o inocuos: aerosoles con plomo y CFCs (clorofluorocarburos) por otros que no contengan; detergentes con sulfatos y nitratos, por otros biodegradables; sustitución de disolventes halogenados por no halogenados (White – spirit, de naturaleza parafínica); pinturas con base disolvente por otras con base agua, etc.
- Prolongar la vida media de los aceites hidráulicos de la maquinaria mediante analíticas periódicas.
- Provisión de productos en envases de mayor tamaño.
- Compra del producto en envases reutilizables, que sean retirados por el agente comercial para su reutilización.
- Compra exclusivamente del contenido de un producto, no del envase, siendo luego almacenado en obra en grandes depósitos rellenables.

- Procurar al residuo peligroso una gestión de valorización material (tras el tratamiento físico-químico), o de inertización, dejando en último lugar la eliminación en depósitos de seguridad.

Los RP sólo presentan una opción de gestión, su entrega a Gestor Autorizado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Comunidad Valenciana.

Se dispondrá de un espacio en la parcela para el acopio de los residuos peligrosos, dada su variabilidad como se describe en el punto 2.1.2. Se almacenarán de manera separada en función de los códigos, usando recipientes separados para las pilas, baterías, spray, etc. Todo el almacenaje de residuos peligrosos hasta su entrega a gestor autorizado se protegerá de la intemperie y las condiciones externas, evitando así la posible lixiviación de los mismos, provocando así el incremento de residuos peligrosos.

### 3.3.3. Gestión de residuos inertes (RI)

La gestión de los inertes, residuo mayoritario en la construcción, debe seguir como en el caso de los RAU, el principio de minimización que se traduce en el fomento de su reutilización dentro de la obra.

Esta reutilización, en el caso de los residuos que se van a generar en esta obra, no será factible. Por ello, resultará imprescindible su gestión a través de Vertedero Autorizado de Inertes (Gestores autorizados por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Comunidad Valenciana).

Otra posibilidad de gestión de estos residuos consiste en su entrega a empresas Transportistas Autorizadas, que se encargarían de su traslado a Vertedero Autorizado de Inertes.

A continuación se describen los posibles procesos de gestión para los tipo de residuos de los que se generan mayores cantidades en la ejecución de las obras objeto del presente estudio, todos los procesos de transporte, valorización, Etc., a realizar a los residuos generados serán efectuados por parte de los gestores autorizados externos al poseedor, en el presupuesto del presente estudio se han tenido en cuenta los costes externos de estos procesos.

Hablaremos de la posible valorización de residuos procedentes de demoliciones de hormigón y de las tierras sobrantes de la obra, así como de la reutilización de los productos procedentes de la demolición de aglomerado asfáltico.

#### *3.3.4. Residuos de tierra vegetal*

Es un material delicado, pero muy útil. Se debe procurar utilizarla lo antes posible después de haberla extraído.

La tierra superficial es la capa orgánica del suelo, la que sostiene la vegetación.

Es un material delicado, que se debe utilizar de inmediato. Si no fuera posible reutilizarla durante las obras, se deberá almacenar cuidadosamente.

La alternativa más recomendable es utilizar la tierra superficial para la formación del paisaje artificial de la propia obra: en la urbanización de las zonas verdes, como jardines y parques, y en todos los lugares en que se prevé la plantación de vegetación.

Cuando, debido a las características de la obra, no sea posible reutilizarla, conviene contemplar otras posibilidades que la simple opción de enviarla al vertedero como la reutilización en la restauración de suelos contaminados, en rellenos de tierras, en terraplenes y en la reposición de perfiles de canteras abandonadas.

Esta clase de tierra se puede mezclar con otros materiales para ampliar así la gama de productos resultantes y sus aplicaciones potenciales. Una de estas aplicaciones consiste en mejorar su composición con la adición de arena, fertilizantes o cortezas de árbol trituradas.

Como ya hemos expuesto al principio, el almacenamiento cuidadoso de las tierras es imprescindible para conseguir mantener las cualidades del material. En este sentido se deberán observar las siguientes recomendaciones:

- Almacenar las tierras superficiales de manera que no exista peligro de contaminación con otros residuos.
- Evitar los daños que puede ocasionar el tráfico de los vehículos: no se debe permitir circular sobre las tierras porque se daña su estructura.
- Delimitar un lugar exclusivo para el almacenamiento de las tierras, formando pilas de una altura inferior a dos metros (si son más altas, la presión sobre las mismas también daña su estructura).

- La tierra se debe mantener tan seca como sea posible, y la forma más fácil de conseguirlo es utilizándola lo antes posible.
- La tierra, una vez almacenada, sólo debe ser movida para reutilizarla, porque los movimientos causan su deterioro.

### *3.3.5. Tierras sobrantes de excavación*

Es imprescindible que se planifiquen los movimientos de tierras necesarios para así de reducir los sobrantes, estableciendo cómo manipular el terreno para que se produzca la menor cantidad de tierras sobrantes.

Antes de decidir el traslado al vertedero, hay que prever la forma más sencilla posible para el movimiento de volúmenes de tierra.

Por lo demás, hay que tener en cuenta que el transporte de las tierras al vertedero supone un coste económico apreciable, de modo que si se evita ese transporte, podemos llegar a reducir el coste total de la partida referida al movimiento de tierras (cuando el vertedero no está próximo a la obra, el transporte de un metro cúbico de tierras llega a ser tan caro como su extracción).

En definitiva, se trata de minimizar el volumen de los sobrantes de la excavación que han de ser desplazados fuera de la obra, porque el transporte innecesario malgasta energía, genera polución y cuesta dinero.

Por último, es igualmente importante asegurarse que las tierras no han sido contaminadas por usos anteriores o por las actividades desarrolladas sobre ellas (es el caso, por ejemplo, de la contaminación por contacto con residuos tóxicos producidos en la fabricación de productos diversos, o de la de edificios con usos especiales, como los hospitales). En ningún caso se debe intentar reutilizar ningún material que pueda estar contaminado si previamente no se limpia y un equipo experto no aplica técnicas específicas de reutilización.

### *3.3.6. Central recicladora externa*

Una vez acopiados en la obra, se entregarán a gestor autorizado para su reciclado y valorización y en su caso eliminación en vertedero autorizado.

Se dispondrá un espacio para acopio de material sobrante y material procedente de la demolición y escombros, que se muestra en los planos anexos al presente estudio.

A continuación se describe un proceso de gestión y tratamiento de este tipo de residuos por parte de gestor autorizado.

Se transportarán los residuos a una Planta de Tratamiento, de manera esquemática, el proceso a seguir en la Planta de Tratamiento es el siguiente:

- Recepción del material bruto.
- Separación de posibles Residuos Orgánicos y Tóxicos y Peligrosos (y envío a vertedero o gestores autorizados, respectivamente).
- Almacenamiento y reutilización de tierras de excavación aptas para su uso.  
Separación de maderas, plásticos cartones y férricos (reciclado).  
Tratamiento del material apto para el reciclado y su clasificación.  
Reutilización del material reciclado (áridos y restauraciones paisajísticas).  
Eliminación de los inertes tratados no aptos para el reciclado y sobrantes del reciclado no utilizado.

Las operaciones o procesos que se realizan en el conjunto de la unidad vienen agrupados en los siguientes:

- Proceso de recepción del material: A su llegada al acceso principal de la planta los vehículos que realizan el transporte de material a la planta así como los que salen de la misma con subproductos, son sometidos a pesaje y control en la zona de recepción. Para ello, se ha instalará una báscula para camiones.
- Proceso de triaje y de clasificación: En una primera fase, se procede a inspeccionar visualmente el material. El mismo es enviado a la plaza de almacenamiento, en el caso de que sea material que no haya que tratar (caso de tierras de excavación). En los demás casos se procede al vaciado en la plataforma de recepción o descarga, para su tratamiento.

En la plataforma de descarga se realiza una primera selección de los materiales más voluminosos y pesados. Asimismo, mediante una cizalla, los materiales más voluminosos, son troceados, a la vez que se separan las posibles incrustaciones férricas o de otro tipo.

Asimismo, son separados los residuos de carácter orgánico y los considerados tóxicos y peligrosos, siendo incorporados a los circuitos de gestión específicos para tales tipos de residuos.

Tras esta primera selección, el material se incorpora a la línea de triaje, en la cual se lleva a cabo una doble separación. Una primera separación mecánica, mediante un tromel, en el cual se separan fracciones pétreas de distinta granulometría.

El material no clasificado se incorpora en la línea de triaje manual. Los elementos no separados en esta línea constituyen el material de rechazo, el cual se incorpora a vertedero controlado. Dicho vertedero cumple con las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Todos los materiales (subproductos) seleccionados en el proceso anterior son recogidos en contenedores y almacenados en las zonas de clasificación (trojes y contenedores) para su posterior reciclado y/o reutilización.

- Proceso de reciclaje: Los materiales aptos para ser reciclados, tales como: férricos, maderas, plásticos, cartones etc., son reintroducidos en el ciclo comercial correspondiente, a través de empresas especializadas en cada caso.

En el caso de residuos orgánicos y basuras domésticas, éstos son enviadas a las instalaciones de tratamiento de RSU más próximas a la Planta.

Los residuos tóxicos y peligrosos son retirados por gestores autorizados.

- Proceso de almacenamiento: En la planta se han previsto zonas de almacenamiento (contenedores) para los diferentes materiales (subproductos), con el fin de que cuando haya la cantidad suficiente, proceder a la retirada y reciclaje de los mismos.

Existen zonas de acopio para las tierras de excavación que sean aptas para su reutilización como tierras vegetales. Asimismo, existen zonas de acopio de material reciclado apto para su uso como áridos, o material de relleno en restauraciones o construcción.

- Proceso de eliminación: El material tratado no apto para su reutilización o reciclaje se deposita en el área de eliminación, que está ubicada en las inmediaciones de la planta. Procesos de separación, reutilización, valorización y eliminación de los residuos en obra.





**ANEXO N°6**  
**ESPECIFICACIONES**  
**TÉCNICAS**



## ÍNDICE ANEXO N°6

1. Especificaciones técnicas .....	7
1.1 Especificaciones técnicas de los equipos electromecánicos .....	7
1.1.1 Acabado de equipos.....	7
1.2. Tuberías de Polietileno .....	8
1.3 Válvula de compuerta.....	9
1.4 Caudalímetros.....	10
1.5 Agitadores sumergidos .....	11
1.6 Bombas extracción fangos.....	11
1.7 Grupos soplantes.....	12
1.8 Difusores.....	13
1.9 Decantador.....	14
1.9.1 Puente decantador.....	14
1.9.2 Pasarela.....	14
1.9.3 Carro motriz.....	14
1.9.4 Pivote central .....	15
1.9.5 Campana central deflectora .....	15
1.9.6 Rasqueta de fondo .....	15
1.9.7 Rasqueta de flotantes .....	15
1.9.8 Barredor de flotantes .....	16
1.9.9 Tolva recogida de flotantes.....	16
1.9.10 Aliviadero perimetral.....	16
1.9.11 Deflector perimetral.....	16
1.9.12 Tornillería .....	17
1.10 Sensor amonio .....	17
2. Especificaciones de los equipos eléctricos .....	18

2.1 Cable eléctrico .....	18
2.2 Pica tierras .....	19
2.3 Bandeja rejilla metálica .....	20
2.4 Bandeja rejilla PVC .....	20
2.5 Caja de distribución de poliéster .....	21
2.6 Caja de distribución de aluminio .....	21
2.7 Luminaria empotrable.....	21





## 1. Especificaciones técnicas

### 1.1 Especificaciones técnicas de los equipos electromecánicos

#### 1.1.1 Acabado de equipos

Todos los elementos de la instalación llevarán los siguientes tratamientos:

**Tubería de plástico:** No llevarán ningún tipo de pintura y su color será el normal de cada fabricante.

**Hormigón armado:** No llevarán ningún tipo de pintura y su color será el normal de cada fabricante.

#### **Motores eléctricos:**

- Carcasa y ventilador con pintura anticorrosiva según norma del fabricante.
- Partes mecanizadas protegidas con barniz especial antioxidante.
- Cuerpos de acero llevarán el mismo tipo de tratamiento que la tubería de acero.
- Cuerpos de plástico llevará el mismo tipo de tratamiento que la tubería de plástico.

#### **Válvulas:**

- Cuerpos de acero llevarán el mismo tipo de tratamiento que las tuberías de acero.
- Cuerpos de plástico llevarán el mismo tipo de tratamiento que las tuberías de plástico.

#### **Estructuras y elementos metálicos en general:**

El grado de preparación exigido a todas las superficies metálicas será el correspondiente al chorreado de arena según el grado SA 2 $\frac{1}{2}$  de la SVENSK STANDARD SIS 055900, procediéndose posteriormente a la limpieza de las superficies mediante aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio.

La protección a aplicar a las diferentes superficies metálicas será la siguiente:

- **Partes sumergidas:**
  - Chorreo 2 $\frac{1}{2}$  SIS.
  - Galvanizado en caliente, por inmersión, previo tratamiento químico, según Norma UNE 37501.
  - 1 mano de 25 micras de zinc-epoxi (imprimación).

- 1 mano de 40 micras epoxi-Fe-micáceo (sellado).
- 2 manos de 125 micras, cada una, alquitán epoxi.
- **Partes emergidas:**
  - Chorreo 2 1/2 SIS.
  - Galvanizado en caliente, por inmersión, previo tratamiento químico, según Norma UNE 37501.
  - 1 mano de 25 micras de zinc-epoxi.
  - 1 mano de 40 micras epoxi-Fe-micáceo.
  - 2 manos de 75 micras, cada una, epoxi esmalte.
- **Partes sin contacto con el agua:**
  - Igual que en los casos sumergidos.

### **Maquinaria en general**

- Tratamiento de superficie y pintura de imprimación antioxidante según norma de cada fabricante.
- Partes mecanizadas protegidas con barniz especial antioxidante.

### **Colores de acabados**

Todos los colores de finales serán determinados de común acuerdo entre el Contratista y la Propiedad, según la función a desempeñar por cada elemento de la instalación y ateniéndose a las Normas UNE.

## **1.2. Tuberías de Polietileno**

### **Características**

- Diámetros (mm): 90, 200, 250, 315, 630 y 1000
- Calidad: flexible baja densidad (0,932)
- Medidas y características: Según UNE 53131, UNE 13244, UNE EN 12201 y UNE EN 13244
- Métodos de ensayo: Según UNE EN ISO 6259, ISO 11357-6, UNE EN ISO 1133 y UNE EN ISO 1167.
- Presión de trabajo: PNG, 10kg/cm<sup>2</sup>
- Forma de suministro: bobina de longitudes variables.

**Acabado:** según especificación técnica 02.00.00.01.

## **ACCESORIOS**

### **Curvas:**

- Calidad: St-37
- Dimensiones: DIN1626
- Espesores: s/ espesores de tubo DIN 2458
- Diámetros: 90, 200, 250, 315, 630 y 1000

### **Bridas:**

- Calidad: St-37
- Dimensiones: DIN 1626
- Presión nominal: PN-10
- Fabricación: s/DIN 2519

### **Juntas:**

- Material: Caucho natural
- Dimensiones: DIN 1626

### **Tornillos:**

- Tipo: Cabezal hexagonal
- Dimensiones: DIN 933
- Suministro: DIN 267
- Protección: cadmio

### **Tuercas:**

- Tipo: cabezal hexagonal
- Dimensiones: DIN 934
- Protección: cadmio

## **1.3 Válvula de compuerta**

### **Características**

- Marca: BELGICAST o equivalente.
- Tipo: Cierre elástico.

- Diámetro nominal: DN250
- Cierre: EPDM/NBR
- Accionamiento: Neumático

### **Materiales**

- Cuerpo: hierro fundido GG-25
- Charnela: fundición nodular GGG-40
- Ejes: acero inoxidable AISI-420
- Anillo: E.P.D.M.
- Volante de accionamiento: fundición gris.
- Tapa: metraquilato
- Junta tórica de accionamiento: nitrilo

**Acabado:** según especificaciones técnicas.

## **1.4 Caudalímetros**

### **Características**

- Marca: Endress Hauser.
- Modelo: Promag 10L3H
- Tipo: Electromagnético.
- Diámetro nominal: DN250
- Constante de tiempo: 1s
- Caudal máximo: 750m<sup>3</sup>/h
- Señal de salida: Pasivo – negativo.
- Señal de salida: 4-20mA HART + impulso pasivo
- Alimentación: Display: 85-250VAC
- Conexión a proceso: PN-10, St37-2, bridas locas EN-1092-1 (DIN 2501).

### **Materiales**

- Recubrimiento interior: PTFE
- Electrodo: 1.4435/316L
- Protección: IP67 NEMA4X

## 1.5 Agitadores sumergidos

### Características

- Marca: AgitMIM.
- Modelo: LFR 18.5-350/780
- Tipo: Agitador sumergido.
- Rpm: 350
- Dimensiones: Semieje + eje Ø60, Longitud 2400mm
- Hélice: hélice de 2 álabes de gran rendimiento INOX AISI 316L
- Anclaje al depósito: por brida cuadrada de 400x400

### Materiales

- Material: Aisi 316L
- Nivel de acabados: industriales
- Protección: IP55

### Accionamiento

- Motor: Eléctrico
- Potencia motor: Motorreductor III 4kW
- Tensión: 400/690V
- Frecuencia: 50Hz

## 1.6 Bombas extracción fangos

### Características

- Marca: ProMinent
- Modelo: 125 y 070
- Tipo: Embolo giratorio.
- Caudal: 100 y 25 m<sup>3</sup>/h
- Tipo de fluido: Agua con fango (6%)
- Rendimiento: 37.2%
- Presión: 4 y 10 bar
- Temperatura: Ambiente
- Peso: 195 kg

## **Materiales**

- Cuerpo de la bomba: H°F° GG-25
- Impulsor: GS400
- Cierre mecánico: Viton
- Aislamiento: Case F
- Protección: IP55

## **Accionamiento**

- Tipo de motor: IE1 (B5)
- Potencia absorbida: 0.72Kw
- Potencia motor: 1.2kW
- Rpm: 1450
- Acoplamiento motor-bomba: Semielástico
- Tensión: 230/400 V/III
- Frecuencia: 50 Hz

**Acabados:** según standard del fabricante.

## **1.7 Grupos soplantes**

### **Características**

- Marca: Pedro Gil
- Modelo: GRUPO PG-30-F1 RNT-33.30
- Tipo: Émbolos rotativos
- Caudal: 1856Nm<sup>3</sup>/h
- Fluido: Aire
- Presión aspiración: 1atm
- Temperatura aspiración: Ambiente
- Presión impulsión: 1.6atm
- Temperatura máxima: 78°C
- Vel. Máxima soplante: 3800rpm
- Vel. Soplante: 2372rpm
- Diámetro nominal soplante: DN150

## **Materiales**

- Aislamiento: Case F
- Protección: IP55 B3

## **Accionamiento**

- Motor: 3000/MIN 55k WEJE60 TOPIE3
- Potencia absorbida: 41.13kW
- Potencia del motor: 55kW
- Tensión: 400/690V
- Frecuencia: 50Hz

**Acabados:** Desengrasado químico, pintura/imprimación Azul Ral-5012.

## **1.8 Difusores**

### **Características**

- Marca: Xylem
- Modelo: Sanitaire
- Tipo: Difusores de burbuja fina
- Caudal: 0,5–4,7 Nm<sup>3</sup>/h
- Fluido: Aire
- Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar (SOTE): Aprox. 6,5% por m de inmersión.
- Eficiencia de aireación estándar (SAE, Standard aeration efficiency): 2,5–6 kg O<sup>2</sup>/kWh.
- Diámetro: 229 mm
- Componentes parillas:
  - Tubo de descenso: Acero inoxidable AISI 304 o 316
  - Colectores Acero: inoxidable, cloruro de polivinilo (PVC) de fórmula especial para evitar la degradación por rayos ultravioleta.
  - Cabezales de distribución: PVC o CPVC para temperaturas altas
  - Soportes y pernos de anclaje: Acero inoxidable AISI 304 o 316
  - Empacaduras: EPDM

## **Materiales**

- Material del disco: Cerámica especial moldeada por compresión.

**Acabados:** Según fabricante

## **1.9 Decantador**

### *1.9.1 Puente decantador*

- Tipo: MR06B
- Diámetro interior recinto: 28,80 metros
- Diámetro camino de rodadura: 30,30 metros
- Dist. nivel de agua a coronación a muro: Aprox. 0,45 metros

### *1.9.2 Pasarela*

- Tipo: Viga cajón (perfil bajo)
- Longitud: 15,59 metros aprox.
- Anchura exterior: / útil 1,12 / 1,01 metros.
- Altura barandilla: 1,03 metros aprox.
- Tipo de barandilla: Tubular, montantes en pletinas rectangulares
- Piso de la pasarela: Tramex galvanizado 30x30/25x2
- Material pasarela: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material barandilla: Acero inoxidable X2CrNiMo17-12-2 [1.4404] UNE-EN 10088 (316L)
- Protección pasarela: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección barandilla: Pulido mecánico

### *1.9.3 Carro motriz*

- Velocidad de desplazamiento: 1,20 m/min.
- Motor: 0,37 KW (0,50 CV) 1500 rpm 220/380V IP55 Aisl. F
- Marca motor: Bonfiglioli
- Tipo reductor: Tornillo sin fin
- Marca reductor: Tecnotrans - Bonfiglioli
- Tipo de ruedas: Red-band
- Tamaño de las ruedas: Diámetro 300 mm.
- Material carro motriz: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material ejes ruedas: Acero C45E [1.1191] UNE-EN 10083-2 (F1140)

- Protección estructura carro: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección grupo motriz: Pintura epóxi+poliuretano (125 micras)

#### *1.9.4 Pivote central*

- Colector (toma de corriente): 6 Fases + TT (220/380 V)
- Diámetro nominal pivote: 520 mm.
- Materiales: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Protección: Chorreado SA2½ + Pintura epóxi+Poliuretano (125 micras)

#### *1.9.5 Campana central deflectora*

- Tipo: Cilíndrica
- Diámetro: 1,80 m.
- Altura: 1,25 m.
- Espesor: 2 mm.
- Material soporte campana: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material cuerpo campana: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Protección soporte campana: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección cuerpo campana: Galvanizado s/norma UNE 37501

#### *1.9.6 Rasqueta de fondo*

- Tipo rasqueta de fondo: Espiral continua
- Nº de brazos de barrido: 1 (radial)
- Material suspensiones y estabilizadores: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material chapa rasqueta: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Perfil de rascado: EPDM
- Protección suspensiones y estabilizadores: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección chapa rasqueta: Galvanizado s/norma UNE 37501

#### *1.9.7 Rasqueta de flotantes*

- Tipo rasqueta de flotantes: Radial
- Material soportes rasqueta: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2

- Material chapa rasqueta: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Protección soportes rasqueta: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección chapa rasqueta: Chorreado SA2½ + Brea epóxi (250 micras)

#### *1.9.8 Barredor de flotantes*

- Tipo barredor: Basculante
- Material soporte barredor: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material tubo barredor: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material chapa barredor: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Protección soporte barredor: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección tubo barredor: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección chapa barredor: Chorreado SA2½ + Brea epóxi (250 micras)

#### *1.9.9 Tolva recogida de flotantes*

- Tipo tolva recogida de flotantes: Emergida
- Anchura tolva: 0,80 m.
- Conexión salida tolva: Brida 6" DN150
- Disposición taladros brida: Según DIN2576 PN10
- Material soporte tolva: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material tolva: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Protección soporte tolva: Galvanizado s/norma UNE 37501
- Protección tolva: Chorreado SA2½ + Brea epóxi (250 micras)

#### *1.9.10 Aliviadero perimetral*

- Construcción: Chapas de 2000x200 mm.
- Espesor: 2 mm.
- Material: Aluminio anodizado

#### *1.9.11 Deflector perimetral*

- Construcción: Chapas de 2000x200 mm.
- Espesor: 2 mm.
- Material soportes: Acero al Carbono S235JR [1.0038] UNE-EN 10025-2
- Material deflector: Aluminio anodizado

#### *1.9.12 Tornillería*

- Material: Inoxidable A4 UNE-EN ISO 3506 (316)
- Tacos anclajes: Inoxidable A4 UNE-EN ISO 3506 (316)

#### **1.10 Sensor amonio**

- Marca: Hach
- Modelo: AN-ISE sc
- Parámetro: NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N
- Rango de medición: 0 - 1000 mg/L NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>
- Alimentación eléctrica: 100 ... 240 V AC o 18 ... 36 V DC

## 2. Especificaciones de los equipos eléctricos

### 2.1 Cable eléctrico

#### Características generales

- Marca: GRUPO GENERAL CABLE ó equivalente
- Tipo: VULCANPREX PLAS
- Designación: RHV 12/20 kV
- Sección: 150 mm<sup>2</sup>
- Tensión de prueba: 30kV
- Conductores: Cuerdas de aluminio
- Características del cable: según UNE 20003 y UNE 21085
- Formación del conductor: según UNE 21022
- Resistencia del conductor: según UNE 21022

#### Características aislamiento

- Tipo de aislamiento: Polietileno reticulado XLPE/PRC
- Temperatura máxima en servicio: 90 °C
- Temperatura máxima cortocircuito: 250 °C

#### Característica mecánica del aislamiento

- Sin envejecimiento
  - Resistencia a la rotura: 1.250 N/cm<sup>2</sup> min
  - Alargamiento a la rotura: 200% min
- Después envejecimiento estura de aire
  - Temperatura tratamiento 135°C
  - Duración tratamiento 168 horas
  - Variación del valor inicial de la resistencia a la rotura: ± 25máx
  - Variación del valor inicial del alargamiento: ± 25máx

#### Características físico-químicas del aislamiento

- Termoplasticidad: Termoestable
- Alargamiento en caliente bajo carga: máx.175% durante 15min a 200°C
- Absorción de agua: 0,8mg/cm<sup>2</sup> máx

### **Características eléctricas del aislamiento**

- Constante a 20°C: min 10.000MW km
- Resistividad transversal a 20°C: ® ¥
- Pérdidas dieléctricas a temperatura servicio: máx 80x10-4
- Resistividad térmica: 350°C cm/W

### **Característica física del cable**

- Espesor radial de aislamiento: 5,5mm
- Diámetro sobre aislamiento: 27,2mm
- Diámetro exterior aprox.: 32mm
- Peso aproximado: 1.160 kg/km
- Radio mínimo de curvatura: 470mm

### **Características eléctricas del cable**

- Capacidad: 0,262m F/km
- Reactancia: 0,102W/km
- Intensidad admisible en régimen permanente: 315 A para cable enterrado y a 20°C
- Caída de tensión entre fases
  - Con  $\cos = 0,8$  0,46 V/A km
  - Con  $\cos = 1$  0,45 V/A km

## **2.2 Pica tierras**

### **Características**

- Material: acero cobrizado molecularmente unidos
- Longitud: 2000mm
- Diámetro: 16mm
- Normas: UNESA 6501 E
- Suplementos: grapas fijación cable fabricadas en cobre con tornillo de fijación de latón

## 2.3 Bandeja rejilla metálica

### Características

- Bandeja metálica de varilla de acero al carbono o acero inoxidable AISI-304/316, electrosoldadas, de diámetro:

ALA 35: 4,5mmf

60x60:

100x60: 4,5mmf

150x60:

Resto ALA -60: 5mmf

ALA-100: 5mmf

Con bordes de seguridad y tratamiento de:

- Zincado bicromatado de 8 micras de espesor según UNE 35-552-73
- Galvanizado en caliente de espesor > 70 micras según UNE 37-510-88
- En acero inoxidable: posivado
- Cargas: según dimensiones:
  - en tramos de 1m de 40 a 100kg m.L.
  - en tramos de 1,5m de 30 a 80kg m.L.

## 2.4 Bandeja rejilla PVC

### Características

- Sistema de bandeja para cables en PVC rígido
- Temperatura servicio: - 20°C a + 60°C
- Rigidez dieléctrica: UNE 21316-74  $\geq 240\text{kV/cm}$
- Comportamiento al fuego: clasificación I1 F4, según NF F 16.101-1988
- Reacción del fuego: clasificación M1 (no inflamable) UNE 23.727-90
- Ensayo hilo incandescente: autoextinguible a 960°C extinción inmediata sin goteo del material inflamado o de partículas incandescentes según UNE 20.672-83
- Ensayo de inflamación: grado UL 94-VO, según ANSI/UL 94-1990
- Coeficiente de dilatación lineal: 0,07 mm/°C.m

- Protección contra los daños mecánicos: UNE 20.324-93 GRADO IP XX9
- Anticorrosión: Resistencia ambientes húmedos, salinos y químicamente agresivos
- Aislamiento: Gran rigidez dieléctrica

No precisa puesta a tierra

- Comportamiento en intemperie: excelente
- Índice de oxígeno (L.O.I.): L.O.I. <sup>3</sup> 52, según NFT 51-071-1985

## **2.5 Caja de distribución de poliéster**

### **Características**

- Cuerpo y tapa en material autoextinguible, de gran resistencia mecánica, clasificadas de "doble aislamiento"
- Protección IP 557 según norma UNE 20324
- Protección total contra los contactos en las partes bajo tensión
- Protección contra los chorros de agua
- Entradas equipadas con conos eléctricos, pudiéndose equipar con Prensaestopas

## **2.6 Caja de distribución de aluminio**

### **Características**

- Cuerpo y tapa de aluminio fundido por inyección
- Pintura vitrificada al horno
- Grado de protección: IP 557 según norma UNE 20324
- Protección total contra los contactos en las partes bajo tensión
- Protección contra los chorros de agua
- Utilización para tubo de acero Pg
- Cierre de caja y tapa sobre junta de goma de alta calidad
- Apriete por medio de tornillo

## **2.7 Luminaria empotrable**

### **Características**

- Marca: METAL MAZDA ó equivalente
- Modelo: HALCON

- Tipo: luminaria empotrable con difusor de celosía laminar con puente en forma de proporcionando un mínimo deslumbramiento, longitudinal y transversalmente
- Difusor: chapa esmaltada en color blanco, fijándose mediante dos muelles de saeta introducidos en el fondo del chasis, balastro de alta calidad y bajas pérdidas
- Nivelación: mediante una pestaña o aleta perimetral de 26,5mm que realiza a la vez la función de tapajuntas
- Equipos arranque: incorporado
- Instalación: empotrada
- Protección: IP-30
- Clase: 1
- Lámpara: fluorescente blanco brillante
- Potencia: 2x36W
- Dimensiones: 1267x307x142mm





**PLANOS** |

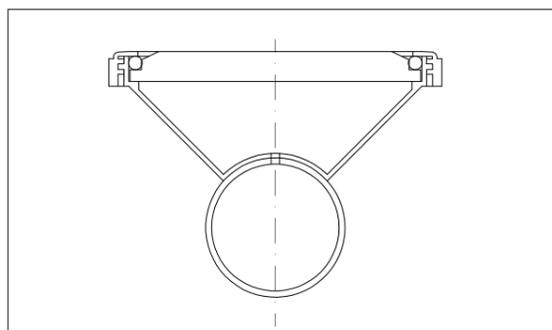
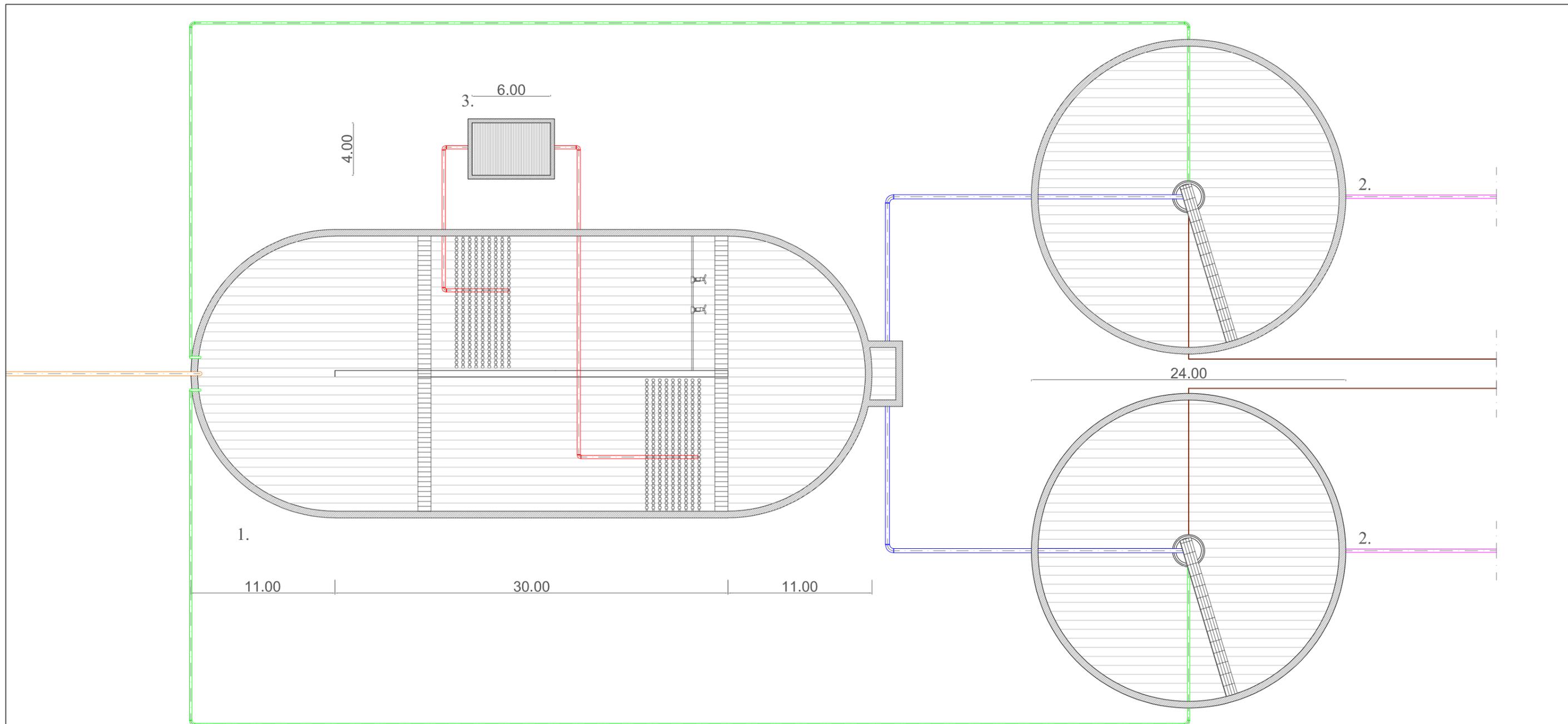


## **ÍNDICE PLANOS**

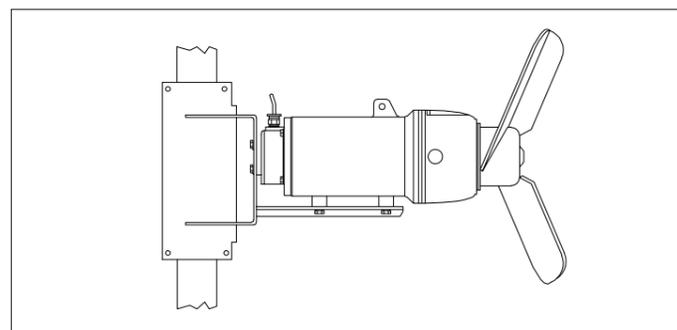
PLANO 01 PLANTA EQUIPOS

PLANO 02 ALZADO EQUIPOS





DETALLE DIFUSOR ESCALA\_ 1:5



DETALLE AGITADOR ESCALA\_ 1:20

	TUBERÍA ENTRADA REACTOR_Ø 315mm	1_REACTOR
	TUBERÍA DE AIRE_Ø 250mm	2_DECANTADOR
	TUBERÍA REACTOR-DECANTADOR_Ø 315mm	3_NAVE SOPLANTES
	TUBERÍA RECIRCULACIÓN_Ø 182mm	
	TUBERÍA PURGA_Ø 43,8mm	
	TUBERÍA SALIDA DECANTADOR_Ø 250mm	

LEYENDA

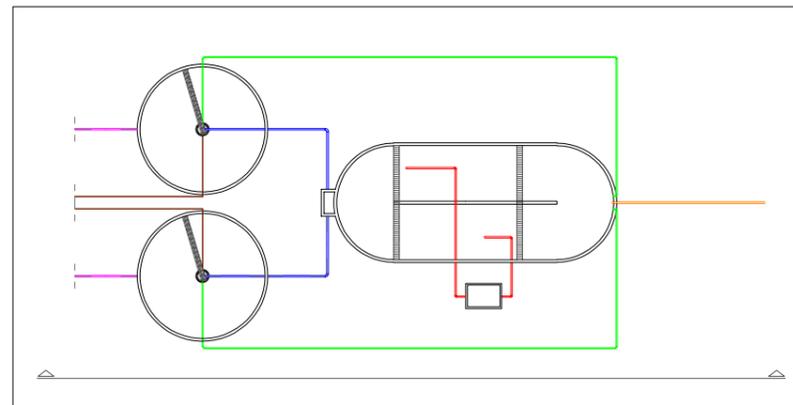
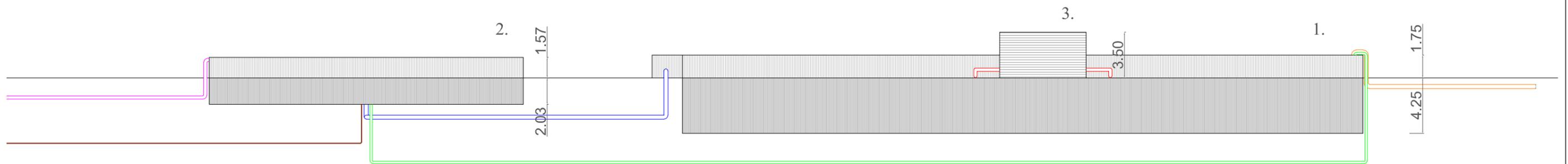
DISEÑO DE UN REACTOR DE AIREACIÓN PROLONGADA PARA LA AMPLIACIÓN DE UNA EDAR

ESCALA\_ 1:300

TFG INGENIERÍA QUÍMICA

CLAUDIA CHORDÁ SÁEZ

PLANO 01 PLANTA DE LOS EQUIPOS



	TUBERÍA ENTRADA REACTOR_Ø 315mm	1_REACTOR
	TUBERÍA DE AIRE_Ø 250mm	2_DECANTADOR
	TUBERÍA REACTOR-DECANTADOR_Ø 315mm	3_NAVESOPLANTES
	TUBERÍA RECIRCULACIÓN_Ø 182mm	
	TUBERÍA PURGA_Ø 43,8mm	
	TUBERÍA SALIDA DECANTADOR_Ø 250mm	

LEYENDA

DISEÑO DE UN REACTOR DE AIREACIÓN PROLONGADA PARA LA AMPLIACIÓN DE UNA EDAR

ESCALA\_ 1:300

TFG INGENIERÍA QUÍMICA

CLAUDIA CHORDÁ SÁEZ

PLANO 02 ALZADO DE LOS EQUIPOS

# **PLIEGO DE CONDICIONES**



## ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objetivo .....	7
2. Ámbito de aplicación .....	7
3. Disposiciones generales .....	8
3.1 Contraindicaciones y omisiones del proyecto .....	8
3.2 Autoridad del Ingeniero Director .....	8
3.3 Subcontratos .....	9
3.4 Condiciones de tipo general de los materiales, sus aparatos y su procedencia.	9
3.5 Plazo de comienzo y ejecución .....	9
3.6.1 Sanciones por retrasos de las obras. ....	10
3.6 Obras de reforma y mejora.....	10
3.5.3 Trabajos defectuosos.....	10
3.7 Recepción provisional de las obras. ....	11
3.8 Medición definitiva de los trabajos .....	12
3.9 Plazo de garantía .....	12
3.10 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.....	12
3.11 Recepción definitiva .....	12
3.12 Obligaciones de la Contrata .....	13
3.13 Responsabilidades de la Contrata .....	14
3.14 Seguridad e higiene en el trabajo .....	15
4. Condiciones Técnicas que han de cumplir los materiales.....	15
4.1 Aguas .....	16
4.2 Arenas .....	17
4.3 Grava para hormigones .....	17
4.4 Cementos utilizables .....	18
4.6 Mortero de cemento Portland .....	18
4.6 Hormigones.....	19
4.7 Acero para armar.....	20
4.8 Materiales no consignados en este pliego.....	20

# Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

4.9 Aluminio .....	20
4.10 Sellantes .....	21
5. Condiciones Técnicas que ha de cumplir la ejecución.....	21
5.1 Condiciones generales de la ejecución .....	22
5.1.1 Replanteo .....	22
5.1.2 Movimiento de tierra-agotamiento .....	22
5.1.3 Pocería y saneamiento.....	23
5.1.4 Estructura.....	23
5.1.5 Carpintería de armar, de taller y metálica .....	24
5.1.6 Fontanería y apartados asociados .....	25
5.1.7 Electricidad .....	25
5.1.8 Ayudas .....	26
5.2 Especificaciones sobre control de calidad .....	26
5.3 Medición, valoración y abono de las unidades de obra .....	27
5.3.1 Movimiento de tierra.....	28
5.3.2 Saneamiento.....	29
5.3.3 Cimentación y estructura.....	30
5.3.4 Aislantes e impermeabilizantes .....	31
5.3.5 Soldado y alicatado .....	31
5.3.6 Carpintería metálica .....	32
5.3.7 Valoración y abono de las obras .....	32
6. Pliego de Condiciones de equipos y maquinaria .....	34
6.1 Órganos de cierre y regulación de caudal en tuberías y canales .....	34
6.1.1 Generalidades.....	34
6.1.2 Válvulas .....	34
6.2 Bombas y soplantes.....	35
6.2.1 Bombas .....	35
6.2.2 Soplantes.....	36
6.3 Tuberías .....	37

# Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

6.3.1 Prueba de presión interior .....	39
6.3.2 Prueba de estanqueidad .....	40
6.3.3 Protección tuberías especiales .....	41
6.3.4 Ventosas de tuberías .....	41
6.3.5 Caudalímetros y contadores .....	42
6.3.6 Válvulas de retención .....	42
6.4 Control del proceso .....	42
6.4.1 Sala de control.....	42
6.4.2 Instrumentación.....	43
6.4.3 Lazos de medida .....	43
6.5 Control de instalaciones y equipos .....	43
6.5.1 Tubos de plástico .....	44
6.5.2 Juntas de caucho natural y sintético .....	44
6.5.3 Revestimiento de tubos .....	44
6.5.4 Válvulas .....	44
6.5.5 Motores .....	45
6.5.6 Bombas .....	46
6.5.7 Pruebas y ensayos de otros equipos e instalaciones.....	46
6.6 Pruebas de estanqueidad .....	46
6.6.1 Tuberías .....	46
6.6.2 Obras de hormigón.....	47
6.6.3 Caudalímetros y contadores .....	47
6.6.4 Válvulas de retención .....	47
6.7 Prueba general de funcionamiento .....	47

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

## 1. Objetivo

El presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares constituye el conjunto de normas que juntamente con las establecidas en los planos del Proyecto define todos los requisitos técnicos de las obras que son objeto del mismo.

En general se ha procedido a definir lo más exhaustivamente posible los conceptos de cada unidad de obra comprende. Tiene por objeto en primer lugar, establecer las condiciones que debe cumplir la maquinaria a instalar en el Tratamiento Terciario de la E.D.A.R a instalar.

Es importante puntualizar que las características técnicas de los equipos de proceso que ya han sido dimensionados en el Anexo de Dimensionamiento no se volverán a exponer en este apartado.

## 2. Ámbito de aplicación

Las instrucciones del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se aplicarán a todas las obras necesarias que se definen en el proyecto: “Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR”.

Además de las especificaciones en el presente pliego, serán de aplicación las disposiciones, normas y reglamentos, cuyas prescripciones, en cuanto puedan afectar a las obras objeto de este pliego, quedan incorporadas formando parte integrante de él mismo. En caso de discrepancia entre alguna de estas normas se adoptará la decisión del Ingeniero Director de la Obra.

Serán de aplicación de modo explícito las siguientes normas y disposiciones:

- Instrucciones del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (Normas UNE).
- Legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08.
- Recomendaciones Internacionales Unificadas para el Cálculo y la Ejecución de las Obras de Hormigón Armado (C.E.B.).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua (M.O.P. de Julio de 1947).

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

- Condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. Decreto 3275/82 del 12 de Noviembre.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones reglamentarias. Real Decreto 842/2002 del 2 de Agosto.
- Normas sismorresistentes: parte general y edificación (NCSE-02).
- Recomendaciones y Normas de la Organización Internacional de Normalización (I.S.O.).
- Normas del Código Técnico de Edificación (CTE).

Si alguna de las Prescripciones o Normas a las que se refieren los párrafos anteriores coincidieran de modo distinto en algún concepto, se entenderá como válida la más restrictiva.

### **3. Disposiciones generales**

#### **3.1 Contraindicaciones y omisiones del proyecto**

Los trabajos omitidos en el Pliego de Condiciones y omitidos en los Planos o viceversa, deberán ser ejecutados como si estuviesen en los dos documentos.

En caso de contraindicación entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último.

Las omisiones en los Planos y en los Pliegos de Condiciones y las descripciones erróneas de la obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuestos en los citados documentos, no sólo eximirán al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, al contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran estado completos y correctamente especificados en los Planos y los Pliegos de Condiciones.

#### **3.2 Autoridad del Ingeniero Director**

El Ingeniero Director de las obras resolverá cualquier cuestión que surja referente a la calidad de los materiales empleados en las diferentes unidades de obras contratadas, interpretación de planos y especificaciones y, en general, todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos encargados.

### **3.3 Subcontratos**

Ninguna parte de las obras podrá ser subcontratada sin consentimiento previo del Ingeniero Director de las mismas.

Las solicitudes para poder ceder cualquier parte del contrato deberán formularse por escrito y acompañarse con un testimonio que acredite que la organización que ha de encargarse de los trabajos que han de ser objeto de subcontratos está capacitada y equipada para su ejecución. La aceptación del subcontrato no relevará al contratista de su responsabilidad contractual.

### **3.4 Condiciones de tipo general de los materiales, sus aparatos y su procedencia.**

El contratista tienen libertad de proveerse de los materiales y aparatos de toda clase en los puntos que le parezca conveniente, siempre que reúna las condiciones exigidas en el contrato, que estén preferentemente preparados para el objeto que se apliquen, y sean empleados en obra conforme a las reglas del arte, a lo preceptuado en el Pliego de Condiciones y a lo ordenado por el Ingeniero Director.

Se exceptúa el caso en el que los Pliegos de Condiciones Particulares dispongan de un origen preciso y determinado, en cuyo caso, este requisito será de indispensable cumplimiento, salvo orden por escrito en contrario del Ingeniero Director,

Como norma general el Contratista vendrá obligado a presentar el Certificado de Garantía o Documento de Idoneidad Técnica de los diferentes materiales destinados a la ejecución de la obra. Todos los materiales y, en general, todas las unidades de obra que intervengan en la construcción del presente proyecto, habrán de cumplir las condiciones exigidas por el Pliego de Condiciones, por lo que el Ingeniero podrá rechazar material o unidad de obra que no reúna las condiciones exigidas, sin que el contratista pueda hacer reclamación alguna.

### **3.5 Plazo de comienzo y ejecución**

El adjudicatario deberá dar comienzo a las obras dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación definitiva a su favor, dando cuenta de oficio de la Dirección Técnica, del día que se propone inaugurar los trabajos, quien acusará recibo.

Las obras deberán quedar total u absolutamente terminadas en el plazo que se fije en la adjudicación a contar desde igual fecha que en el caso anterior. No se considerará motivo de demora de las obras la posible falta de mano obra o dificultades en la entrega de los materiales.

#### *3.6.1 Sanciones por retrasos de las obras.*

Si el constructor, excluyendo los casos de fuerza mayor, no tuviese concluidas completamente las obras y en disposición de inmediata disposición o puesta en servicio, dentro del plazo previsto en el artículo correspondiente, la propiedad oyendo el parecer de la Dirección Técnica, podrá reducir de las liquidaciones, fianzas o emolumentos de toda clase que tuviese en su poder las cantidades establecidas según las cláusulas del contrato privado entre Propiedad y Contrata.

### **3.6 Obras de reforma y mejora**

Si por decisión de la Dirección Técnica se introdujesen mejoras, presupuestos adicionales o reformas, el constructor que obligado a ejecutarlas, con la baja correspondiente conseguida en el acto de la adjudicación, siempre que la adjudicación no sea superior al 10% del presupuesto de la obra.

#### *3.5.3 Trabajos defectuosos*

El contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones generales exigidas en el Pliego de Condicione Generales y realizará todos los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en dicho documento.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que han contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por su mala calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que por el Ingeniero Director o sus auxiliares, no se la haya llamado la atención particular, ni tampoco el hecho de que le hayan sido valoradas las certificaciones parciales de obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta. Así mismo será de su responsabilidad la correcta conservación de las diferentes partes de la obra, una vez ejecutadas, hasta su entrega.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra, de acuerdo con el proyecto adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de ejecución de los trabajos o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo preceptuado y todo ello a expensas de la contrata.

En el supuesto de que la reparación de la obra, de acuerdo con el proyecto, o su demolición, no fuese técnicamente posible, se actuará sobre la devaluación económica de las unidades en cuestión, en cuantía proporcionada de los defectos y en relación al grado de acabado que se pretende para la obra.

En caso de reiteración en la ejecución de unidades defectuosas, o cuando estas sean de gran importancia, la Propiedad podrá optar, previo asesoramiento de la Dirección Facultativa, por la rescisión de contrato sin perjuicio de las penalizaciones imponer a la contrata en concepto de indemnización.

### **3.7 Recepción provisional de las obras.**

Una vez terminada la totalidad de las obras, se procederá a la recepción provisional, para la cual será necesaria la asistencia de un representante de la Propiedad, de los Ingenieros Directores de las obras y del Contratista o su representante. Del resultado de la recepción se extenderá un acta por triplicado, firmando los tres asistentes legales antes indicados.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha la garantía de un año.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, hará constar en el acta y se especificarán en la misma los defectos observados, así como las instrucciones al Contratista, que la Dirección Técnica considere oportunas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlo, expirado el cual, se efectuara un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, se considerará rescindida la Contrata con pérdidas de fianza, a no ser que se estime conveniente que se le conceda un nuevo e improrrogable plazo.

Será condición indispensable para que se proceda a la recepción provisional la entrega de la Contrata a la Dirección Facultativa de la totalidad de los planos de obra generales y de las instalaciones realmente ejecutadas, así como sus permisos de uso correspondientes.

### **3.8 Medición definitiva de los trabajos**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente, por parte de la Dirección de la obra a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista o un representante nombrado por él de oficio.

### **3.9 Plazo de garantía**

El plazo de garantía de las obras terminadas será de UN AÑO, transcurrido el cual se efectuará la recepción definitiva de las mismas, que de resolverse favorablemente, relevará al constructor de toda responsabilidad de conservación, reforma o reparación.

Caso de hallarse anomalías u obras defectuosas, la Dirección Técnica concederá un plazo prudencial para que sean subsanadas y si a la expiración del mismo resultase que el Constructor no hubiese cumplido su compromiso, se rescindiré el contrato, con pérdida de la fianza, ejecutando la Propiedad las reformas necesarias con cargo a la citada fianza.

### **3.10 Conservación de las obras recibidas provisionalmente**

Los gastos de conservación recibidos durante el plazo de garantía, comprendido entre la recepción parcial y la definitiva correrán a cargo del Contratista. En caso de duda será Juez Imparcial, la Dirección Técnica de la obra, sin que contra su recurso quepa ulterior recurso.

### **3.11 Recepción definitiva**

Finalizado el plazo de garantía se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades que la provisional. Si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán recibidas definitivamente y quedará el Contratista relevado de toda

responsabilidad administrativa quedando subsistente la responsabilidad civil según establece la Ley.

En caso contrario se procederá de idéntica forma que la preceptuada para la recepción provisional, sin que el Contratista tenga derecho a percepción de cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía y siendo obligación suya hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

### **3.12 Obligaciones de la Contrata**

Toda obra se ejecutará con estricta sujeción al proyecto que sirve de base a la Contrata, a este Pliego de Condiciones y a las órdenes e instrucciones que se indiquen por el Ingeniero Director o ayudantes delegados. El orden de los trabajos será fijado por ellos, señalándose los plazos prudenciales para buena marcha de las obras.

El Contratista habilitará por su cuenta los caminos, vías de acceso... así como una caseta en la obra donde figuren, en las debidas condiciones, los documentos esenciales del proyecto, para poder ser examinados en cualquier momento. Igualmente permanecerá en la obra bajo custodia del Contratista un “libro de órdenes”, para cuando lo juzgue necesario la Dirección, dictar las que hayan de extenderse, y firmarse el “enterado” de las mismas por el jefe de obra. El hecho de que en dicho libro no figuren las ordenes que preceptivamente tiene la obligación de cumplir el Contratista, de acuerdo con lo establecido en el “Pliego de Condiciones” de la Edificación, no supone eximente ni atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

Por la Contrata se precisarán todos los medios que se precisen y locales para almacenes adecuados, pudiendo adquirir los materiales dentro de las condiciones exigidas en el lugar y sitio que tenga por conveniente, pero reservándose siempre el propietario, siempre por sí mismo o por intermedio de sus técnicos, el derecho de comprobar si el Contratista ha cumplido sus compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra e igualmente en lo referente a las cargas en materia social, especialmente al aprobar las liquidaciones o recepciones de obras.

La Dirección Técnica con cualquier parte de la obra ejecutada que no esté de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones o con las instrucciones dadas sobre la marcha, podrá ordenar su inmediata demolición o su sustitución hasta quedar, a su juicio, en las mejores

condiciones, o alternativamente, aceptar la obra con la depreciación que estime oportuna, en su valoración.

Igualmente se obliga a la Contrata a demoler aquellas partes en que se aprecie la existencia de vicios ocultos, aunque se hubiesen recibido provisionalmente.

Son obligaciones generales del contratista las siguientes:

- Verificar las operaciones de replanteo y nivelación, previa entrega de las referencias por la Dirección de la Obra.
- Firmar las actas de replanteo y recepciones.
- Presenciar las operaciones de medición y liquidaciones, haciendo las observaciones que estime justas, sin perjuicio del derecho que se asiste para comprobar y examinar dicha liquidación.
- Ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aunque no esté explícitamente estipulado en este pliego.
- El contratista no podrá subcontratar la obra total o parcialmente, sin la autorización escrita por la Dirección, no reconociéndose otra personalidad que la del contratista o su apoderado.
- El Contratista se obliga, a sí mismo, a tomar a su carga a cuanto personal necesario a juicio de la dirección facultativa.
- El Contratista, no podrá, sin previo aviso, y sin consentimiento de la Propiedad y de la Dirección Facultativa, ceder ni traspasar sus derechos a otra persona o entidad.

### **3.13 Responsabilidades de la Contrata**

Son de exclusiva responsabilidad del Contratista, además de las expresadas las de:

- Todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sucedan a los operarios, tanto en la construcción como en los andamios, debiendo atenerse a lo dispuesto en la legislación vigente sobre accidentes de trabajo y demás preceptos, relacionados con la construcción, régimen laboral...

- El cumplimiento de las Ordenanzas y Disposiciones Municipales en vigor. Y en general será responsable de la correcta ejecución de las obras que haya contratado, sin derecho a indemnización por el mayor precio que pudieran costarle los materiales o por erradas maniobras que cometiera, siendo de su cuenta y riesgo los perjuicios que pudieran ocasionarle.

### **3.14 Seguridad e higiene en el trabajo**

El Contratista está obligado a redactar un estudio completo en Seguridad e Higiene específico para la presente obra, conformado y que cumpla las disposiciones vigentes, no eximiéndole el incumplimiento o los defectos del mismo de todas las responsabilidades de todo género que se deriven.

Durante las tramitaciones previas y durante la preparación, la ejecución y remate de los trabajos que estén bajo esta dirección Facultativa, serán cumplidas y respetadas al máximo todas las disposiciones vigentes y especialmente las que se refieren a la Seguridad e Higiene en el Trabajo, en la industria de la construcción, lo mismo que lo relacionado con los intervinientes en el trabajo como con las personas ajenas a la obra.

En caso de acciones ocurridas a los operarios, en el transcurso de ejecución de los trabajos de la obra, en Contratista se atenderá a lo dispuesto a este respecto en la legislación vigente, siendo en este caso, el único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad ni la Dirección Facultativa, por responsabilidad en ningún concepto.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por descuido o inexperiencia sobrevinieran, tanto en la propia obra como en las edificaciones contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en todos los trabajos de ejecución de la obra, cuando a ello hubiera lugar.

## **4. Condiciones Técnicas que han de cumplir los materiales**

Los materiales deberán de cumplir las condiciones que sobre ellos se especifiquen en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego, citándose como referencia:

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

- Normas MV.
- Normas UNE.
- Normas DIN.
- Normas ASTM.
- Normas NTE.
- Instrucción EHE-08 (REAL DECRETO 1247/2008, del 18 Julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)).
- Normas AEONOR.
- PIET-70.

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad, aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica, que avalen sus cualidades, emitidos por Organismos Técnicos reconocidos.

Por parte del Contratista debe existir la obligación de comunicar a los suministradores las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que el empleo previamente de los mismos, sea solicitado informe sobre ellos a la Dirección Facultativa y al Organismo encargado del Control de Calidad. El contratista será responsable del empleo de materiales que cumplan con las condiciones exigidas. Siendo estas condiciones independientes, con respecto al nivel del control de calidad para aceptación de los mismos que se establece en el apartado de Especificaciones de Control de Calidad. Aquellos materiales que no cumplan con las condiciones exigidas, deberán ser sustituidos, sea cual fuere la fase en que se encontrase la ejecución de la obra, corriendo el constructor con todos los gastos que ello ocasionase.

En el supuesto que por circunstancias diversas tal sustitución resultase inconveniente, a juicio de la Dirección Facultativa, se actuará sobre la devaluación económica del material en cuestión, con el criterio que marque la Dirección Facultativa y sin que el Constructor pueda plantear reclamación alguna.

### **4.1 Aguas**

En general podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas mencionadas como aceptables para la práctica.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

Cuando no se posean antecedentes de su utilización o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades del hormigón, deberán rechazarse todas las que tengan un pH inferior a 5. Las que posean un total de sustancias disueltas superior a 15 gramos por litro (15000ppm); aquellas cuyo contenido en sulfatos, expresados en SO, rebase 14 gramos por litro (14ppm); las que contengan ion cloro en proporción superior a 6 gramos por litro (6000ppm); las aguas en las que se aprecian hidratos de carbono y finalmente las que contengan sustancias orgánicas solubles en éter en calidad igual o superior a 15 gramos por litro (15000ppm).

La toma de muestras y los análisis anteriormente prescritos, deberán realizarse en la forma indicada en los ensayos UNE: 7236, 7234, 7130, 7131, 7178, 7132 y 72335.

Aquellas que se empleen para la confección de hormigón en estructura cumplirán las condiciones que se exige en la Instrucción EHE-08.

### 4.2 Arenas

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueda presentar la arena o árido fino no excederán de los límites indicados en la tabla 5.1, como se detalla a continuación.

*Tabla 5.1 Porcentajes sustancias perjudiciales en la arena o árido fino*

<b>Cantidad máxima en % del peso total de la muestra</b>	
Terrones de arcilla	1,00
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050 y que flota en un líquido de peso específico 2.	0,50
Compuesto de azufre, expresado en SO y referido al árido seco.	4,00

### 4.3 Grava para hormigones

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar las gravas o áridos gruesos no excederán de los límites que se indican en la tabla 5.2 a continuación:

*Tabla 5.2. Porcentajes en gravas o áridos.*

<b>Cantidad máxima en % del peso total de la muestra</b>	
Terrones de arcilla	0,25
Partículas blancas	5,00

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050 y que flota en un líquido de peso específico 2.	1,00
Compuesto de azufre, expresado en SO y referido al árido seco.	-

El árido grueso estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los alcalinos que contenga el cemento. Su determinación se realizará con arreglo al método de ensayo UNE-7173. En el caso de utilizar las escorias siderúrgicas como árido grueso, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Tanto las arenas como la grava empleada en la confección del hormigón para la realización de las estructuras deberán cumplir las condiciones que se exigen en las instrucciones EHE-08.

### 4.4 Cementos utilizables

Los cementos utilizables podrán ser cualquiera de los que se definen en el siguiente Pliego de Condiciones para la recepción de Conglomerados Hidráulicos, con tal de que sea de una categoría no inferior a la de 250 y satisfaga las condiciones que en dicho Pliego se prescriben. Además el cemento deberá ser capaz de proporcionar al hormigón las cualidades que a este se le exigen en el artículo 10º de la Instrucción EHE-08.

El empleo de cemento aluminoso deberá ser objeto en cada caso, de justificación especial, fijándose por la Dirección Facultativa los controles a los que deberá ser sometido.

En los documentos de origen figurarán el tipo, clase y categoría a la que pertenece el conglomerante. Conviene que en dicho documento se incluyan, asimismo, los resultados de los ensayos que previene el citado Pliego, obtenidos en un Laboratorio Oficial.

### 4.6 Mortero de cemento Portland

La preparación de los morteros de cemento Portland puede hacerse a mano o máquina. Si el mortero va a prepararse a mano, mezclarán previamente, la arena con el cemento en seco y añadiendo lentamente el agua necesaria. En el mortero batido a máquina se echará toda la mezcla junta, permaneciendo en movimiento, por lo menos 40 segundos. Se prohíbe tajantemente el rebatido de los morteros.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

Los morteros de uso más corrientes en albañilería son del tipo 1:3, 1:4 y 1:6, y cuyas dosificaciones son como se indica en la tabla 5.3 a continuación:

**Tabla 5.3 Dosificaciones más comunes para morteros.**

<b>Mortero de cemento</b>	<b>Kg./cemento</b>	<b>M<sup>3</sup>/arena</b>	<b>L./agua</b>
Tipo 1:3	440	0,975	260
Tipo 1:4	350	1,030	260
Tipo 1:6	250	1,100	255

No obstante la determinación de las cantidades o proporciones en que se deben entrar los distintos componentes para formar los morteros, será fijada en cada unidad de obra por la Dirección de Obra, no pudiendo ser variadas en ningún caso por el Constructor. A este efecto deberá existir en la báscula y los cajones y medidas para la arena, con los que se puedan comprobar en cualquier instante las proporciones de áridos, conglomerantes y aguas empleados en su confección.

### **4.6 Hormigones**

Los hormigones se ajustarán totalmente a las dosificaciones que se fijen en el correspondiente presupuesto y su cantidad será la necesaria para que no queden coqueas en la masa del hormigón sin perjuicio de su resistencia.

Durante la ejecución de la obra se sacarán probetas de la misma masa del hormigón que se acuerde de acuerdo con las condiciones de control de calidad previsto, observándose en su confección análogas características de apisonado y curado que en la obra. Dichas probetas se romperán a los veintiocho días de su fabricación, siendo válidos los resultados de este último plazo a los efectos de aceptación de la resistencia.

Si las cargas de rotura medidas fueran inferiores a las previstas podrá ser rechazada la parte de obra correspondiente, salvo que las probetas sacadas directamente de la misma obra den una resistencia superior a la de las probetas de ensayo. Si la obra viene a ser considerada defectuosa, vendrá obligado el contratista a demoler la parte de la obra que se le indique por parte de la Dirección Facultativa, rechazándola a su costa y sin que ello sea motivo para prorrogar el plazo de ejecución. Todos estos gastos de ejecución, ensayo y rotura de probetas serán por cuenta del Contratista.

Durante el fraguado y el primer periodo de endurecimiento del hormigón se precisa mantener su humedad, mediante el curado, que se realizará durante un periodo de siete días, durante los cuales se mantendrán húmedas las superficies del hormigón, regándolas directamente o después de abrirlas con un material como arpillera... que mantenga la humedad y evite evaporación rápida.

Los hormigones que se empleen en esta obra tendrán las características que indican en el cuadro adjunto y cumplirán las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE-08.

#### **4.7 Acero para armar**

El acero, para las estructuras de piezas de hormigón, será de primera calidad, fibroso, sin grietas, flexibles en frío y en modo alguno agrio o quebradizo. Sus características y métodos de ensayo vendrán dados por la norma UNE-36088. Tanto las barras y alambres como las piezas férricas, no presentarán en ningún punto de su sección restricciones superiores al 2.5%.

Aquellos que sean empleados en elementos estructurales de hormigón armado deberán cumplir las condiciones que se detallan en la Instrucción EHE-08.

#### **4.8 Materiales no consignados en este pliego.**

Cualquier material que no se hubiese consignado en el presente Pliego y fuese necesario utilizar, reunirá las condiciones que requieran para su función a juicio de la Dirección Técnica de la Obra y de conformidad con el Pliego de Condiciones del proyecto. Se consideran además de aplicación las normas: MP-160, NA-61 y PCHA-61 del I.E.T.C.O. así como toda la Normativa Tecnológica de la Obra, aunque no sea de obligado cumplimiento, siempre que haya sido aprobada por el orden ministerial. Así mismo serán de preferente aceptación aquellos que estén en posesión del Documento de Idoneidad Técnica.

#### **4.9 Aluminio**

Los perfiles de aluminio que se utilicen para la ejecución de las diferentes unidades constructivas serán de fabricación por extrusión y estarán sometidos a procesos de anodizado. El contratista deberá presentar Certificado de Garantía, en el que se haga

constar por el fabricante el cumplimiento de estas condiciones así como el espesor de la capa anódica y el procedimiento de coloración.

#### **4.10 Sellantes**

Los distintos productos para el sellado o relleno de juntas deberán poseer las propiedades siguientes:

- Garantía de envejecimiento.
- Impermeabilización.
- Perfecta adherencia a distintos materiales.
- Impermeabilidad ante el contacto permanente con el agua a presión.
- Capacidad de deformación reversible.
- Fluencia limitada.
- Resistencia a la abrasión.
- Estabilidad mecánica ante las temperaturas extremas.

A tal efecto, el Contratista presentará Certificado de Garantía del Fabricante en el que se haga constar el cumplimiento de su producto de los puntos expuestos. La posesión de Documentos de Idoneidad Técnica será razón preferencial para su aceptación.

### **5. Condiciones Técnicas que ha de cumplir la ejecución**

El proceso constructivo de las distintas unidades que conforman el proyecto se adaptará a las especificaciones de la Normativa vigente aplicándose con preferencia las siguientes:

- Normas MV.
- Normas Tecnológicas NTE.
- EHE-08.
- Normas CTE.

Por parte del Contratista deberá ponerse especial cuidado en la vigilancia y control de la correcta ejecución de las distintas unidades del Proyecto, con el fin de que la calidad se

atenga a las especificaciones que sobre ellas se prevenga en las distintas Normas que sirven de apoyo y guía del proceso constructivo. La aceptación o no de las partes ejecutadas será independiente de que estas hayan sido o no certificadas, puesto que en todo caso las certificaciones deben ser consideradas como “a buena cuenta”.

## **5.1 Condiciones generales de la ejecución**

### *5.1.1 Replanteo*

Los replanteos, trazados, nivelaciones y demás obras previstas, se efectuarán por el Contratista de acuerdo con los datos del proyecto, planos, medidas, datos u órdenes que se faciliten, realizando el mismo, con el máximo cuidado, de forma que no se admitirán errores mayores de 1/500 de las dimensiones genéricas, así como de los márgenes de error indicados en las condiciones generales de ejecución del resto de las unidades de obra. La Dirección Facultativa controlará todos estos trabajos a través del Ingeniero Director, Ingeniero Técnico o persona indicados a tal efecto, si bien, la Contrata será totalmente responsable de la mala ejecución del replanteo, nivelación...

La Contrata proporcionará personal y medios auxiliares necesarios para estos operarios, siendo responsable por las modificaciones o errores que resulten por la desaparición de estacas, señales o elementos esenciales establecidos.

### *5.1.2 Movimiento de tierra-agotamiento*

Los vaciados, terraplenados, zanjas, pozos... se ejecutarán con las dimensiones, pendientes y características que se fijan así como los materiales señalados en la medición.

En caso de que fuera necesario apuntalar, entibar o realizar cualquier medida de precaución o protección de las obras, el Contratista vendrá obligado a realizarlas de acuerdo con las necesidades del momento y con las órdenes de la Dirección Facultativa.

La profundidad de la cimentación, será la necesaria hasta encontrar terreno firme, sea más o menos que la calculada en el proyecto, abonándose por unidad de obra resultante. No se procederá al mezclado sin orden expresa la Dirección.

Diariamente se comprobarán los entibados, para evitar posibles tumbos, en cuyo caso y de producirse desgracias personales o materiales, será de exclusiva responsabilidad de la Contrata.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

Si se presentasen agotamientos, se adoptarán las medidas convenientes para su ejecución por administración, salvo pacto contrario.

### *5.1.3 Pocería y saneamiento*

Las obras de pozos... se harán con los materiales marcados en medición y con las dimensiones y pendientes fijadas en cada caso, previos los replanteos que correspondan.

El ancho de la zanja para alojar los tubos de saneamiento será el necesario para poder ejecutar los trabajos de ejecución sin entorpecimientos. Estos se apoyarán sobre el material adecuado que recogerá la unidad correspondiente en medición y se rellenaran con tierras con tongadas de 20cm.

El pozo de saneamiento se bruñirá al interior con las aristas redondeadas y con pendiente hacia el tubo de salida. Antes de su ejecución se replantearán en situación y nivelación de acuerdo con la pendiente indicada.

Todos los materiales se protegerán perfectamente durante el transporte, colocación y uso de los mismos.

### *5.1.4 Estructura*

La estructura cumplirá con todas las normas en vigor, en cuanto a valoración de cargas, esfuerzos, coeficiente de seguridad, colocación de elementos estructurales y ensayos y control de las mismas según se especifica en las hojas adjuntas. Cumplirán las condiciones que se exigen en las Instrucciones EHE-08, MV-102, MV-104, MV-105, MV-106, MV-107 y AE-06.

No obstante se incluyen una serie de condiciones de ejecución que habrán de verificarse en la elaboración, colocación y construcción definitiva de la misma.

Los hierros tanto de redondos como de perfiles laminados serán del diámetro, clase y tamaño especificados en los planos de estructura.

Se replanteará perfectamente toda la estructura de acuerdo con los planos, tanto en planta como en altura y tamaños, antes de proceder a la colocación de encofrados, apeos y demás útiles de ayuda.

Todos los hierros de la estructura, su despiece y colocación se comprobarán antes de estar colocados en su sitio, tanto en encofrados como en apeos, no procediendo a su

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

hormigonado hasta que se haya verificado por la Dirección Facultativa. Se comprobarán en todos los casos las nivelaciones y verticalidades de todos los elementos tanto de encofrado como de estructura.

En las obras de hormigón armado se regarán todos los encofrados antes de hormigonar, debiéndose interrumpir este en caso de temperaturas inferiores a 5°. Durante los 7 primeros días como mínimo será obligatorio el regado diario y no se desencofrará antes de los 7 días en caso de pilares y muros, y de 15 días en caso de vigas, losas y forjados reticulados, no permitiéndose hasta entonces la puesta en carga de ninguno de los elementos de esta estructura.

En los forjados de tipo cerámico o de viguetas, se procederá al macizado de todas las uniones del mismo con vigas y muros en una dimensión no inferior a unos 50cm del eje del apoyo, así como a la colocación de los hierros de atado y de refuerzo para cada vigueta de acuerdo con los planos de estructura y detalles, incorporándose también el mallazo de reparto.

Las entregas de las viguetas tanto de forjados como de cargaderos serán como mínimo de 15cm.

### *5.1.5 Carpintería de armar, de taller y metálica*

Todos los elementos de carpintería de armar que se empleen han de tener las dimensiones y escuadrías necesarias para cumplir las condiciones de resistencia que hayan de soportar.

La carpintería de taller y metálica comprenderá las diversas clases de tipos de puertas, ventanas... que se faciliten en la memoria. Las espigas, acopladuras... cumplirán las normas precisas en grueso, dimensiones y demás aspectos. Los contracerros en madera serán de un mínimo de 4x7 ó 4x11, según pertenezcan a tabique o tabicón, llevando los cabeceros cogote no inferior a 7cm.

No se admitirán nudos soltadizos, resquebrajaduras y uniones encoladas, así como golpes de obra... exigiéndose el lijado de fábrica en caso de madera y minado en metálica y la total terminación del lijado, pintura o barnizado para su certificación como unidad ejecutada.

Los herrajes de colgar y seguridad tendrán las dimensiones y características apropiadas a las superficies y peso de las hojas según las normas a aplicar.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

Los zócalos, jambas y tapajuntas serán de las dimensiones y características adecuadas, según los planos de detalle exigiendo las mismas condiciones que para el resto de la carpintería del taller.

### *5.1.6 Fontanería y apartados asociados*

Los aparatos asociados serán los que figuren en los planos y las mediciones exigiéndose la marca y calidad definidas, no permitiéndose los aparatos defectuosos fabricación, burbujas, poros o grietas.

Se colocarán perfectamente nivelados, sujetos al suelo.

No se admitirán los alicatados que se estropeen por culpa de la colocación de los aparatos o de los accesorios, siendo cuenta del Contratista la reposición de aquellos.

### *5.1.7 Electricidad*

Los mecanismos de electricidad serán los que figuren en los planos y en las mediciones, exigiéndose la marca, color y calidad definidos en aquellos, no permitiéndose aparatos defectuosos, decolorados, con fisuras... toda la instalación cumplirá el Reglamento de Baja Tensión y los distintos conductores tendrán la secciones mínimas que en él se prescriben.

Los mecanismos se instalarán nivelados y a las distancias que indique la Dirección Facultativa.

La instalación definitiva se instalarán acorde a los planos de la empresa montadora, en los que incluirán todos los por menores de la instalación, exigiendo esta premisa como condición previa.

La instalación irá empotrada bajo un tubo de policloruro de vinilo y de todas las normas de Baja y Alta tensión del Ministerio de Industria, en todo lo concerniente a tomas de tierra, disyuntores automáticos, simultaneidad... así como las particularidades de la compañía suministradora.

Así las canalizaciones se instalarán separadas 30cm como mínimo de la de agua y 5cm como mínimo de las de teléfono o antenas. En cualquier caso todos los materiales de la instalación se protegerán durante el transporte, uso y colocación de los mismos.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

La instalación de toma a tierra será de uso exclusivo para la puesta a tierra de toda la instalación eléctrica. La tensión de contacto será inferior a 24V en cualquier masa y con una resistencia del terreno menor 20 Ohmios.

### 5.1.8 Ayudas

El contratista que obligado a realizar los trabajos de ayudas contratados porcentualmente o especificados en el presupuesto de la contrata, justificando a través de partes los costes que han supuesto las mismas en caso de alcanzar las cifras presupuestadas, las diferencias se descontarán de las certificaciones o de la liquidación final.

En caso de superarse las previsiones en el contrato, el contratista no tendrá derecho a reclamar cantidad adicional alguna.

Se consideran ayudas las siguientes:

- Apertura de cierre y de rozas.
- Pasos en muros y forjados.
- Andamiaje necesario, comprendiendo su montaje, desmontaje y desplazamiento.
- Mano de obra y maquinaria mecánica para la descarga y desplazamiento de los materiales pesados de la obra.
- Instalaciones de puntos de luz, fuerza y agua, necesarios para la ejecución de las instalaciones.

Por el contrario no se cuentan como ayudas de albañilería de aquellos trabajos que puedan ser medibles como unidades de obra y que recogemos a continuación:

- Excavaciones y rellenos.
- Construcción de barricadas.
- Pozos, aljibes...
- Alineaciones de ventilación o conductos en obras de fábricas.
- Repuestos para inspección.

## 5.2 Especificaciones sobre control de calidad

Por parte de la Propiedad y con la aprobación de la Dirección Facultativa, se encargará en un Laboratorio de Control de Calidad, con homologación reconocida, ejecución del

Control de Calidad de aceptación. Independientemente el constructor deberá llevar a su cargo y bajo su responsabilidad el Control de Calidad de la producción.

El constructor deberá facilitar a su cargo, al Laboratorio de Control designado por la Propiedad, las muestras de los distintos materiales necesarios, para la realización de los ensayos que se relacionan, así como aquellos otros que se estimase ordenar por la Dirección Facultativa. Con el fin de que la realización de los ensayos no suponga obstáculos alguno en la buena marcha de la obra, las distintas muestras de material se entregarán con antelación suficiente y que como mínimo será de 15 días más el propio tiempo de realización del ensayo.

Por lo que respecta a los controles de ejecución sobre unidades de obra, bien en periodo constructivo, bien terminadas, el Constructor facilitará al Laboratorio de Control todos los medios auxiliares y mano de obra no cualificada, que precise para la realización de los distintos ensayos y pruebas.

En los cuadros que lo acompañan se adjuntan, se detalla una relación de materiales con especificaciones de los controles a realizar y su intensidad de muestreo en su grado mínimo. El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fijadas para los mismos conducirá al rechazo de los mismos en la situación en que se encuentra, ya sea en el almacén, acoplado en la obra o colocado, siendo el caso, el Constructor tendrá derecho a realizar a su cargo, un contraensayo, que designará el Director de la Obra y de acuerdo con las instrucciones que se dicten al efecto del mismo. En base a los resultados de este contraensayo, la Dirección Facultativa podrá autorizar el empleo del material en cuestión, no pudiendo el Constructor plantear reclamación alguna como consecuencia de los resultados obtenidos del ensayo de origen.

Ante un supuesto caso de incumplimiento de las especificaciones y en el que por circunstancias de diversa índole, no fuese recomendable la sustitución del material y se juzgase como de posible utilización por parte de la Dirección Facultativa, previo al consentimiento de la Propiedad, el Director de la Obra podrá actuar sobre la devaluación del precio del material, a su criterio, debiendo el Constructor aceptar dicha devaluación, si la considera más aceptable que preceder a la sustitución. La Dirección Facultativa decidirá si es viable la sustitución del material.

### **5.3 Medición, valoración y abono de las unidades de obra**

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

Se indica a continuación el criterio de adoptado para la realización de las mediciones de las distintas unidades de obra, así como la valoración de las mismas.

El Constructor deberá aportar el estudio de sus precios unitarios a los criterios de medición que aquí se expresan, entendiéndose que las condiciones ofertadas se corresponden totalmente con ellas.

En caso de indefinición de alguna unidad de obra, el constructor deberá acompañar a su oferta con la aclaraciones precisas que permitan valorar el alcance de la cobertura del precio de la cantidad ofertada, es para la unidad de obra correspondiente, totalmente acabada y de acuerdo con las especificaciones.

Si por omisión apareciese alguna unidad cuya forma de medición y abono no hubiese quedado especificada o en los casos de aparición de precios contradictorios, deberá recurrirse al Pliego de Condiciones de Carácter General, debiéndose aceptar en todo caso por el Constructor, de forma inapelable, la propuesta redactada a tal efecto por el Director de la Obra.

A continuación se especifican los criterios de medición y valoración de las diferentes unidades de obra.

### *5.3.1 Movimiento de tierra*

- Excavaciones

Se medirán y abonarán por su volumen deducido de las líneas teóricas de los planos y ordenes de la Dirección de Obra.

El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias para excavación, incluso el transporte al vertedero o a depósito de los productos sobrantes, el refino de las superficies de excavación, la tala y descuaje de toda la clase de vegetación, las entibaciones y otros medios auxiliares, la construcción de desagües para evitar la entrada de aguas superficiales y la extracción de las mismas, el desvío o taponamiento de los manantiales y los agotamientos necesarios.

No serán abonables los trabajos y materiales que hayan de emplearse para evitar posibles desprendimientos, ni los excesos de excavación que por conveniencia o por otras causas ajenas a la Dirección de Obra, ejecute el Constructor.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

No serán de abono los desprendimientos, salvo en aquellos casos que se pueda comprobar que fueron debidos a una causa mayor. Nunca lo serán los debidos a negligencias del Constructor o a no haber cumplido las órdenes de la Dirección de Obra.

Los precios fijados para la excavación serán válidos para cualquier profundidad y en cualquier clase de terreno.

- Rellenos

Se medirán y abonarán por metros cúbicos, ya compactados, sobre planos o perfiles transversales al efecto.

El precio comprende todas las operaciones necesarias para la realización de la unidad, así como el aporte de los materiales acordes con las especificaciones, medios auxiliares... para obtener la unidad de obra terminada totalmente, cumpliendo las exigencias marcadas en el proyecto.

En el caso de que se ocasionen excesos de relleno motivados por sobreexcavaciones sobre las líneas teóricas o marcadas por la Dirección de Obra, estará el Constructor obligado a realizar a estos en exceso a su costa, pero cumpliendo las especificaciones de calidad, todo ello siempre que no exista causa de fuerza mayor que lo justifique.

Los precios fijados para el relleno de distintas profundidades se aplicarán en cada caso a toda la altura del mismo.

### 5.3.2 Saneamiento

- Pozos de registros

El precio comprende los materiales, la mano de obra, medios auxiliares, excavación de tierras, rellenos... necesarios para dejar completamente terminada la unidad tal y como se encuentra definida en los documentos del proyecto.

- Tuberías en general

Se medirán y abonarán por ml realmente ejecutado sobre Ud. totalmente terminada, sin incremento alguno por enchufes o empalmes, piezas especiales... que quedará incluido en el metro lineal especificado.

El precio comprende los materiales, mano de obra, medios auxiliares, evacuación de tierras, rellenos... necesarios para dejar completamente terminada la unidad. Incluye

asimismo, la base de asiento según las especificaciones del proyecto u órdenes de la Dirección de Obra, realización de corchetes de ladrillo, fijaciones...

### 5.3.3 Cimentación y estructura

- Hormigones

Se medirán y abonarán por m<sup>3</sup> resultantes de aplicar a los distintos elementos, hormigonadas las dimensiones acotadas en los planos y ordenadas por la Dirección de Obra.

Quedan incluidos los precios de los materiales, mano de obra, medios auxiliares, encofrados y desencofrados, fabricación, transporte, vertido y compactación, curado, realización de juntas y cuantas operaciones sean precisas para dejar completamente terminada la unidad de acuerdo con las especificaciones del Proyecto.

En particular quedan asimismo incluidas las adiciones, tales como plastificantes, acelerantes, retardantes... que sean incorporados al hormigón que acusen irregularidades de los encofrados o presenten defectos que a juicio de la Dirección Facultativa exijan tal actuación.

No han sido considerados encofrados para los distintos elementos de la cimentación, debiendo el Contratista incluirlos en su precio si estimase este encofrado necesario.

- Armadura

Las armaduras se medirán y abonarán por su peso teórico, obtenido de aplicar el precio lineal de los diferentes diámetros de longitudes acotados en los planos.

Quedan incluidos en el precio los excesos por tolerancia de laminación, empalmes no previstos y pérdidas por demerito de puntas de barra, lo cual deberá ser tenido en cuenta por el Constructor en la formación del precio correspondiente, ya que no serán abonados estos conceptos.

El precio asignado incluye los materiales, mano de obra y medios auxiliares, para la realización de las operaciones de corte, doblado y la colocación de las armaduras en obra, incluso los separadores y demás medios para mantener los recubrimientos de acuerdo con las especificaciones de Proyecto.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

No serán de abono los empalmes que por conveniencia del Constructor sean realizados tras la aprobación de la Dirección de Obra y que no figuren en los planos.

- Forjados

Se medirán y abonarán por metros cuadrados realmente ejecutados y medidos por la cara superior del forjado, descontando los huecos que por sus dimensiones libres en estructura sin descontar anchos de vigas y pilares. Quedan incluidos en el precio asignado al metro cuadrado, los macizados en las zonas próximas a vigas de estructura, los zunchos de bordes e interiores incorporados en el espesor del forjado e incluso la armadura transversal de reparto de la capa de compresión y la de negativos sobre apoyos.

El precio comprende además los medios auxiliares, mano de obra, materiales, así como las cimbras encofrados... necesarios.

### 5.3.4 Aislantes e impermeabilizantes

Se medirán y abonarán por metro cuadrado de superficie tratada o revestida. El precio incluye todos los materiales, mano de obra, medios auxiliares y operaciones precisas para dejar totalmente terminada la unidad.

No se abonarán los solapes que deberán contabilizarse dentro del precio asignado.

### 5.3.5 Soldado y alicatado

- Pavimento asfáltico

Se medirá y abonará en metros cuadrados de superficie ejecutada y medida en proyección horizontal. El precio incluye los materiales, medios auxiliares, mano de obra y operaciones necesarias para dejar totalmente terminada la unidad, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, es decir, tanto la capa de imprimación como la realización del pavimento, incluso sus juntas.

- Soldados en general

Se medirán y abonarán por metro cuadrado de superficie de pavimento realmente ejecutada.

El precio ofrece el mortero de asiento, lechada, parte proporcional de juntas de latón, las capas de nivelación y en general toda la mano de obra, materiales, medios auxiliares y

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

operaciones precisas para dejar totalmente terminada la unidad, de acuerdo con las prescripciones del proyecto.

### 5.3.6 Carpintería metálica

- Emparrillados metálicos y barandillas

Se medirán y abonarán en metros cuadrados de superficie totalmente ejecutada.

El precio incluye los materiales, la mano de obra, medios auxiliares, operaciones y parte proporcional de elementos de anclaje y dejar para dejar totalmente terminada la unidad y su protección a base de dos manos de antioxidante y dos de esmaltes.

- Acero laminado

La definición y formas de medición de este precio es análogo al señalado anteriormente.

- Tubos y otros perfiles metálicos

Se medirán y abonarán por ml medidos sobre su eje, contando entregas y solapes.

El precio incluye los materiales, la mano de obra, operaciones, medios auxiliares, soldaduras, parte proporcional de elementos de fijación y piezas especiales y en general todo lo preciso para completa terminación de la unidad de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

### 5.3.7 Valoración y abono de las obras

- **Alcance de los precios**

El precio de cada unidad de obra afecta a obra civil y/o instalación, equipo, máquina... abarca:

- Todos los gastos de extracción, aprovisionamiento, transporte, montaje, pruebas en vacío y carga, muestras, ensayos, control de calidad, acabado de materiales, equipos de obras necesarios, así como las obras de albañilería, electricidad, fontanería y de cualquier otra índole que sean necesarios.
- Todos los gastos que dé lugar el personal que directa o indirectamente intervenga en su ejecución y todos los gastos relativos a medios auxiliares,

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

ayudas, seguros, gastos generales, gravámenes fiscales o de otra clase e indemnizaciones o abonos por cualquier concepto, entendiéndose que la cantidad de obra quedará total y perfectamente terminada y con la calidad que se exige en el proyecto, y que, en todo caso tiene el carácter de mínima.

No se podrá reclamar, adicionalmente a una unidad de obra, otras en concepto de elementos o trabajos previos y/o complementarios, a menos que tales unidades figuren medidas en el presupuesto.

- **Relaciones laborales**

Por la Dirección Técnica de la Obra se formarán mensualmente las relaciones valoradas de los trabajos ejecutados, contados preferentemente “al origen”.

Descontado de la relación de cada mes el total de los meses anteriores, se obtendrá el volumen total de la obra ejecutada.

El Constructor podrá presenciar la toma de datos para extender dichas relaciones valoradas, disponiendo de un plazo de seis días naturales para formular las reclamaciones oportunas; transcurridos los cuales sin objeción alguna, se le reputará total y absolutamente conforme a ellas.

Para el cómputo de este plazo se tomará como fecha la de la medición valorada correspondiente.

Estas relaciones valoradas, por lo que a la Propiedad y Dirección Facultativa se refiere, sólo tendrán carácter provisional, no entrañando aceptación definitiva ni aprobación absoluta.

- **Obras que tiene derecho a percibir el constructor**

El constructor tiene derecho a percibir el importe a Precio de Presupuesto o Contradictorios, en su caso, en todas las unidades que realmente ejecute, sean inferiores iguales o superiores a las consignadas en el Proyecto salvo pacto en contrario siempre que respondan a éste o lo hayan sido expresamente ordenadas por escrito por la Dirección Técnica, según ha estado establecido en el artículo correspondiente.

- **Pago de las obras**

El pago de las obras se verificará por la Propiedad contra la certificación aprobada, expedida por la Dirección Facultativa de ellas.

Los pagos dimanantes de liquidaciones tendrán el carácter de anticipos “a buena cuenta”, es decir, que son absolutamente independientes de la liquidación final y definitiva de las obra, quedando pues sujetas a rectificación, verificación o anulación si procedieran.

En ningún caso salvo en el de rescisión, cuando así convenga a la Propiedad, serán a tener en cuenta, a efectos de liquidación, los materiales acopiados a pie de obra y cualesquiera otros elementos que en ella estén interviniendo.

Serán de cuenta del Constructor cuantos gastos de todo orden se originen a la Administración, a la Dirección Técnica o a sus Delegados para la toma de datos y redacción de las mediciones u operaciones necesarias para abonar total o parcialmente las obras.

Terminadas las obras, se procederá a hacer la liquidación general que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyen la totalidad de la obra.

## **6. Pliego de Condiciones de equipos y maquinaria**

### **6.1 Órganos de cierre y regulación de caudal en tuberías y canales**

#### *6.1.1 Generalidades*

Las válvulas y compuertas accionadas por servomotores eléctricos o neumáticos llevarán un equipo de accionamiento manual para apertura y cierre de las mismas.

Estarán dotadas de dispositivos limitadores y de seguridad. Si alguna válvula o compuerta gobernada automáticamente no llevará equipo de accionamiento manual, por causas justificadas y aprobadas por la Dirección de la Obra, el Contratista suministrará y montará dos unidades de aislamiento y una derivación dotada de una tercera para la totalidad del caudal. Todos los órganos de cierre y regulación llevarán señalización externa de su posición.

#### *6.1.2 Válvulas*

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

Las válvulas metálicas todo-nada podrán ser de compuerta o mariposa. El cuerpo de las válvulas metálicas será de acero fundido y los órganos de cierre y ejes de acero inoxidable.

### 6.2 Bombas y soplantes

#### 6.2.1 Bombas

En las instalaciones de bombeo en que solo se requiera una sola bomba, existirá otra de reserva que entrara automáticamente en funcionamiento en caso de avería de la primera.

Si el servicio requiere varias bombas en paralelo, la reserva quedará limitada al 50% por exceso de las existentes y como mínimo alcanzará una unidad.

Las bombas cuyo caudal tenga que ser variable en función de alguna medida de control, conseguirán la verificación mediante cambios continuos de su velocidad. Serán preferibles los variadores de tipo estático (estáticos o dinámicos) a los mecánicos.

- Bombas centrifugas

Todas las bombas centrifugas se diseñaran de forma que el punto nominal de funcionamiento se correspondiente a un caudal un 10% superior al correspondiente en los cálculos, con la misma presión.

El ofertante incluirá la especificación técnica de cada bomba indicando fabricante, velocidad, número de etapas y curvas característica, incluyendo la curva de NPSH.

Los materiales de los distintos elementos cumplirán las condiciones siguientes:

- Carcasa: Fundición nodular u otro material que proponga el licitador justificándolo debidamente.
- Eje: acero inoxidable.
- Rodetes: Bronce o acero inoxidable.
- Cierre: mecánico salvo en aquellos que trasieguen arenas o líquidos cargados con partículas abrasivas.

Las bombas serán montadas de tal forma que sus acoplamientos de entrada y salida del líquido impulsado no soporten tensiones producidas por las tuberías acopladas.

Si una bomba requiere, como parte de su mantenimiento preventivo la limpieza e

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

inspección periódica del interior de la cáscara, esta deberá poder hacerse sin recurrir al desmontaje del motor de accionamiento ni de la propia cáscara.

Todas las tuberías de impulsión dispondrán de conexiones con válvula auxiliar y racord de 3/4" para posibilitar la medida de la presión con manómetro.

Todas las bombas centrifugas se instalarán con la aspiración bajo la carga hidrostática adecuada a fin de evitar el descebado y las vibraciones. Se evitará asimismo y por ese motivo curvas cerradas y diseños complejos en la aspiración, que debe ser lo más simple y directa posible.

Cualquier bomba instalada dispondrá de las válvulas de aislamiento correspondientes además de las antirretorno que precise.

- Otro tipo de bombas

El ofertante incluirá en su oferta la especificación técnica de cada bomba indicando fabricante, materiales de las partes principales y cuantas características ayuden a definir completamente la maquinaria.

De aquellas piezas de la bomba (tubo elástico en las peristálticas, membrana o embolo en las alternativas) cuya duración normal asegurada por el fabricante debe ser un dato fundamental en el proceso de selección. Se indicará la duración garantizada. En general, se adoptarán para las bombas citadas los mismos criterios de instalación que para las bombas centrífugas.

### 6.2.2 Soplantes

El ofertante incluirá en la oferta la especificación técnica de cada máquina indicando el fabricante, materiales, sistemas de refrigeración y cuantas características ayuden a definirla completamente.

El nivel de ruido deberá ser lo más bajo posible, a la vez que se dispondrán los sistemas de filtrado de aire que aseguren un óptimo funcionamiento de las máquinas.

Las instalaciones y tuberías cuya temperatura sobrepase las temperaturas admitidas, se dispondrán de tal forma que eviten accidentes o quemaduras por contacto involuntario de los operarios.

Las máquinas instaladas comprimiendo gas contra una red común, dispondrán de las oportunas válvulas de aislamiento y antirretorno de la mejor calidad. Se asegurarán

mediante soportes adecuados y elementos estáticos correspondientes que las máquinas no soporten tensiones ni transmitan vibraciones a las tuberías.

Se dispondrá para cada máquina la oportuna conexión para termómetro y manómetro, así como el manómetro fijo bien visible desde el exterior, indicador de la presión de la red principal.

En contratista expondrá cuidadosamente tanto en la memoria como en las especificaciones de la máquina y presupuestos, las características detalladas de los equipos, edificios y tuberías e instalaciones, que han sido objetos de los párrafos anteriores, procurando desglosar al máximo las partidas.

El organismo competente exigirá en cualquier caso al adjudicatario la instalación de los elementos auxiliares que aseguren el cumplimiento de las normas antes señaladas, dentro del precio del conjunto dentro de la instalación ofertada.

Cuando la utilización del fluido impulsado requiera condiciones que obliguen a su secado se especificará claramente si éste se efectuará mediante maquina frigorífica o de absorción.

### **6.3 Tuberías**

Los apoyos, soportes, cuñas y altura de apilado de verán ser tales que no se produzcan daños en las tuberías y sus revestimientos o deformaciones permanentes. Las tuberías y accesorios cuyas deformaciones pudieran verse directa o negativamente por la temperatura, insolación o heladas deberán almacenarse debidamente. El fondo de zanja deberá quedar perfilado de acuerdo con la pendiente de la tubería.

Durante la ejecución de los trabajos se cuidará que el fondo de la excavación no esponje o sufra hinchamiento y si ello no fuera posible, se recompactará con medios adecuados hasta la densidad original.

Si la capacidad portante del fondo es baja, que como tal se entenderá aquella cuya carga admisible sea inferior a  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ , deberá mejorarse el terreno mediante sustitución o modificación. La sustitución consistirá en la retirada del material indeseable y su sustitución por el material seleccionado tal como arena, grava o zahorra. La profundidad de sustitución será la adecuada para corregir la carga admisible hasta los  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ . El material de sustitución tendrá un diámetro máximo de partícula de 33mm.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

La modificación o consolidación del terreno se efectuará mediante la adición de material seleccionado al suelo original y compactación. Se podrán emplear arenas, zahorras y otros materiales inertes con un tamaño máximo de 33mm y asimismo adiciones de cementos o productos químicos.

Asimismo se mantendrá el fondo de la excavación adecuadamente drenado y libre de agua para asegurar la instalación satisfactoria de la conducción y la compactación de las camas de apoyo.

La realización de la cama de apoyo tiene como misión asegurar una distribución uniforme de las presiones de contacto que no afecten a la integridad de la condición.

Para tuberías con protección exterior, el material de la cama de apoyo y la ejecución de esta deberá ser tal que evite el lavado y transporte del material constituyente de la cuna.

Si la tubería estuviese colocada en zonas de agua circulante deberá apoyarse de un sistema que evite el lavado y transporte del material constituyente de la cuna.

Los materiales granulares para asiento y protección de tuberías no contendrán más del 0.3% de sulfato, expresado como trióxido de azufre. Las dimensiones de las camas del material granular serán las indicadas en los planos.

Las conducciones podrán reforzarse con recubrimiento de hormigón si tuvieran que soportar cargas superiores a las de diseño de la propia tubería, evitar erosiones o desgastes o añadir peso para evitar su flotabilidad bajo nivel freático. Las características del hormigón y dimensiones de las secciones reforzadas vendrán indicadas en los planos.

Las tuberías, sus accesorios y material de juntas y cuando sean aplicables los revestimientos de protección interior y exterior, se inspeccionarán antes del descenso a la zanja para su instalación. Dicho descenso se realizará con equipos de elevación adecuados como cables, eslingas, balancines y elementos de suspensión que no puedan dañar a la conducción ni sus revestimientos. Las partes de las tuberías correspondientes a las juntas se mantendrán juntas y protegidas.

El empuje para el enchufe coaxial de los diferentes tramos deberá ser controlado, pudiendo utilizarse gatos hidráulicos o mecánicos, palancas manuales y otros dispositivos, cuidando que durante la fase de empuje no se produzcan daños.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

En las juntas soldadas, en alineación recta de los tubos, el solape o enchufe de las boquillas no será inferior a 50mm. En alineaciones curvas se podrá formar un ángulo en la junta que permita el enchufe normal de los tubos y como máximo que permita una correcta soldadura sin necesidad de añadir elementos suplementarios para el cierre de la junta. La soldadura se efectuara preferentemente por la parte interior, de forma que no quede ningún poro, para conseguir una perfecta estanqueidad.

Terminadas las soldaduras y comprobadas éstas se ejecutarán los manquitos exteriores e interiores enrasados estos últimos con el hormigón de los tubos. Previamente a la ejecución de los manguitos se pintarán los hormigones de los tubos y la chapa de las boquillas con productos adherentes y en el mortero de los manquitos se adicionarán productos expansivos.

Las juntas y conexiones de todo tipo deberán ser realizadas de forma adecuada y por personal experimentado.

Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los tubos adyacentes, en el caso de zanjas con pendientes superiores al 10%, la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que, a juicio de la Administración, no sea posible colocar en sentido ascendente, se tomarán las precauciones previstas para evitar el deslizamiento de los tubos. Una vez montados los tubos y las piezas, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y en general todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

Estos apoyos o sujeciones serán de hormigón, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente y con el desarrollo para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos soportados. Para estas sujeciones y apoyos se prohíbe totalmente el empleo de cuñas de piedra o de madera que puedan desplazarse. Serán preceptivas las dos pruebas siguientes de las tuberías instaladas en zanjas:

### *6.3.1 Prueba de presión interior*

A medida que avanza el montaje de la tubería se procederá a pruebas parciales de presión interna por tramos de longitud fijada por la Dirección de Obra.

Se empezará por rellenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo arriba una vez que se haya comprobado que no existe

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

aire en la conducción. A ser posible se dará entrada al agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará más lentamente para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión de aire y para comprobar que todo el interior del tramo se encuentra comunicado en la forma debida.

La bomba para la presión hidráulica puede ser manual o mecánica, pero en éste último caso deberá ser provisto de llaves de descarga o elementos adecuados para poder regular el aumento de presión. Se colocará en el punto más bajo de la tubería que se va a ensayar y estará provisto de dos manómetros, de los cuales uno de ellos será proporcionado por la Administración o previamente comprobado por la misma.

Los puntos extremos del tramo que se quiere comprobar se cerrarán convenientemente con piezas especiales que se apuntalarán para evitar el deslizamiento de las mismas o fugas de aguas y que deben ser fácilmente desmontables para continuar el montaje de la tubería. Se comprobará que las llaves intermedias en el tramo de prueba, de existir, se encuentren abiertas.

Los cambios de dirección, los accesorios... deberán estar anclados y fabricados con la resistencia debida.

La presión interior de prueba de las tuberías en zanjas será la que establezca la Normativa Técnica General para cada tipo de tubería. La presión se hará subir lentamente de forma que el incremento de la presión de la misma no supere  $1\text{kg/cm}^2$  por minuto.

Una vez obtenida la presión, se pasará 30 minutos y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior al establecido en cada caso. Si el descenso es superior al establecido se corregirán los defectos observados, repasando las juntas que pierdan agua, cambiando si es preciso algún tubo. La tubería, previamente a la prueba de presión se tendrá llena de agua al menos 24 horas.

### *6.3.2 Prueba de estanqueidad*

Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior deberá realizarse la prueba de estanqueidad.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

La presión se define como la cantidad de agua que debe suministrarse al tramo de tubería en prueba mediante un bombín tarado, de forma que se mantenga la forma de presión de estanqueidad después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

La duración de la prueba de estanqueidad será de 2 horas y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K \cdot L \cdot D$$

En la cual:

V = Pérdida total en la prueba, en litros.

L = Longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.

K = Coeficiente dependiente del material.

D = Diámetro interior, en metros.

De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si estas son sobrepasadas, el Contratista a sus expensas reparará todas las juntas y tubos defectuosos. Asimismo viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable aun cuando el total sea inferior al admisible.

El contratista no cerrará las zanjas hasta que el Director de la Obra dé su conformidad, no solo con respecto a las pruebas sino también en cuanto a la forma y disposición de cada uno de los anclajes necesarios en la red.

En el relleno de las zanjas se procederá a la compactación y se colocarán piezas especiales en los puntos que sean necesarias. Todas las piezas especiales que sean de acero irán protegidas frente a la corrosión.

Los manguitos de tuberías metálicas que unen válvulas de mariposa dentro de las arquetas, tendrán el mismo tratamiento que estas piezas especiales.

### *6.3.3 Protección tuberías especiales*

Para la protección anticorrosiva de las tuberías se tendrán en cuenta los factores y recomendaciones indicados en el Pliego de Condiciones Técnicas Generales del

M.O.P.T. para tuberías de abastecimiento de aguas.

### *6.3.4 Ventosas de tuberías*

Serán de doble cuerpo y triple función. Se colocaran en los puntos más altos de la tubería, adosadas a las válvulas de corte, del lado en el que la tubería descienda.

#### *6.3.5 Caudalímetros y contadores*

Para el montaje de las instalaciones será preceptivo que cumplan las características que figuran en la ficha técnica. En los caudalímetros se cuenta incluida la instalación de un contador registrador y acumulador, alimentado por batería in-situ.

#### *6.3.6 Válvulas de retención*

Las válvulas de retención a instalar dispondrán de asiento blando y mecanismo de retardo (cierre lento). El cuerpo de las válvulas será de acero fundido y los órganos de cierre y ejes de acero inoxidable.

### **6.4 Control del proceso**

Se proyectará y se instalará una instrumentación de medida, protección y regulación adecuada para el funcionamiento correcto y seguro de las instalaciones. Esta instrumentación se colocará localmente en los diferentes equipos y remotamente en la sala de control. El trazado de los paneles de la sala de control y la disposición de los diversos instrumentos quedará sometido a la aprobación de la Administración. Todos los instrumentos serán de tipo robusto, con tapas a prueba de polvo y humedad.

#### *6.4.1 Sala de control*

Esta se adicionará a la ya existente sala de control que controla el tratamiento primario y el secundario, y deberá prepararse para las siguientes funciones:

- Comprobación de la marcha normal de la instalación con la ayuda normal de los instrumentos, tales como caudalímetros, sensores de nivel...
- Señalización de las discrepancias con las condiciones normales de marcha por medio de señales acústicas y ópticas.
- Mando remoto de las válvulas de regulación por medio de dispositivos automáticos o manuales.
- Arranque y parada de todos los motores eléctricos excepto los que dependen de cuadros auxiliares.
- Señalización de la marcha de motores y alarmas de parada de dichos motores.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

El panel de control contará con los instrumentos necesarios para el cumplimiento de sus funciones y en su parte superior llevará un diagrama sinóptico del proceso, en el que se indiquen la posición de todos de todos los instrumentos de medida... En los cuadros para alarma se dispondrá de un 10% de reserva. El panel estará construido en chapa de acero y su acceso por la parte superior estará cerrado mediante puerta con llave.

### 6.4.2 Instrumentación

La instrumentación será suficiente para el control de todos los lazos de medida, regulación, registro y alarmas, con arreglo a los criterios siguientes:

### 6.4.3 Lazos de medida

- Parámetro a medir y lugar de medición.
- Elemento captador; si la indicación es local, en el panel local, remoto en cuadro de control o simultáneamente en cualquiera de las posibles combinaciones de posibilidades.
- Forma de transmisión de la señal y los elementos convertidores de la misma.
- Alarmas visuales y sonoras.

### **Si la medida debe registrarse**

- Lo indicado en el primer apartado.
- Tipo de registro y situación del aparato registrado.

### **Si la medida debe ser integrada**

- Lo indicado en el primer apartado.
- Tipo de integrador y situación.

**Si la medida debe producir acciones en elementos de la instalación tendentes a corregir las desviaciones en los valores del parámetro detectadas por el lazo de medida.**

- Lo indicado en el primer apartado.
- Tipo de regulador, situación y elemento o elementos de la instalación sobre la que actúa.

## 6.5 Control de instalaciones y equipos

#### 6.5.1 Tubos de plástico

- Materiales

Los ensayos a realizar sobre material empleado en los tubos de PE serán:

- Peso específico según UNE 53118.
- Temperatura de reblandecimiento según UNE 53118.
- Índice de fluidez según UNE 53118.
- Alargamiento a la rotura según UNE 53142.

A juicio del Director de Obras estos ensayos pueden sustituirse por los ensayos de calidad correspondientes por el fabricante.

- Ejecución

Se realizarán las pruebas previstas en el apartado 3.1 del Pliego de Tuberías del M.O.P.

#### 6.5.2 Juntas de caucho natural y sintético

Por cada lote de 200 unidades se realizarán los ensayos previstos en el apartado 2.29 del Pliego de Tuberías M.O.P.

#### 6.5.3 Revestimiento de tubos

El proyecto de construcción definirá los ensayos a realizar sobre los materiales empleados en el revestimiento de tubos, con arreglo a las características definidas en el apartado 2.32 del Pliego de Tuberías del M.O.P.

#### 6.5.4 Válvulas

- En taller

El Contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación de los distintos órganos de las válvulas.

Se ensayarán un 10% de las unidades a instalar. Previa aprobación por la Dirección de Obra del Banco de Pruebas, se mantendrá cada válvula un minuto y medio a la presión nominal, tanto para el cuerpo de la válvula, como para el órgano de cierre.

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

- Montaje

Se realizarán controles para comprobar el correcto montaje según los planos de detalles aprobados y el correcto accionamiento del órgano de cierre.

### 6.5.5 Motores

- En taller

Los ensayos mínimos a realizar serán los siguientes:

- Ensayo de cortocircuitos.
- Ensayo de vacío.
- Ensayo de calentamiento.
- Rendimientos a 2/4; 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Factor de potencia, en su caso, a 2/4; 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Pérdidas globales.
- Par máximo.
- Par inicial.

- Montaje

Se realizarán los siguientes controles:

- Comprobación de anclajes a las bancadas de cimentación.
- Alineaciones.
- Acoplamientos.

- Pruebas de funcionamiento

Se realizarán los siguientes controles:

- Sentido de giro.
- Vibraciones.
- Calentamiento.
- Consumo.

### 6.5.6 Bombas

- En taller:

El Contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación.

Los ensayos mínimos a efectuar serán los siguientes:

- Curva de altura-caudales.
- Para el punto de funcionamiento y altura manométrica nominales: caudal, revoluciones, potencia en el eje, rendimiento y temperatura.

- Montaje:

Se realizarán los siguientes controles:

- Alineaciones de aspiración e impulsión.
- Comprobación de anclaje a la bancada.
- Acoplamientos.

- Pruebas de funcionamiento:

Se realizarán los siguientes controles:

- Sentido de giro.
- Caudales.
- Revoluciones.

### 6.5.7 Pruebas y ensayos de otros equipos e instalaciones

Las pruebas de ensayos e instalaciones de instalaciones y equipos no incluidos en este Pliego, serán las que se especifiquen en las Normas, Reglamentos e Instrucciones que les sean de aplicación.

## 6.6 Pruebas de estanqueidad

### 6.6.1 Tuberías

Se realizarán preceptivamente las dos pruebas siguientes de las tuberías instaladas:

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

- Pruebas de presión interior.
- Prueba de estanqueidad.

Las pruebas se realizarán según se especifica en el capítulo 11 del Pliego de Construcciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua del M.O.P.

### *6.6.2 Obras de hormigón*

Los tanques de hormigón se probarán hidráulicamente mediante llenado individual y se mantendrán un mínimo de 7 días. Las pérdidas admisibles no deberán superar el 3% del volumen del tanque por día.

### *6.6.3 Caudalímetros y contadores*

En taller:

El contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación de los distintos órganos de estos equipos. Se ensayarán un 10% de las unidades a instalar.

Montaje:

Se realizarán controles para comprobar el correcto montaje según los planos de detalle aprobados.

### *6.6.4 Válvulas de retención*

En taller:

El Contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación de los distintos órganos de las válvulas de retención. Se ensayarán un 10% de las unidades a instalar. Previa aprobación de la Dirección de Obras del banco de pruebas, se mantendrá cada válvula de retención durante un minuto y medio a la presión nominal, tanto para el cuerpo de la válvula como para el órgano de cierre.

Montaje:

Se realizarán controles para comprobar el correcto montaje según los planos de proyecto aprobados y el correcto accionamiento del órgano de cierre.

## **6.7 Prueba general de funcionamiento**

## Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

La duración del periodo de prueba general de funcionamiento será, en principio, de siete días. La prueba consistirá en la comprobación de cotas de lámina de agua de la línea piezométrica y del correcto funcionamiento de todas las instalaciones y equipos de forma continuada.

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

**MEDICIONES** |



## MEDICIONES

1. ESTADO DE MEDICIONES.....	5
1.1 Partida 1: Conducciones y Válvulas .....	6
1.2 Partida 2: Equipos.....	7
1.3 Partida 3: Instrumentación y Automatización .....	7
1.4 Partida 4: Adecuación del terreno y obra Civil .....	8
1.5 Partida 5: Instalaciones .....	8
1.5.1 Alumbrado exterior .....	8
1.5.2 Red de tierras .....	9
1.5.3 Canalizaciones y cableado .....	9
1.6 Partida 6: Seguridad y Salud .....	10
1.7 Partida 7: Gestión de residuos de Obra .....	10
1.8 Partida 8: Pruebas de funcionamiento .....	11



## **1. ESTADO DE MEDICIONES**

El presente documento servirá de punto de partida para la elaboración del presupuesto final del proyecto. Se determinarán tanto las partidas como las unidades que componen cada una de estas. Con ello, se realizará el presupuesto lo más ordenado posible.

Las partidas que componen el presente proyecto son 9 en total:

- Conducciones y válvulas.
- Equipos.
- Instrumentación y automatización.
- Adecuación del terreno y obra civil
- Instalaciones
- Seguridad y Salud
- Gestión de residuos de obra
- Pruebas de funcionamiento
- Licencias (no aparecen en el estado de mediciones puesto que es un porcentaje del presupuesto final)

## 1.1 Partida 1: Conducciones y Válvulas

*Tabla EMI. 1. Partida 1.*

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 315$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 285,2$ mm; P = 10 bar Incluye instalación y montaje.	m	35
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 250$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 227,5$ mm; P = 10 bar Incluye instalación y montaje.	m	20
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 200$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 182$ mm; P = 10 bar Incluye instalación y montaje.	m	140
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 50$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 43,8$ mm; P = 10 bar Incluye instalación y montaje.	m	70
Tubería PE-100 SDR17, $\varnothing_{\text{ext}} = 500$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 451,8$ mm Incluye instalación y montaje.	m	50
Codo 90° STD de PE. D = 315 mm	Ud.	7
Codo 90° STD de PE. D = 200 mm	Ud.	6
Codo 90° STD de PE. D = 50 mm	Ud.	2
Codo 90° STD de PE. D = 250 mm	Ud.	4
Codo 90° STD de PE. D = 500 mm	Ud.	4
Válvula compuerta estilo cuchilla para lodos de hierro dúctil. D = 50 mm	Ud.	2
Válvula compuerta estilo cuchilla para lodos de hierro dúctil. D = 200 mm	Ud.	2
Válvula compuerta estilo cuchilla de hierro dúctil, manual. D = 315 mm	Ud.	6
Válvula compuerta estilo cuchilla de hierro dúctil, manual. D = 250 mm	Ud.	2

## 1.2 Partida 2: Equipos

*Tabla EMI. 2. Partida 2.*

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Parillas de difusores de burbuja fina 9” con 220 difusores por parrilla. Incluye instalación y montaje.	Ud.	2
Soplantes	Ud.	3
Agitador/vehiculador	Ud.	2
Bomba de extracción de fangos, potencia 500 W	Ud.	2
Bomba de extracción de fangos, potencia 50 W	Ud.	2
Deflector, aliviadero, puente y barredora decantador	Ud.	2
Pasarela de rejilla de PRFV para el reactor biológico	m <sup>2</sup>	45
Escalera inclinada de rejilla de PRFV para el reactor biológico	m.l.	4
Barandilla de seguridad para la pasarela del reactor biológico	m.l.	90

## 1.3 Partida 3: Instrumentación y Automatización

*Tabla EMI. 3. Partida 3.*

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Sensor medidor de amonio (sonda, módulo display, módulo sondas y cable sondas)	Ud.	1
Caudalimetro	Ud.	7

## 1.4 Partida 4: Adecuación del terreno y obra Civil

*Tabla EMI. 4. Partida 4.*

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Desbroce del terreno	m <sup>2</sup>	4400
Excavación, nivelación y carga al camión	m <sup>3</sup>	10
Transporte al vertedero	m <sup>3</sup>	1200
Deposito reactor biológico de hormigón armado	m <sup>3</sup>	2450
Deposito decantador de hormigón armado	m <sup>3</sup>	360
Nave soplantes	Ud.	1

## 1.5 Partida 5: Instalaciones

### 1.5.1 Alumbrado exterior

*Tabla EMI. 5. Alumbrado exterior.*

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Luminaria exterior. Totalmente instalada en columna o brazo, incluyendo parte proporcional de cableado desde el cuadro eléctrico, lámpara y demás elementos necesarios para su correcto funcionamiento.	Ud.	8
Columna troncocónica de sección circular de 8 m, con puerta enrasada, disponiendo de toma de tierra y varilla soldada para la sujeción de la caja de conexión, incluyendo caja de conexión, toma de tierra y diferencial.	Ud.	6
Brazo de 0'7 m, incluyendo caja de conexión, diferencial, totalmente instalado.	Ud.	3

1.5.2 Red de tierras

**Tabla EMI. 6. Red de tierras.**

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Piqueta de cobre de puesta a tierra	Ud.	1
Aprietacables para fijación de cable de tierra a la ferralla de la cimentación	Ud.	1
Conducción de puesta a tierra enterrada	m	100
Arqueta de conexión de puesta a tierra 38x50x25 cm, sin incluir excavación, relleno y transporte de tierras sobrantes a vertedero.	Ud.	1
Línea principal de puesta a tierra instalada con conductor de cobre desnudo.	m	10
Derivación de puesta a tierra instalada con conductor de cobre desnudo, incluso parte proporcional de cajas de derivación y ayudas de albañilería, medido desde el cuadro general de distribución hasta la línea principal de puesta a tierra	m	30

1.5.3 Canalizaciones y cableado

**Tabla EMI.7. Canalizaciones y cableado.**

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Bandeja perforada de PVC de dimensiones 60x300mm	Ud.	50
Bandeja lisa de PVC de dimensiones 60x200mm	Ud.	15
Bandeja perforada de PVC de dimensiones 60x200mm	Ud.	20
Base enchufe 2 polos + tierra lateral de superficie estancos	Ud.	1
Canalización para conducción de cables, para instalación vista	m	45
Conducción eléctrica subterránea de dos línea de baja tensión	m	150
Cable rígido de cobre de 4x2.5mm <sup>2</sup>	m	500
Cable rígido de cobre de 4x4mm <sup>2</sup>	m	70

Cable rígido de cobre de 4x6mm <sup>2</sup>	m	30
Cable rígido de cobre de 4x10mm <sup>2</sup>	m	5
Cable rígido de cobre de 4x16mm <sup>2</sup>	m	20
Cable rígido de cobre de 1x25mm <sup>2</sup>	m	250
Cable rígido de cobre: de 1x35mm <sup>2</sup>	m	120
Cable rígido de cobre: de 1x70mm <sup>2</sup>	m	10
Batería de condensadores de 240 KVAr	Ud.	1
Pequeño material montaje	Ud.	1
Caja estanca: IP-65 de PVC	Ud.	20
Base de enchufe empotrada de 220/240 V./220 con puesta a tierra, instalada con cable de cobre de 4mm <sup>2</sup> de sección	Ud.	8
Base de enchufe empotrada de 220/240 V./220, con puesta a tierra, instalada con cable de cobre de 6mm <sup>2</sup> de sección	Ud.	10

## 1.6 Partida 6: Seguridad y Salud

*Tabla EMI.8. Partida 6.*

Elemento	Unidad	Cantidad
Seguridad y salud	%	2,5

(Porcentaje de obra civil)

## 1.7 Partida 7: Gestión de residuos de Obra

*Tabla EMI.9. Partida 7.*

Elemento	Unidad	Cantidad
Gestión de residuos de Obra	%	3

(Porcentaje de obra civil)

## 1.8 Partida 8: Pruebas de funcionamiento

*Tabla EMI.10. Partida 8.*

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Pruebas de funcionamiento	%	1

(Porcentaje de los equipos)



**PRESUPUESTO** |



## ÍNDICE PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL.....	5
1.1 PEM PARCIAL.....	5
1.1.1 Partida 1.....	5
1.1.2 Partida 2.....	6
1.1.3 Partida 3.....	7
1.1.4 Partida 4.....	8
1.1.5 Partida 5.....	8
1.1.6 Partida 6.....	11
1.1.7 Partida 7.....	11
1.1.8 Partida 8.....	11
1.1.9 Partida 9.....	12
1.2 PEM.....	12
2. Presupuesto de ejecución por contrata.....	13
2.1 PEC Parcial.....	13
2.2 PEC.....	13
3. Presupuesto total.....	13

# Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

## 1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL

### 1.1 PEM PARCIAL

El Presupuesto de Ejecución de Material es el presupuesto de construcción del proyecto como tal. El presente proyecto, se divide en 9 partidas presupuestarias diferentes.

En los siguientes puntos se exponen las partidas que forman el Presupuesto de Ejecución de Material del presente proyecto.

#### 1.1.1 Partida 1

La primera partida presupuestaria está formada por las conducciones y válvulas que forman parte de la línea de tratamiento.

*Tabla P.1. Partida 1.*

ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UD. (€)	TOTAL (€)
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 315$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 285,2$ mm; P = 10 bar	m	35	84,56 €	2.959,60 €
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 250$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 227,5$ mm; P = 10 bar	m	20	52,67 €	1.053,40 €
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 200$ mm, $\varnothing_{\text{int}} = 182$ mm; P = 10 bar	m	140	40,61 €	5.685,40 €
Tubería PE-100, $\varnothing_{\text{ext}} = 50$ mm, $\varnothing_{\text{int}}$ = 43,8 mm; P = 10 bar	m	70	18,24 €	1.276,80 €
Tubería PE-100 SDR17, $\varnothing_{\text{ext}} =$ 500mm, $\varnothing_{\text{int}} = 451,8$ mm	m	50	151,52 €	7.576,00 €
Codo 90° STD de PE. D = 315 mm	Ud.	7	83,17 €	582,19 €
Codo 90° STD de PE. D = 200 mm	Ud.	6	38,79 €	232,74 €
Codo 90° STD de PE. D = 50 mm	Ud.	2	12,36 €	24,72 €

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

Codo 90° STD de PE. D = 250 mm	Ud.	4	42,00 €	168,00 €
Codo 90° STD de PE. D = 300 mm	Ud.	2	3.500,00 €	7.000,00 €
Válvula compuerta estilo cuchilla para lodos de hierro dúctil. D = 50 mm	Ud.	2	4.500,00 €	9.000,00 €
Válvula compuerta estilo cuchilla para lodos de hierro dúctil. D = 200 mm	Ud.	2	480,00 €	960,00 €
Válvula compuerta estilo cuchilla de hierro dúctil, manual. D = 315 mm	Ud.	6	480,00 €	2.880,00 €
Válvula compuerta estilo cuchilla de hierro dúctil, manual. D = 250 mm	Ud.	2	420,00 €	840,00 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>40.238,85 €</b>

*1.1.2 Partida 2*

La partida 2 está formada por el cuadro de precios de los equipos.

*Tabla P2. Partida 2.*

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Parillas de difusores	Ud.	2	12.200,00 €	24.400,00 €
Soplantes	Ud.	3	3.862,69 €	11.588,07 €
Agitador/vehiculador	Ud.	2	2.677,95 €	5.355,90 €

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

Bomba de extracción de fangos, potencia 500 W	Ud.	2	2.147,00 €	4.294,00 €
Bomba de extracción de fangos, potencia 50 W		2	645,78 €	1.291,56 €
Deflector, aliviadero, puente y barredora decantador	Ud.	2	16.799,00 €	33.598,00 €
Pasarela para el reactor biológico	m <sup>2</sup>	45	400,00 €	18.000,00 €
Escalera para el reactor biológico	m.l.	4	420,00 €	1.680,00 €
Barandilla de seguridad para el reactor biológico	m.l.	90	90,00 €	8.100,00 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>108.307,53 €</b>

### 1.1.3 Partida 3

La partida 3 está formada por los elementos de instrumentación y control de la línea de tratamiento.

**Tabla P3. Partida 3.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Sensor medidor de amonio	Ud.	7	1.020,00 €	7.140,00 €
Sensor medidor de oxígeno disuelto	Ud.	1	3.350,00 €	3.350,00 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>10.490,00 €</b>

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

*1.1.4 Partida 4*

En la partida 4 se reflejan los gastos de obra civil requeridos, incluyendo los costes de construcción de los depósitos y la nave que albergará las soplantes.

**Tabla P4. Partida 4.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Desbroce del terreno	m <sup>2</sup>	4400	1,70 €	7.480,00 €
Excavación, nivelación y carga al camión	m <sup>3</sup>	10	4,75 €	47,50 €
Transporte al vertedero	m <sup>3</sup>	1200	2,19 €	2.628,00 €
Depósito reactor biológico de hormigón armado	m <sup>3</sup>	760	107,43 €	81.646,80 €
Depósito decantador de hormigón armado	m <sup>3</sup>	650	107,43 €	69.829,50 €
Nave para las soplantes	m <sup>3</sup>	24	572,34 €	13.736,16 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>175.367,96 €</b>

*1.1.5 Partida 5*

La Partida 5 la forma la instalación eléctrica y fontanería.

**Tabla EM1. 5. Alumbrado exterior.**

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Luminaria exterior.	Ud.	8	524,81 €	4.198,48 €
Columna troncocónica	Ud.	6	525,59 €	3.153,54 €
Brazo de 0'7 m	Ud.	3	123,72 €	371,16 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>7.723,18 €</b>

**Tabla EMI. 6. Red de tierras.**

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Piqueta de cobre de puesta a tierra	Ud.	1	18,23 €	18,23 €
Aprietacables	Ud.	1	3,78 €	3,78 €
Conducción de puesta a tierra enterrada	m	100	4,32 €	432,00 €
Arqueta de conexión de puesta a tierra	Ud.	1	72,21 €	72,21 €
Línea principal de puesta a tierra	m	10	4,79 €	47,90 €
Derivación de puesta a tierra	m	30	2,35 €	70,50 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>644,62 €</b>

**Tabla EMI.7. Canalizaciones y cableado.**

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PRECIO UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Bandeja perforada de PVC de dimensiones 60x300mm	Ud.	50	43,16 €	2.158,00 €
Bandeja lisa de PVC de dimensiones 60x200mm	Ud.	15	32,33 €	484,95 €
Bandeja perforada de PVC de dimensiones 60x200mm	Ud.	20	32,33 €	646,60 €
Base enchufe 2 polos + tierra lateral de superficie estancos	Ud.	1	13,90 €	13,90 €
Canalización para conducción de cables, para instalación vista	m	45	3,50 €	157,50 €
Conducción eléctrica subterránea de dos línea de baja tensión	m	150	73,73 €	11.059,50 €

Diseño de un reactor de aireación prolongada para la  
ampliación de una EDAR

Cable rígido de cobre de 4x2.5mm <sup>2</sup>	m	500	4,39 €	2.195,00 €
Cable rígido de cobre de 4x4mm <sup>2</sup>	m	70	6,61 €	462,70 €
Cable rígido de cobre de 4x6mm <sup>2</sup>	m	30	7,93 €	237,90 €
Cable rígido de cobre de 4x10mm <sup>2</sup>	m	5	11,69 €	58,45 €
Cable rígido de cobre de 4x16mm <sup>2</sup>	m	20	15,38 €	307,60 €
Cable rígido de cobre de 1x25mm <sup>2</sup>	m	250	8,35 €	2.087,50 €
Cable rígido de cobre: de 1x35mm <sup>2</sup>	m	120	9,78 €	1.173,60 €
Cable rígido de cobre: de 1x70mm <sup>2</sup>	m	10	14,53 €	145,30 €
Batería de condensadores de 240 KVAr	Ud.	1	7.459,80 €	7.459,80 €
Pequeño material montaje	Ud.	1	1.592,70 €	1.592,70 €
Caja estanca: IP-65 de PVC	Ud.	20	301,20 €	6.024,00 €
Base de enchufe empotrada de 220/240 V./220con puesta a tierra, instalada con cable de cobre de 4mm <sup>2</sup> de sección	Ud.	8	61,40 €	491,20 €
Base de enchufe empotrada de 220/240 V./220, con puesta a tierra, instalada con cable de cobre de 6mm <sup>2</sup> de sección	Ud.	10	64,30 €	643,00 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>37.399,20 €</b>
<b>TOTAL PARTIDA 5 (€)</b>				<b>45.767,00 €</b>

### 1.1.6 Partida 6

La partida 6 hace referencia al presupuesto de Seguridad y Salud. Se considera un 2,5% de la obra civil.

**Tabla P6. Partida 6.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO POR UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Seguridad y salud	%	2,50%	175.367,96 €	4.384,20 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>4.384,20 €</b>

### 1.1.7 Partida 7

La partida 7 hace referencia al presupuesto de Gestión de Residuos de obra. Se considera un 3% de la obra civil.

**Tabla P7. Partida 7.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO POR UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Gestión de residuos de obra	%	3%	175.367,96 €	5.261,04 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>5.261,04 €</b>

### 1.1.8 Partida 8

La partida presupuestaria 8 se refiere al coste de las pruebas de funcionamiento. Según los ratios proporcionados, es un 1% de los costes de los equipos.

**Tabla P8. Partida 8.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO POR UD. (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Pruebas de funcionamiento	%	1%	108.307,53 €	1.083,08 €
<b>TOTAL (€)</b>				<b>1.083,08 €</b>

# Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR

## 1.1.9 Partida 9

La última partida está dedicada al coste de licencias y demás permisos. Se considera un 12% de las anteriores partidas. Su coste queda reflejado en la Tabla P.9.

## 1.2 PEM

En la Tabla P.9 se detalla el porcentaje del Presupuesto de Ejecución por contrata que ocupa cada partida, así como el PEM total, que es la suma de todas las presupuestarias.

*Tabla P9. PEM.*

<b>PARTIDA</b>	<b>COSTE</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Partida 1: Conducciones y válvulas	40.238,85 €	9,06%
Partida 2: Equipos	108.307,53 €	24,38%
Partida 3: Instrumentación y automatización	10.490,00 €	2,36%
Partida 4: Obra civil	175.367,96 €	39,48%
Partida 5: Instalaciones eléctricas y fontanería	45.767,00 €	10,30%
Partida 6: Estudio de seguridad y salud	4.384,20 €	0,99%
Partida 7: Gestión de residuos de obra	5.261,04 €	1,18%
Partida 8: Prueba de funcionamiento	1.083,08 €	0,24%
Partida 9: Licencias	53.285,00 €	12,00%
<b>TOTAL</b>	<b>444.184,65 €</b>	

## 2. Presupuesto de ejecución por contrata

### 2.1 PEC Parcial

El Presupuesto de Ejecución por Contrata parcial se halla teniendo en cuenta el PEM, los Gastos generales (12%) y el beneficio industrial (6%).

*Tabla P10. PEC parcial.*

PEM	Presupuesto de Ejecución Material	444.184,65 €
GG	Gastos Generales (13% del PEM)	57.744,00 €
B° industrial	Beneficio industrial (6% del PEM)	26.651,08 €
	<b>PEC parcial</b>	<b>528.579,74 €</b>

### 2.2 PEC

El Presupuesto de Ejecución por Contrata es el PEC parcial más el 21% de IVA.

PEC parcial	528.579,74 €
21% IVA	111.001,74 €
<b>PEC</b>	<b>639.581,48 €</b>

## 3. Presupuesto total

El presupuesto total (inversión inicial) del proyecto Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR asciende a: **639.581,48 €**.

# Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR