



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Mecánica

**Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de
Aguas Residuales) para la industria conservera y
de los transformados vegetales**

Autor: Jesús María Gutiérrez Serrano

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Junio 2018

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados vegetales

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico **2017/2018** es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Jesús Gutiérrez Serrano

Fecha: 21/ 06 / 2018

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Firmado
digitalmente por
Carlos Morales Polo
Fecha: 2018.06.21
10:04:55 +02'00'

Fdo.: Carlos Morales Polo

Fecha: 21/ 06 / 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. **JESÚS MARÍA GUTIÉRREZ SERRANO** DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: *Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados* que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 20 de Junio de 2018

ACEPTA



Fdo. JESÚS MARÍA GUTIERREZ SERRANO

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados vegetales.

Autor: Gutiérrez Serrano, Jesús María

Directores: Morales Polo, Carlos

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

INTRODUCCIÓN

Desde la Revolución Industrial se ha experimentado un crecimiento exponencial del uso del agua. Hasta aquel momento, aparte del propio consumo y la limpieza, el uso para otro tipo de procesos había sido minoritario y a muy pequeña escala. Con la aparición de la industria surgieron grandes fuentes de consumo concentrándose así grandes caudales de aguas residuales que eran vertidos de forma incontrolada al medio.

Estas industrias obtienen el agua de los ríos y lagos para usarla en sus propios procesos. Este agua no se aprovecha íntegramente, apareciendo efluentes con carga contaminante que en un principio se devolvían al cauce natural sin tratamiento alguno.

Dichos vertidos incontrolados generan un gran desequilibrio en el medio, pasando por la flora y fauna acuática como en los suelos aledaños, generando así desórdenes en aquellos organismos que se nutren de ese suelo directa o indirectamente.

Como solución a este problema aparecen las estaciones depuradoras de aguas residuales (E.D.A.R.), complejos que aúnan en ellos las técnicas disponibles para la regulación de contaminantes y propiedades del agua antes de devolverlas al cauce cumpliendo unos requisitos mínimos de calidad.

Este proyecto trata el diseño y dimensionamiento de una E.D.A.R. para la industria de los transformados vegetales. Esta industria es un ejemplo de industria agroalimentaria, la cual se posiciona como una de los mayores consumidores de agua dulce por los procesos que llevan a cabo y por tanto un caso de industria contaminante que merece la pena su estudio y solución.

METODOLOGÍA

El trabajo se ha desarrollado en las siguientes etapas:

1. Estudio de la industria:

Se ha estudiado la industria de los transformados vegetales y qué procesos se llevan a cabo en ellas, analizando en cuales de ellos se genera agua residual y obteniendo unas características tipo para el efluente.

Tabla 1 Valores de carga contaminante característicos para este proyecto

Caudal (m ³ /Tm)	pH	S.S. (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)
20,42	7,6	700,0	1470,7	4900	166,7	86,7

Así, estos son comparados con la normativa vigente

Tabla 2 Valores límite de contaminación según RD 509/1996.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ a 20 °C) sin nitrificación ⁽²⁾ .	25 mg/l O ₂	70-90
Demanda química de oxígeno (DQO).	125 mg/l O ₂	75
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l	90
Nitrógeno	2 – 1 mg/l	80
Fósforo	15 -10 mg/l	70-80

2. Selección de etapas:

En función de los contaminantes presentes en el agua y su cantidad con respecto a los límites legales se hace una selección cualitativa de todos los procesos necesarios, haciendo un estudio de las técnicas disponibles y razonando cuál es la solución óptima para nuestro caso.

3. Dimensionamiento de las etapas:

Se dimensionan de forma pormenorizada todos los componentes seleccionados anteriormente en función de los caudales y cantidad de contaminante.

4. Estudio de impacto ambiental, pliego de condiciones y presupuesto:

Se concluye el proyecto con estos tres apartados.

SOLUCIÓN ADOPTADA

En el siguiente diagrama se muestra en rasgos generales la disposición de los distintos elementos seleccionados para la E.D.A.R. que ocupa este proyecto. En líneas azules se representa la línea de aguas mientras que en marrón aparece la línea de fangos.

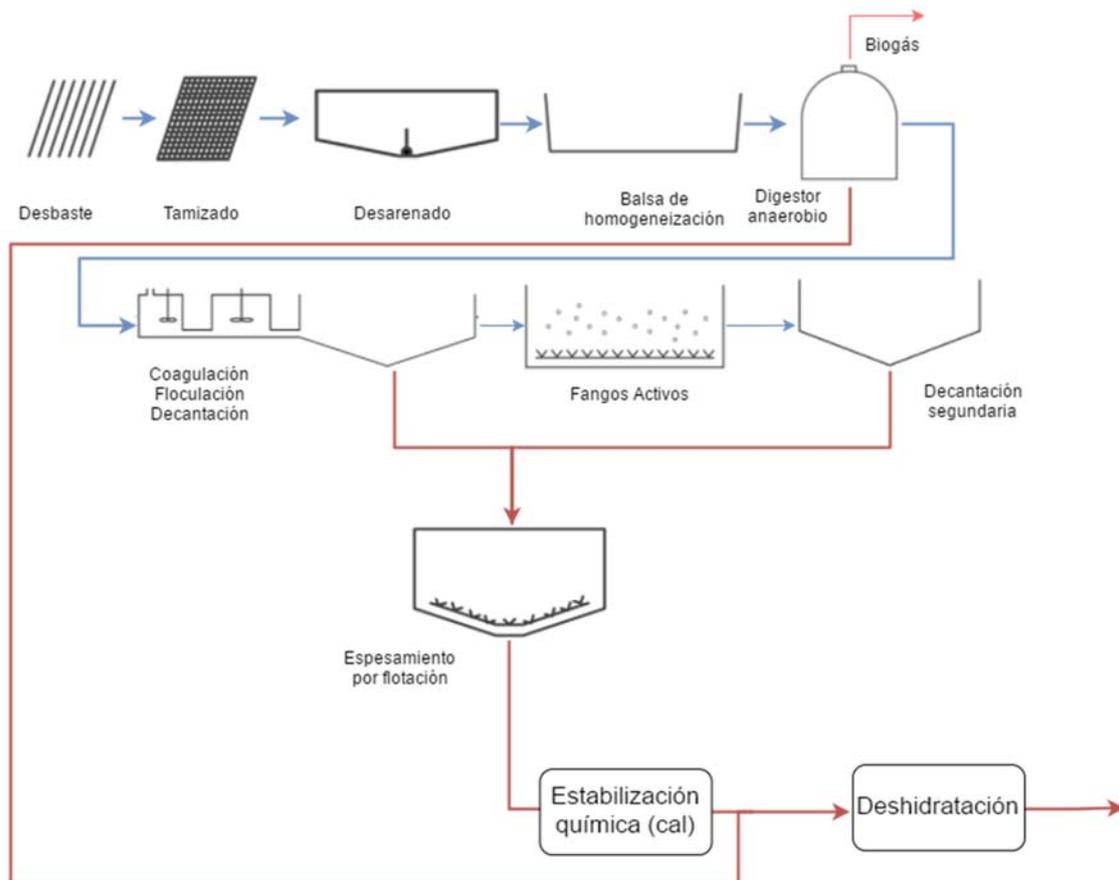


Figura 1 Esquema general de proceso

RESULTADOS

Se muestran en una tabla los distintos tratamientos seleccionados para la consecución del proceso de depuración con sus respectivos porcentajes de reducción, dando el valor final de concentración de cada contaminante y el valor límite según 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 3 Reducción de contaminantes a su paso por la instalación.

		DBO ₅	DQO	SS	N	P
Valores de partida (mg/l)		1470,7	4900	700	166,7	86,7
Porcentajes de reducción	Desbaste y tamizado	5%	5%	10%	-	-
	Desarenado	2%	2%	2%	-	-
	Digestor anaerobio	70%	70%	50%	-	-
	Fangos activos	93%	93%	65%	95%	-
	C+F+D	60%	70%	95%	-	99%
Valores finales (mg/l)		11,50	28,74	5,40	8,34	0,87
Valores límite (mg/l)		25	125	35	15	1

BIBLIOGRAFÍA

Cledera Castro, María del Mar. *Apuntes de Ingeniería y Desarrollo Sostenible, Agua: Parte III*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2018.

Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente. *Real Decreto 509/1996*. 1996.

AINIA Instituto tecnológico agroalimentario. *Mejores técnicas disponibles en la Industria de elaborados vegetales*. 2010.

WWTP (WASTE WATER TREATMENT PLANT) DESIGN FOR THE PROCESSED FRUIT AND VEGETABLES INDUSTRY

Author: Gutiérrez Serrano, Jesús María

Director: Morales Polo, Carlos

Collaborating entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

INTRODUCTION

Since the Industrial Revolution there has been an exponential rising of water consumption. Until that moment, apart from the own consumption and cleaning labors, the use of water in processes was marginal. Along the emergence of industry, large consumption sources appeared and big amounts of wastewater were spilled uncontrolled to the environment.

These industries collect the water from rivers and lakes in order to use it in their own processes. This obtained water is not used entirely, consequently an effluent appears with, depending on the process, big amounts of contaminants which in the beginnings were introduced in the public watercourse without any treatment.

These uncontrolled spills generated an unacceptable unbalance on the surrounding environment: soil, aquatic flora and fauna, generating disorders in those organisms that nourish from the environment directly or indirectly.

As a remedy to this problematic appear installations known as Waste Water Treatment Plants (WWTP), which join different systems that perform chemical, physical and biological processes that help improving the final quality of the effluent that receive.

The aim of this project is the design and size of a WWTP for the processed fruit and vegetables industry. This type of industry is one of the largest water consumers globally due to the processes that are carried on, making it an interesting object of study and solution.

METHODOLOGY

This Project has been carried out in four different stages:

1. Industry research:

The fruit and vegetables industry has been studied, finding out what kind of processes are made and in which of them wastewater is produced. Finally, a typical effluent has been characterized.

Table 1 Values of contaminants in the effluent that are going to be used in this project.

Flow(m ³ /Tm)	pH	T.S.S. (mg/l)	BOD (mg/l)	QOD (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)
20,42	7,6	700,0	1470,7	4900	166,7	86,7

Thus, they are compared to the current legislation in Spain:

Table 2 Limit values according to RD 509/1996.

Parameters	Concentration	Minimum Reduction percentage
Biochemical demand of oxygen (BOD₅ at 20 °C) without nitrification.	25 mg/l O ₂	70-90
Chemical demand of oxygen (QOD).	125 mg/l O ₂	75
Total of suspended solids	35 mg/l	90
Nitrogen	2 – 1 mg/l	80
Phosphorus	15 -10 mg/l	70-80

2. Stages selection:

Depending on the contaminants present in the water and its quantity regarding to legal limits, a qualitative selection is made of all necessary processes, making a study of all the available techniques and which is the optimal solution for our case.

3. Stages sizing:

All stages are sized thoroughly taking into account our flows and contaminants concentrations making use of algorithms.

4. Environmental impact study. articles and conditions and estimate:

These three sections conclude the project.

ADOPTED SOLUTION

Schematically, the following diagram depicts the general layout of the WWTP designed in this Project. In blue lines the water line is shown, while the sludge line is presented in brown.

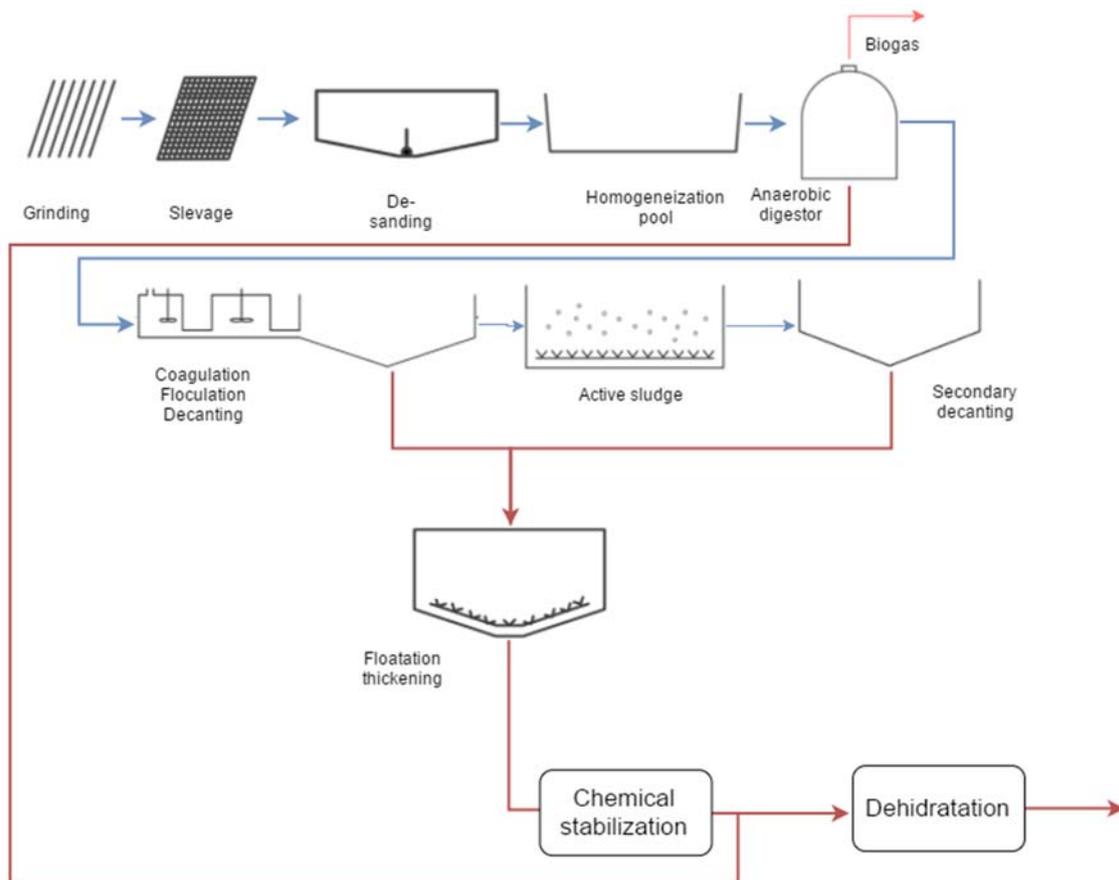


Figure 2 General installation layout

RESULTS

The different treatments selected for the realization of the process along with its reduction percentages are shown in a table. In addition, final values and limit values according RD 509/1996.

Table 3 Contaminants reduction across the installation

		BOD₅	QOD	TSS	N	P
Start Values (mg/l)		1470,7	4900	700	166,7	86,7
Reduction percentages	Grinding and sievage	5%	5%	10%	-	-
	De-sanding	2%	2%	2%	-	-
	Anaerobic digestion	70%	70%	50%	-	-
	Active sludge	93%	93%	65%	95%	-
	C+F+D	60%	70%	95%	-	99%
Final values (mg/l)		11,50	28,74	5,40	8,34	0,87
Limit values (mg/l)		25	125	35	15	1

BIBLIOGRAPHY

Cledera Castro, María del Mar. *Apuntes de Ingeniería y Desarrollo Sostenible, Agua: Parte III*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2018.

Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente. *Real Decreto 509/1996*. 1996.

AINIA Instituto tecnológico agroalimentario. *Mejores técnicas disponibles en la Industria de elaborados vegetales*. 2010.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Especialidad Mecánica

**Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de
Aguas Residuales) para la industria conservera y
de los transformados vegetales**

Autor: Jesús María Gutiérrez Serrano

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Junio 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: MEMORIA	9
1.1. INTRODUCCIÓN	11
1.2. LA INDUSTRIA DE LOS TRANSFORMADOS VEGETALES.....	12
1.2.1. El uso del agua en los diferentes métodos de producción	13
1.3. AGUAS RESIDUALES Y LA NORMATIVA AMBIENTAL.....	22
1.3.1. Normativa ambiental española relativa a las aguas residuales	23
1.4. CARACTERIZACIÓN DEL VERTIDO	26
1.5. DISEÑO DEL PROCESO DE DEPURACIÓN.....	29
1.5.1. Análisis de las necesidades de depuración en función de la característica del vertido	29
1.5.2. Selección de las etapas	30
1.5.3. Esquema final	46
CAPÍTULO 2: CÁLCULOS.....	47
2.1. INTRODUCCIÓN	49
2.2. DATOS DE PARTIDA	49
2.2.1. Caudales	49
2.2.2. Contaminantes	52
2.3. LÍNEA DE AGUAS	52
2.3.1. Pretratamiento	52
2.3.2. Tratamiento secundario	57
2.4. LINEA DE FANGOS.....	68
2.4.1. Espesamiento por flotación.....	68
2.4.1. Estabilización química	68
2.4.1. Deshidratación centrífuga.....	69
CAPÍTULO 3: PLIEGO DE CONDICIONES	71
3.1. OBJETIVO DEL PLIEGO.....	73
3.2. CAUDALES, ÍNDICES Y CONDICIONES DE DEPURACIÓN.....	75
3.3. ENSAYOS Y ANÁLISIS.....	76
3.4. PERSONAL	77
3.5. MATERIALES, REPOSICIONES Y SUMINISTROS.	78
3.6. PARADAS Y AVERÍAS	79
3.7. MEJORAS Y AMPLIACIONES.....	80

3.8.	INSPECCIÓN Y VIGILANCIA.....	80
3.9.	GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA.....	80
CAPÍTULO 4: IMPACTO AMBIENTAL.....		83
4.1.	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES.....	85
4.2.	VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES.....	90
4.2.1.	Atmósfera.....	92
4.2.2.	Aguas.....	93
4.2.3.	Flora.....	93
4.2.4.	Fauna.....	94
4.2.5.	Paisaje.....	94
4.2.6.	Patrimonio cultural.....	94
4.2.7.	Medio socioeconómico.....	94
4.2.8.	Interés humano.....	95
4.3.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....	95
4.3.1.	Medidas sobre la atmosfera.....	96
4.3.2.	Medidas sobre medio edáfico.....	97
4.3.3.	Medidas contra erosión.....	97
4.3.4.	Medidas sobre las aguas.....	98
4.3.5.	Medidas sobre la vegetación.....	98
4.3.6.	Medidas sobre la fauna.....	98
4.3.7.	Medidas sobre el paisaje.....	98
CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO.....		99
5.1.	PRESUPUESTOS PARCIALES.....	101
5.1.1.	Pretratamiento.....	101
5.1.2.	Tratamiento secundario.....	101
5.1.3.	Línea de fangos.....	103
5.1.4.	Conducciones.....	103
5.2.	RESUMEN GENERAL.....	103
CAPÍTULO 6: REFERENCIAS.....		105
ANEXOS.....		109
ANEXO I: Resumen de las características de la EDAR.....		111
1.	DATOS GENERALES.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo genérico para la industria de los transformados vegetales	13
Figura 2 Diagrama de flujo para procesos asociados a la transformación de vegetales	17
Figura 3 Diagrama de flujo para las conservas vegetales	20
Figura 4 Diagrama de flujo para los congelados.....	21
Figura 5 Esquema de proceso genérico para una EDAR (Cledera Castro 2018) 32	
Figura 6 Esquema genérico de la fase de pretratamiento (Cledera Castro 2018) 32	
Figura 7 Esquema genérico de la fase de tratamiento primario (Cledera Castro 2018).....	34
Figura 8 Esquema genérico de la fase de tratamiento secundario (Cledera Castro 2018).....	34
Figura 9 Distribución por tipo de gas del biogás generado en la digestión anaerobia (Isla de Juana 2005).....	36
Figura 10 Esquema genérico de la fase de tratamiento terciario (Cledera Castro 2018).....	37
Figura 11 Representación de la doble capa eléctrica (Davis 2010)	39
Figura 12 Agitadores mecánicos (Davis 2010)	40
Figura 13 Esquema genérico de la línea de fangos	42
Figura 15 Esquema general de proceso seleccionado.....	46
Figura 16 Factor punta en función del caudal medio de agua residual (Metcalf & Eddy 2001)	51
Figura 17 Curva Imhoff (Metcalf & Eddy 2001).....	58

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 REACCIÓN DE LA PRIMERA FASE DE NITRIFICACIÓN (ISLA DE JUANA 2005)	41
ECUACIÓN 2 REACCIÓN DE LA SEGUNDA FASE DE NITRIFICACIÓN (ISLA DE JUANA 2005)	41
ECUACIÓN 3 REACCIÓN DE SÍNTESIS CELULAR (ISLA DE JUANA 2005)	41
ECUACIÓN 4 REACCIÓN DE DESNITRIFICACIÓN (ISLA DE JUANA 2005).....	41

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 VALORES LÍMITE DE VERTIDO AL CAUCE PÚBLICO SEGÚN REAL DECRETO 849/1986.....	24
TABLA 2 CUADRO 1 DEL ANEXO I DEL RD 509/1996, DE 15 DE MARZO.....	25
TABLA 3 CUADRO 2 DEL ANEXO I DEL RD 509/1996, DE 15 DE MARZO.....	25
TABLA 4 VALORES DE CARGA CONTAMINANTES PARA DIFERENTES PRODUCTOS (I) (SEOÁNEZ CALVO 2002)	26
TABLA 5 VALORES DE CARGA CONTAMINANTES PARA DIFERENTES PRODUCTOS (IV) (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 2006)	27
TABLA 6 VALORES DE CARGA CONTAMINANTES PARA DIFERENTES PRODUCTOS (III) (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1977)	27
TABLA 7 VALORES DE CARGA CONTAMINANTES PARA DIFERENTES PRODUCTOS (IV) (PASCUAL 2016)	28
TABLA 8 VALORES DE CARGA CONTAMINANTE CARACTERÍSTICOS PARA ESTE PROYECTO	28
TABLA 9 COMPARACIÓN ENTRE EL VALOR DE ENTRADA Y EL VALOR ADMISIBLE DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	30
TABLA 10 COMPARACIÓN ENTRE EL VALOR DE ENTRADA Y EL VALOR ADMISIBLE DE NITRÓGENO Y FÓSFORO	30
TABLA 11 PORCENTAJES DE REDUCCIÓN EN EL PRETRATAMIENTO SEGÚN VARIOS AUTORES.....	33
TABLA 12 PORCENTAJES DE REDUCCIÓN EN EL PRETRATAMIENTO SEGÚN VARIOS AUTORES.....	35
TABLA 13 PORCENTAJES DE REDUCCIÓN EN EL TRATAMIENTO TERCIARIO SEGÚN VARIOS AUTORES.....	38
TABLA 14 VALORES DE PARTIDA Y FINALES APLICANDO LOS PROCESOS ELEGIDOS Y COMPARACIÓN SEGÚN VALORES LÍMITES DE RD 509/1996.....	42
TABLA 15 TABLA DE CAUDALES POR HORA PARA UNA SEMANA TIPO	50
TABLA 16 CAUDALES RESULTANTES PARA EL DIMENSIONAMIENTO.....	51
TABLA 17 CARGAS RESIDUALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO	52
TABLA 18 TABLA DE PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA REJA DE FINOS (DESBASTE)	52
TABLA 19 RESULTADOS PARA LA ETAPA DE DEBASTE	53
TABLA 20 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA EL TAMIZ ROTT	53
TABLA 21 RESULTADOS PARA LA ETAPA DE TAMIZADO	53
TABLA 22 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA ETAPA DE DESARENADO.....	54
TABLA 23 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA ETAPA DE DESARENADO	54
TABLA 24 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA Balsa DE HOMOGENEIZACIÓN.....	55
TABLA 25 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA Balsa DE HOMOGENEIZACIÓN	55
TABLA 26 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA EL DIGESTOR ANAEROBIO	57
TABLA 27 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA EL DIGESTOR ANAEROBIO.....	57
TABLA 28 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA Balsa DE NITRIFICACIÓN DE LOS FANGOS ACTIVOS	58
TABLA 29 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA Balsa DE NITRIFICACIÓN DE LOS FANGOS ACTIVOS	59
TABLA 30 PARÁMETROS DE PARTIDA DE LAS NECESIDADES DE OXÍGENO DE LA Balsa DE NITRIFICACIÓN	60
TABLA 31 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE OXÍGENO DE LA Balsa DE NITRIFICACIÓN	60
TABLA 32 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LOS EQUIPOS DE AIREACIÓN DE LA Balsa DE NITRIFICACIÓN	61
TABLA 33 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LOS EQUIPOS DE AIREACIÓN DE LA Balsa DE NITRIFICACIÓN	61

TABLA 34 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA Balsa ANÓXICA PREVIA DE LOS FANGOS ACTIVOS	61
TABLA 35 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA Balsa ANÓXICA PREVIA DE LOS FANGOS ACTIVOS	61
TABLA 36 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA Balsa ANÓXICA POSTERIOR DE LOS FANGOS ACTIVOS	62
TABLA 37 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA Balsa ANÓXICA POSTERIOR DE LOS FANGOS ACTIVOS	62
TABLA 38 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA Balsa DE AIREACIÓN FINAL DE LOS FANGOS ACTIVOS	63
TABLA 39 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA Balsa DE AIREACIÓN FINAL DE LOS FANGOS ACTIVOS	63
TABLA 40 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LAS NECESIDADES DE OXÍGENO Y LOS EQUIPOS DE AIREACIÓN DE LA Balsa DE AIREACIÓN FINAL.....	64
TABLA 41 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE OXÍGENO Y LOS EQUIPOS DE AIREACIÓN DE LA Balsa DE AIREACIÓN FINAL.....	64
TABLA 42 RESUMEN Y BALANCE DE ALCALINIDAD DE LOS FANGOS ACTIVOS.....	64
TABLA 43 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORURO FÉRRICO	65
TABLA 44 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORURO FÉRRICO	65
TABLA 45 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA DOSIFICACIÓN DE POLIELECTROLITO.....	66
TABLA 46 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA DOSIFICACIÓN DE POLIELECTROLITO	66
TABLA 47 PARÁMETROS DE PARTIDAS PARA LAS ARQUETAS DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN.....	66
TABLA 48 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LAS ARQUETAS DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN.....	67
TABLA 49 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA EL DECANTADOR SECUNDARIO	67
TABLA 50 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA EL DECANTADOR SECUNDARIO	67
TABLA 51 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA EL ESPESAMIENTO POR FLOTACIÓN	68
TABLA 52 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA EL ESPESAMIENTO POR FLOTACIÓN.....	68
TABLA 53 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA	69
TABLA 54 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA	69
TABLA 55 PARÁMETROS DE PARTIDA PARA LA DESHIDRATACIÓN POR CENTRÍFUGA.....	69
TABLA 56 RESULTADOS DEL CÁLCULO PARA LA DESHIDRATACIÓN POR CENTRÍFUGA	69
TABLA 57 PRESUPUESTO GENERAL PARA LA EDAR.....	103
TABLA 58 DATOS GENERALES DE LA EDAR DISEÑADA.....	III

CAPÍTULO 1: MEMORIA

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua y la vida forman un vínculo indispensable. El agua de calidad para satisfacer las necesidades humanas. El agua dulce supone solo un 2.5% de la totalidad de agua existente en la tierra, y solo el 0.26% es agua dulce disponible. De su conservación depende la supervivencia humana.

La naturaleza le permite modificar el equilibrio natural y alterar el medio según sus necesidades, incluido el agua y su ciclo natural.

Desde la Revolución Industrial se ha experimentado un crecimiento exponencial del uso del agua. Hasta aquel momento, a parte del propio consumo y la limpieza, el uso para otro tipo de procesos había sido minoritario y a muy pequeña escala. Con la aparición de la industria surgieron grandes fuentes de consumo concentrándose así grandes caudales de aguas residuales que eran vertidos de forma incontrolada al medio.

Estas industrias obtienen el agua de los ríos y lagos para usarla en sus propios procesos. Esta agua no se aprovecha íntegramente, apareciendo efluentes con carga contaminante que en un principio se devolvían al cauce natural sin tratamiento alguno.

Dichos vertidos incontrolados generan un gran desequilibrio en el medio, pasando por la flora y fauna acuática como en los suelos aledaños, generando así desórdenes en aquellos organismos que se nutren de ese suelo directa o indirectamente.

No fue hasta a partir de mediados del siglo XIX cuando empezó a tomarse conciencia de esta problemática y de la necesidad de tratar el agua residual antes de verterla nuevamente. Aparecen así las primeras recomendaciones sobre el tratamiento de aguas y más adelante las primeras legislaciones.

Como solución a este problema aparecen las estaciones depuradoras de aguas residuales (E.D.A.R.), complejos que aúnan en ellos las técnicas disponibles para la regulación de contaminantes y propiedades del agua antes de devolverlas al cauce cumpliendo unos requisitos mínimos de calidad.

Este proyecto trata el diseño y dimensionamiento de una E.D.A.R. para la industria de los transformados vegetales. Esta industria es un ejemplo de industria agroalimentaria, la cual se posiciona como una de las mayores consumidoras de agua dulce por los procesos que llevan a cabo y por tanto un caso de industria contaminante que merece la pena su estudio y solución.

1.2. LA INDUSTRIA DE LOS TRANSFORMADOS VEGETALES

La industria agroalimentaria es el sector industrial líder en Europa, cubriendo más del 14% del volumen de mercado y una facturación superior al billón de euros.

España, dentro del ranking de los países integrantes de la comunidad europea, se sitúa a la cabeza solo superada por Alemania, Francia y Reino Unido. En 2016 empleó a más de 450.000 trabajadores según un informe de la FIAB¹ y facturó mas de 90.000 millones de euros.

El sector de los transformados vegetales en España representa el 7% de la producción total alimentaria, siendo uno de los más activos en cuanto a evolución de las técnicas.

En este sector se recogen las industrias que procesan vegetales mediante cualquier técnica (congelación, desecación, esterilización...), reuniendo las siguientes actividades principales:

- Conservas en salmuera, en su juego o almíbar
- Congelados

El sector se caracteriza por la gran variedad de materias primas que se procesan, requiriendo cada tipo de un diseño específico del proceso, una cantidad específica de recursos y una consecuente cantidad variable de desechos.

Para el desarrollo de su actividad el agua se convierte en una materia prima esencial, quedando este sector como uno de los mayores consumidores de la misma, como se puede ver en el gráfico. Adicionalmente este sector es el mayor consumidor en cuanto a agua potable se refiere.

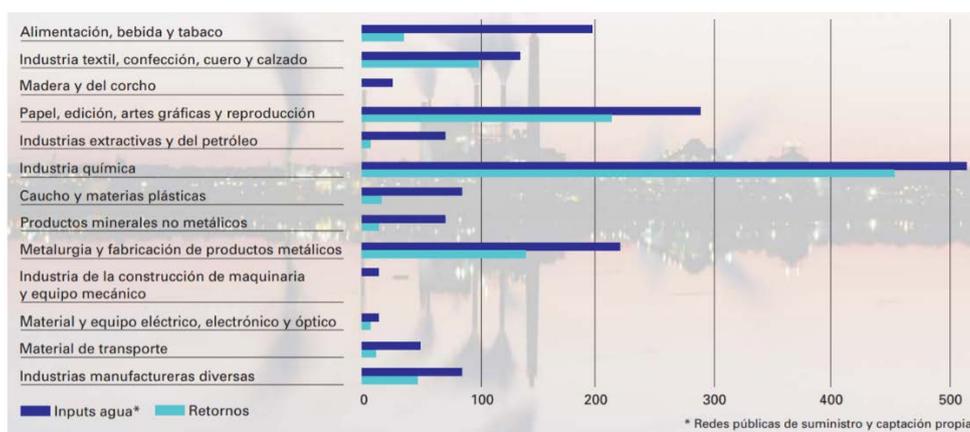


Ilustración 1 Consumo de agua por sectores industriales. I.N.E., 2004.

¹ Federación de Industrias de Alimentación y Bebida

1.2.1. El uso del agua en los diferentes métodos de producción

La elaboración de los productos vegetales requiere distintas etapas en función del tipo de conserva y la naturaleza del producto. El agua constituye una materia prima básica para la mayoría de estos procesos y los caudales y las características de las aguas residuales deben ser objeto de análisis.

Un diagrama de flujo genérico para este tipo de industria se presenta de la siguiente manera:

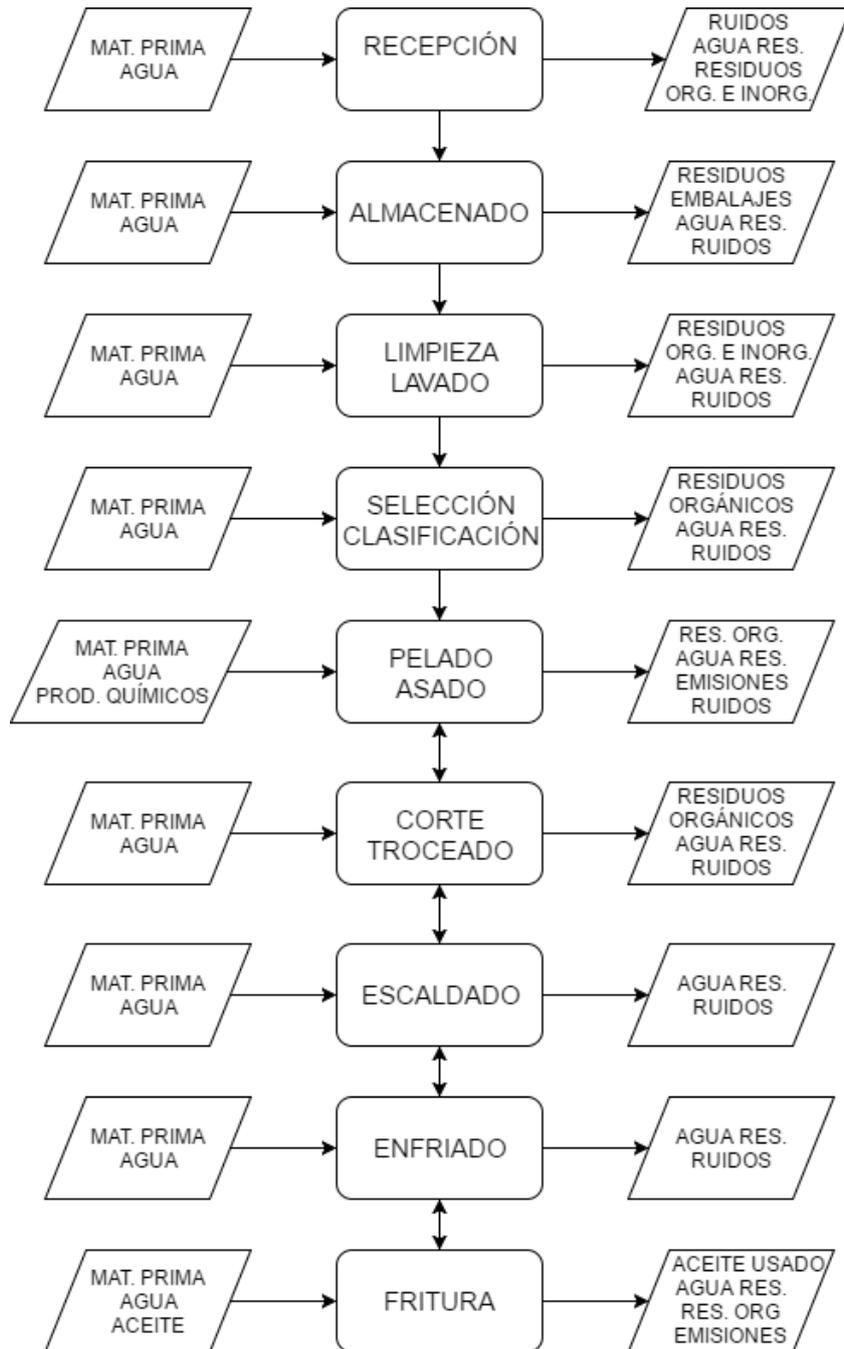


Figura 1 Diagrama de flujo genérico para la industria de los transformados vegetales

A continuación, se explica brevemente cada uno de los procesos que requieren agua directa o indirectamente para su consecución:

- Recepción y almacenamiento: Balsa de inmersión por agua

El producto se descarga en balsas llenas de agua. Mediante esta técnica se consigue amortiguar la caída del producto y así mitigar posibles daños en el mismo, también sirve como primera limpieza. No necesita un caudal importante pero el agua residual contiene una carga alta de contaminantes.

- Conservación:

En función de las necesidades del producto puede ser a temperatura ambiente o en frío. El consumo de agua se debe al propio sistema de refrigeración si funcionan por condensación de agua, surgiendo un vertido de agua sin carga contaminante.

- Limpieza:

Consiste en separar los contaminantes que acompañan a la materia prima entrante, sean sólidos (piedras, restos vegetales, suciedad...) o químicos (fertilizantes, pesticidas...).

Los tipos de limpieza en húmedo son:

- Inmersión: Sistema simple frecuentemente usado previamente antes de otro lavado más exhaustivo. No requieren un gran caudal de agua y pueden utilizarse aguas tratadas de otras fases del proceso.
- Aspersión: Se recurre al uso de duchas de agua, frecuentemente combinado con sistemas de lavado en seco. El consumo de agua es mayor.
- Métodos combinados: Se usan combinaciones de los dos anteriores métodos.

La carga contaminante del efluente varía en función de la fase de lavado, siendo mucho más elevadas en las primeras.

- Pelado:

El pelado consiste en retirar la piel del producto, destacando los siguientes sistemas:

- Pelado mecánico: Por cuchillas y por abrasión o fricción.

Aunque el proceso se realice por técnicas mecánicas la retirada de los restos de piel adheridos al producto se realiza con agua. Con el pelado por cuchillas el uso de agua es mínimo mientras que por fricción se hace un uso más elevado de agua.

La carga contaminante es menos elevada que en otros métodos ya que el agua no es la encargada retirar la integridad de los restos.

- Pelado químico:

Consiste en la utilización de un alcalino para originar una separación entre la epidermis y la pulpa del fruto. La piel se retira mediante agua a presión o duchas. El proceso puede ser por inmersión o por duchas, dependiendo del tipo de alimento a procesar.

Es un proceso muy eficaz que no daña la superficie del producto, pero tiene como contrapartida el importante caudal de agua residual con elevada carga contaminante (materia en suspensión, pH alcalino, alta conductividad...).

- Pelado a la llama:

Particular para el pimiento, se utilizan hornos a gran temperatura para amollar la piel y así facilitar su retirada. La retirada puede realizarse de forma manual o con agua.

Particularmente existe un sistema que aglutina los procesos de asado, pelado, desrabado y eliminación de semillas que solo requiere el uso de agua para la refrigeración del equipo, generando un efluente limpio.

- Pelado térmico:

Se hace uso de vapor a presión que rompe la piel facilitando la retirada de la piel con duchas de agua o un sistema similar.

- Pelado termofísico:

Similar al térmico se divide en dos tipos dependiendo de como se elimina la piel: por vacío y por choque con agua.

En el de choque con agua se genera un efluente con carga contaminante elevada, similar al del pelado térmico. En el de vacío únicamente se consume agua en la generación de vacío, donde el agua saldrá limpia y reutilizable.

- Corte y troceado:

Estos procesos consisten en la reducción de tamaño de presentación, una técnica muy común en los vegetales. Los procesos de corte y troceado no necesitan agua por sí mismos.

El agua en estos procesos es usada generalmente para el transporte del producto, realizar un lavado complementario o retirar restos. Se genera un agua residual con una carga contaminante de similares características al de la primera limpieza, pero con una concentración mucho menor.

- Escaldado:

El escaldado es un proceso corto de preparación de la materia prima. Mediante el mantenimiento del producto a temperaturas que oscilan entre 75 y 100 °C durante un periodo corto de tiempo se consiguen efectos beneficiosos para su conservación (eliminación de gases internos, inactivación de enzimas, reducción de la carga microbiana, reblandecimiento del producto y fijación de colores y eliminación de sabores falsos).

Posteriormente se añade una etapa de enfriamiento para evitar efectos indeseables sobre el producto en la siguiente etapa del proceso.

En cuanto al escaldado hay dos técnicas diferentes:

- Escaldado en agua caliente:

Se consigue calentar el producto mediante inmersión en una balsa o duchas de agua. El mantenimiento del producto en contacto con el agua y las elevadas temperaturas propician la disolución de componentes (proteínas, azúcares, minerales...) que desemboca en un agua residual de elevada carga contaminante.

El agua puede ser reutilizada, pero se debe cuidar la esterilización de la misma para evitar la proliferación de bacterias resistentes a las altas temperaturas.

El producto absorbe agua y por tanto hay que realizar un aporte continuo a diferencia del escaldado por vapor.

- Escaldado por vapor de agua:

Se conduce el producto a través de una cámara de vapor. No hay consumo de agua y el único agua residual que aparece proviene de los condensados que son limpios y recuperables.

En cuanto al enfriado:

- Enfriado por agua:

Mediante inmersión, aspersion o combinación de ambas se hace pasar agua fría por el producto para reducir su temperatura.

El consumo de agua es muy elevado, pero existe la posibilidad de reutilizar el agua en otras fases del proceso ya que presenta poca carga contaminante.

También aparecen procesos asociados necesarios para dar un servicio a los principales. Estos son: generación de vapor, generación de frío y la limpieza de equipos e instalaciones.

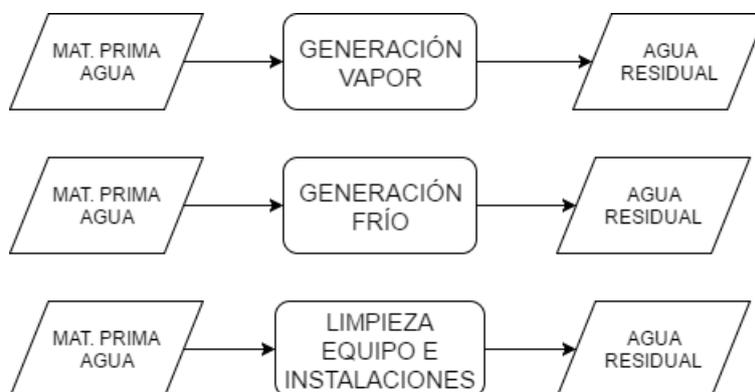


Figura 2 Diagrama de flujo para procesos asociados a la transformación de vegetales

- Generación de vapor:

Las necesidades de calor obligan a la instalación de una caldera de vapor. El impacto ambiental de este proceso es causado principalmente por las emisiones atmosféricas. Se genera agua residual únicamente en la purga del sistema, siendo esta de muy baja carga contaminante.

- Generación de frío:

Para la generación de frío se utilizan ciclos de refrigeración comunes o en algunos casos frío criogénico. La fuente de agua residual en este apartado se produce cuando los condensadores funcionan con agua. En estos se producirá un gran caudal de agua residual sin carga contaminante, cuyo único valor a controlar es su temperatura. Este agua se puede reutilizar en otros procesos como el lavado o el enfriado.

- Limpieza de los envases, equipos e instalaciones:

La limpieza engloba dos tipos de acciones: desinfección y deterción. La desinfección es la destrucción de microorganismos patógenos pero no de las esporas u formas resistentes. La deterción es la acción que hace un detergente y sus componentes tensoactivos. Elimina la suciedad, materia orgánica y los microorganismos parcialmente por arrastre.

Dependiendo del tipo de producto químico que se utilice obtendremos un agua residual de distintas características, siendo su posible pH extremo o su elevada conductividad sus características adversas.

Los tipos de agentes químicos que se utilizan en la industria agroalimentaria se dividen en:

- Agentes químicos de limpieza: para superficies, suelos y paredes. En este apartado nos encontramos Álcalis, Complejos de fosfatos, humectantes, compuestos quelantes y ácidos.
- Desinfectantes: Eliminan los microorganismos remanentes. Entre los compuestos más utilizados en la industria son:
 - Compuestos clorados, con las siguientes concentraciones de cloro libre según la aplicación:

Aplicación	Concentración de cloro (ppm)
Lavado de botes	3-5
Lavado de frutos	5-10
Enfriado de embases	3-5
Desinfección de equipos	50
Desinfección de paredes, suelos, etc	50
Utensilios en general	10-20
Desinfección de tuberías y conducciones	50

- Compuestos de amonio cuaternario, con las siguientes concentraciones en función de la aplicación:

Aplicación	Concentración de cloro (ppm)
Lavado de botes	100
Lavado de frutos	100-200
Desinfección de equipos	5000
Desinfección de paredes, suelos, etc	5000
Utensilios en general	2500
Desinfección de tuberías y conducciones	500

- Yodóforos, con las siguientes concentraciones en función de la aplicación:

Aplicación	Concentración de cloro (ppm)
Lavado de botes	20-30
Enfriado de envases	250
Desinfección de equipos	350
Desinfección de paredes, suelos, etc	350
Utensilios en general	150
Desinfección de tuberías y conducciones	170

- Derivados de aminoácidos.

Para las conservas vegetales el proceso difiere con respecto al genérico, apareciendo procesos particulares. El diagrama de flujo puede quedar configurado como:

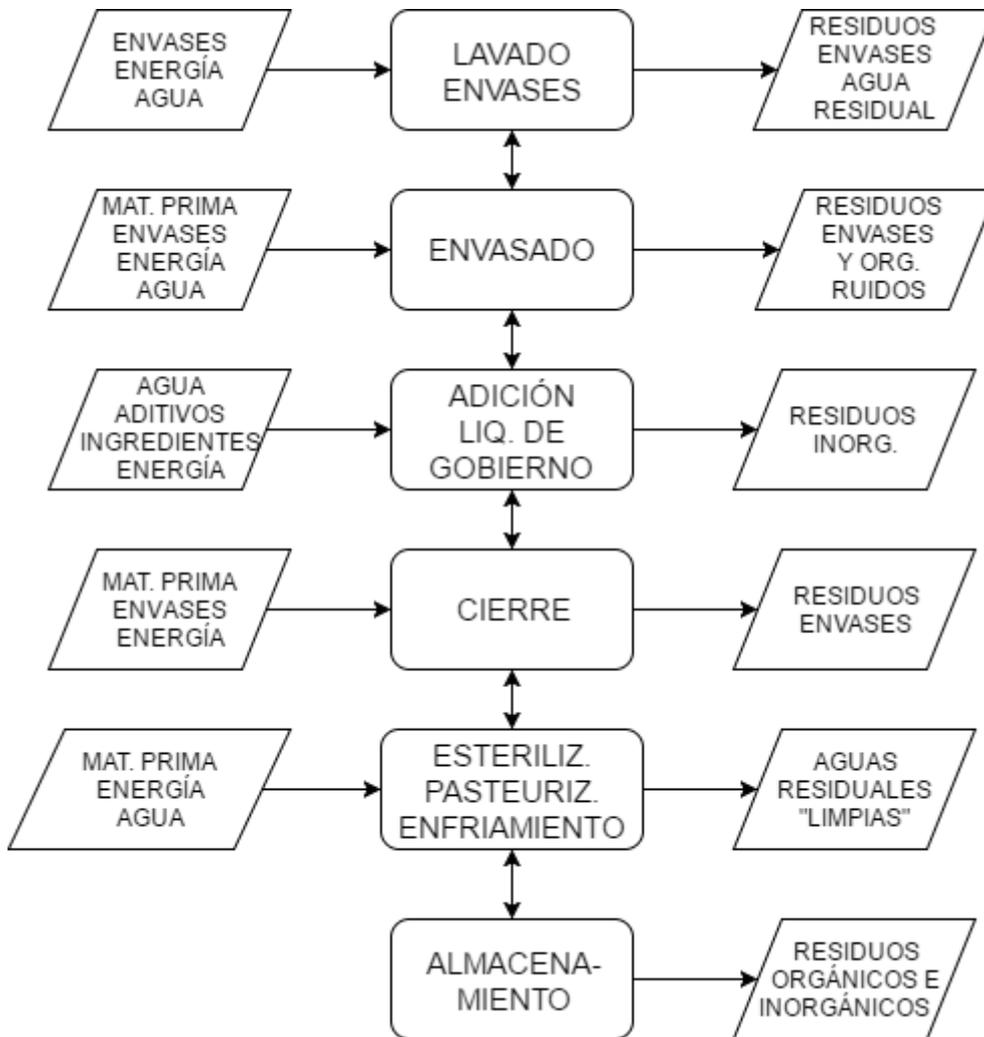


Figura 3 Diagrama de flujo para las conservas vegetales

Siendo una nueva fuente de agua residual:

- Pasteurización/esterilización y enfriamiento:

Para los tratamientos térmicos se hace uso de agua. El proceso se hace con el producto envasado por lo que el agua residual es limpia, aunque dado el elevado caudal necesario se hace imperativa su recuperación. De no hacerse el efluente será limpio pero de elevada temperatura.

Por último, en los congelados también aparecen procesos particulares:

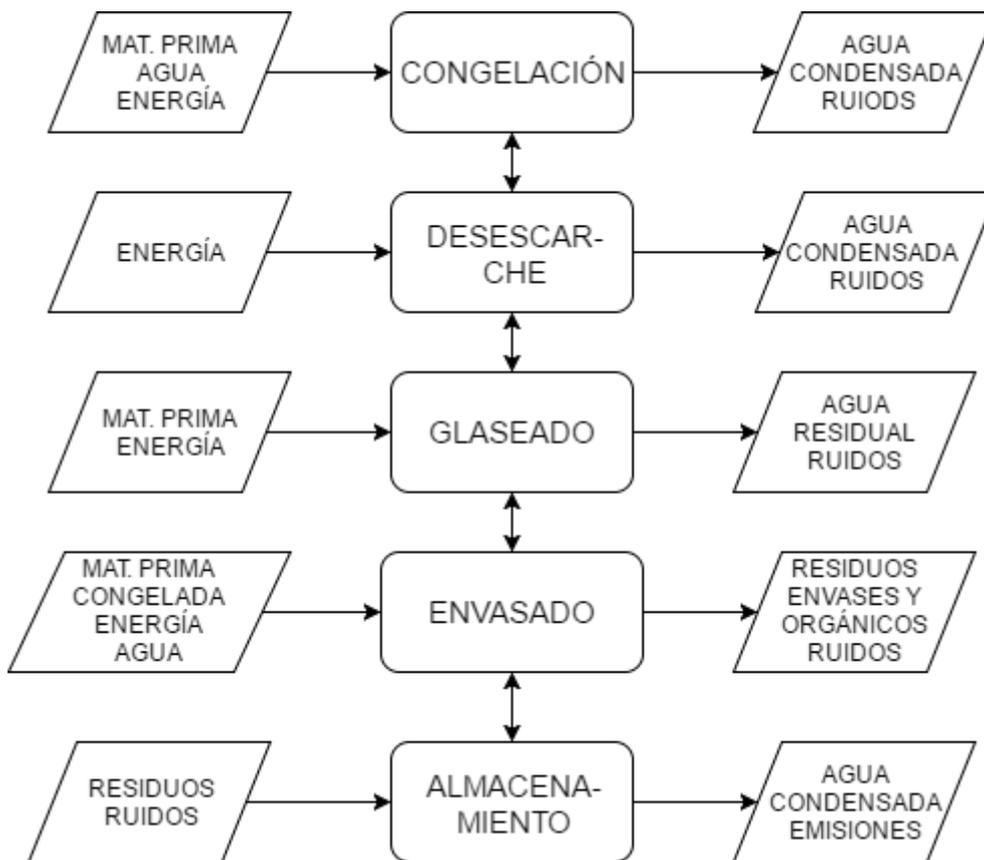


Figura 4 Diagrama de flujo para los congelados

De estos procesos, se puede ver que se genera agua residual en los siguientes:

- Desescarche:

Consiste en la eliminación de la capa de hielo que se forma sobre los equipos de congelación.

Este proceso se puede hacer con agua lo que generan aguas residuales más importantes por su caudal que por su carga contaminante.

- Glaseado:

Proceso al que se le someten a ciertas variedades de vegetales para la conservación de su forma y características. Se realiza pulverizando agua que se congelará en primer lugar en el proceso posterior de congelado, endureciendo el producto.

Se genera un agua residual de reducido de caudal y carga contaminante.

1.3. AGUAS RESIDUALES Y LA NORMATIVA AMBIENTAL

La industria agroalimentaria es una gran consumidora de agua como materia prima como se ha comentado en el punto anterior. Este consumo lleva asociado la producción de grandes cantidades de aguas residuales con carga contaminante que debe tratarse antes de devolverse al medio. Se trata por tanto el aspecto medioambiental más importante y debe ser objeto de estudio y solución.

La calidad de las aguas residuales es evaluada con una serie de parámetros estándar que se han escogido como característicos tras numerosos estudios:

- Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.):

Comúnmente medido en mg de O₂ por litro de efluente. Mide la cantidad de oxígeno que ha consumido la materia orgánica presente en el agua en su descomposición. Se acompaña de un subíndice que indica la cantidad de días sobre los que se ha realizado la medición, siendo el DBO₅ el más común (demanda de oxígeno total en cinco días).

- Demanda química de oxígeno (D.Q.O.):

Medida similar al D.B.O. y utilizado como su estimador. Tiene la ventaja de realizarse en el momento, pero puede tener interferencias por la presencia de agentes reductores no orgánicos.

- Materia en suspensión:

Densidad de residuo sólido presente en el agua. Propician la turbidez de las aguas, disminuyen el paso de la energía solar o provocan depósitos sobre algas y peces entre otros efectos.

- pH:

La alteración del pH del medio acuático puede resultar en graves desequilibrios, por lo que debe ser controlado y ajustado en el efluente.

- Nutrientes (P y N):

El exceso de estos componentes puede provocar una eutrofización del medio sobre el que se vierten las aguas residuales.

- Conductividad:

Medida para detectar la presencia de impurezas, en especial sales. Una cantidad excesiva de sales puede ser perjudicial para el suelo aledaño y para determinadas especies.

- Temperatura:

Se debe vigilar que la temperatura del efluente sea similar a la del medio para evitar desequilibrios. Una alta temperatura disminuye la solubilidad de gases reduciendo el oxígeno disponible para la vida acuática o aumenta la velocidad de las reacciones químicas entre otros efectos.

Las aguas residuales de la industria de los transformados vegetales se caracterizan por su alta variabilidad. El volumen por tonelada de producto depende más del proceso de fabricación que de la materia prima, siendo los procesos que requieren enfriado los que más consumo requieren. También existe cierta relación entre el tamaño del vegetal y el agua que requieren para su procesado.

Este problema de variabilidad se ve agravado por el carácter estacional de la industria, donde depende del momento del año se procesan uno u otro tipo de vegetal, cada uno con un sistema de producción diferente y por tanto unas características /de efluente variable.

De forma general estas aguas se caracterizan por la presencia de materia orgánica (DBO₅ y DQO), sólidos en suspensión, aceites y grasas y un pH alcalino o ácido en caso de utilizarse pelado químico.

1.3.1. Normativa ambiental española relativa a las aguas residuales

El marco jurídico concerniente al vertido de aguas residuales queda configurado en España a través de la transposición de la directiva europea 91/271/CEE y su posterior modificación en la 98/15/CE. Estas trasposiciones se reflejan junto a otras modificaciones en los Reales Decretos 11/1995, 509/1996, 2116/1998, y 1290/2012

Así pues, queda regulada toda la actividad, desde los procedimientos técnicos necesarios para obtener la licencia de vertido como la calidad mínima que se le exige al efluente. El objetivo final de estas normas

Relativo a la calidad del vertido al cauce público se utilizaron en origen unos valores límite establecidos en el Real Decreto 849/1986

Tabla I Valores límite de vertido al cauce público según Real Decreto 849/1986

Parámetro	Grupo de Calidad		
	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 3
pH	5.5 - 9.5	5.5 - 9.5	5.5 - 9.5
Sólidos en suspensión (mg/l)	300	150	80
Materias sedimentables (mg/l)	2	1	0.5
Sólidos gruesos	Ausentes		
DBO5 (mg/l)	300	60	40
DQO (mg/l)	500	200	160
Temperatura	Menos de 3 ° C de incremento		
Color	Inapreciable por dilución		
Cromo III (mg/l)	4	3	2
Cromo VI (mg/l)	0.5	0.2	0.2
Cadmio (mg/l)	0.5	0.2	0.1
Zinc (mg/l)	20	10	3
Cobre (mg/l)	10	0.5	0.2
Estaño (mg/l)	10	10	10
Hierro (mg/l)	10	3	2
Detergentes (mg/l)	6	3	2
Manganeso (mg/l)	10	3	2
Níquel (mg/l)	10	3	2
Plomo (mg/l)	0.5	0.2	0.2
Cloruros (mg/l)	2000	2000	2000
Sulfatos (mg/l)	2000	2000	2000
Fósforo total (mg/l)	20	20	10
N - Nítrico (mg/l)	20	12	10
Amoniaco (mg/l)	50	50	15
Aceites y grasas (mg/l)	40	25	20

Posteriormente con la directiva 96/271/CEE aparecieron unos nuevos valores límite que son los que se utilizan en la actualidad. Estos son implantados el Cuadro I del Anexo I del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo.

Tabla 2 Cuadro 1 del anexo I del RD 509/1996, de 15 de marzo.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅ a 20 °C) sin nitrificación⁽²⁾.	25 mg/l O ₂	70-90 40 de conformidad con el apartado 3 del artículo 5 R.D.L. ⁽³⁾ .	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación antes y después de cinco días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación.
Demanda química de oxígeno (DQO).	125 mg/l O ₂	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Total de sólidos en suspensión.	35 mg/l ⁽⁴⁾ 35 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) ⁽³⁾ . 60 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) ⁽³⁾ .	90 ⁽⁴⁾ 90 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) ⁽³⁾ . 70 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) ⁽³⁾ .	Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje. Centrifugación de una muestra representativa (durante cinco minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g), secado a 105 °C y pesaje.
<p>(1) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.</p> <p>(2) Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre DBO₅ y el parámetro sustituto.</p> <p>(3) Se refiere a los supuestos en regiones consideradas de alta montaña contemplada en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto - ley 11/1995, de 28 de diciembre.</p> <p>(4) Este requisito es optativo.</p> <p>Los análisis de vertidos procedentes de sistemas de depuración por lagunaje se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos totales en suspensión en las muestras de aguas sin filtrar no deberá superar los 150 mg/l.</p>			

La normativa también limita los componentes que favorecen la eutrofización en medios sensibles:

Tabla 3 Cuadro 2 del anexo I del RD 509/1996, de 15 de marzo.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción ⁽¹⁾	Método de medida de referencia
Fósforo total.	2 mg/l P (de 10000 a 100000 h-e) 1 mg/l P (más de 100.000 h-e).	80	Espectrofotometría de absorción molecular.
Nitrógeno total ⁽²⁾ .	15 mg/l N (de 10000 a 100000 h-e) 10 mg/l N (más de 100000 h-e) ⁽³⁾ .	70-80	Espectrofotometría de absorción molecular.
<p>(1) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.</p> <p>(2) Nitrógeno total equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO).</p> <p>(3) Estos valores de concentración constituyen medias anuales según el punto 3º del apartado A) 2 del anexo III. No obstante, los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, de conformidad con el apartado A) 1 del anexo III, que se obtiene el mismo nivel de protección. En ese caso la media diaria no deberá superar los 20 mg/l N total para todas las muestras, cuando la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12 ° C. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales.</p>			

1.4. CARACTERIZACIÓN DEL VERTIDO

Como se ha comentado en los apartados anteriores las características del vertido presentan una alta variabilidad, dependiendo no solo del tipo de alimento que se procesa si no del tipo de proceso que puede seguir cada uno. Así, se analizarán multitud de datos procedentes de varias fuentes para hallar una media.

Tabla 4 Valores de carga contaminantes para diferentes productos (I) (Seoánez Calvo 2002)

Producto	Efluente (en m ³ /Tm)	pH	M.E.S. (en mg/l)	D.B.O. (en mg/l)
Espárragos	13	7.3	30-180	16-100
Remolacha de mesa	4.1	6.5	1250	4000
Zanahoria	6.6	7.1	1830	1100
--- Pelada	5.6	8.9	2000	1400
--- Cortada	18	-	700	860
Champiñón	24-32	-	106-184	83-400
Espinacas	23-31	7	90-580	280-730
Judías Verdes	11-36	-	106-184	83-400
Calabaza	-	-	750-2000	1500-7000
Guisantes	2.5-26	-	270-400	380-4700
Patata	13.3	7.3	990	220
--- Congelada	7.6	-	-	1300
--- Deshidratada	30.6	-	1200	330
Tomate	0.5-20	-	140-2000	80-4000
Pimiento	-	-	400-500	600-1200
Uva	-	-	160-300	300-2000
Albaricoque	11-15	6-7.6	100-400	200-1000
Cereza	4.17-5.21	6	40	1200
Frambuesa	2.5	6.8	70	250
Grosella	1.67	6.4	50	800
Melocotón	8.2-11	6-7.6	245-750	800-2800
Pera	7.1	7	1120	3047
Manzana	0.41	5.8	400	2500
Ciruela	2.5	6.5	70	800

Tabla 5 Valores de carga contaminantes para diferentes productos (IV) (Ministerio de Medio Ambiente 2006)

Producto	pH	D.Q.O.	M.E.S.
		(en mg/l)	(en mg/l)
Melocotón	7-8,5	1200-4400	150-550
Albaricoque	6-8	600-2700	150-550
Alcachofa	6-8,5	400-2600	100-350
Pimiento Morrón	6,5-9,5	400-2000	150-400
Pimiento piquillo	5-7,5	500-3500	100-500
Tomate	4,5-7,5	1000-4000	400-2500
Congelados	6-9	1000-4000	100-1200
Manzana concentrado	4,5-7	800-2500	150-450

Tabla 6 Valores de carga contaminantes para diferentes productos (III) (Environmental protection agency 1977)

Producto	Caudal (m ³ /Tm)	DBO (mg/l)	M.E.S. (mg/l)
Manzana	9	900	230
Albaricoque	20	850	215
Espárrago	32	70	115
Habas	29	750	600
Remolacha	15	430	175
Brócoli	34	260	220
Zanahoria	12	1090	620
Coliflor	64	110	55
Maíz	68	1800	665
Uva	6	720	135
Seta	30	230	115
Aceituna	31	400	400
Cebolla	22	1250	370
Melocotón	11	1400	345
Pera	14	1670	400
Pimiento	17	835	1510
Patata	14	2800	4260
Espinaca	33	190	83
Tomate	6	352	750
--- Pelado	8	510	650
Nabo	2	-	-
Piña	10	1110	400

Tabla 7 Valores de carga contaminantes para diferentes productos (IV) (Pascual 2016)

Producto	SS (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Ntot (mg/l)	Ptot (mg/l)
Vegetales, vegetales congelados, conservas y fruta.	700	5000	3000	150	30
Procesado de patatas	700	10000	3000	150	200
Pelado de patatas	1100	6000	2500	200	30
Zumo de manzana	-	5500	2500	26,5	21
Zanahorias	-	8600	2700	-	-

Realizando la media de los parámetros se puede concluir con un efluente estándar con las siguientes características:

Tabla 8 Valores de carga contaminante característicos para este proyecto

Caudal (m ³ /Tm)	pH	S.S. (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)
20,42	7,6	700,0	1470,7	4900	166,7	86,7

Valores que se utilizarán de ahora en adelante para la selección y dimensionamiento de las etapas de la E.D.A.R.

1.5. DISEÑO DEL PROCESO DE DEPURACIÓN

Una vez analizado el tipo de efluente característico de la industria de los transformados vegetales y expuestos los valores límites que marca la normativa vigente para las aguas vertidas al cauce público queda patente la necesidad de la instalación de una planta depuradora.

Así se seleccionarán en función de los contaminantes presentes en el agua las etapas necesarias para reducirlos a los niveles que marcan la normativa.

Dada la diversidad de métodos habrá que tener en mente siempre una perspectiva global del objetivo en lugar de abordar cada problema por separado.

En un primer punto se analizarán los requisitos generales de la planta para en un segundo puesto analizar las soluciones disponibles a esos requisitos del efluente.

1.5.1. Análisis de las necesidades de depuración en función de la característica del vertido

Partiendo de los parámetros característicos hallados en el apartado anterior se procederá a analizar las necesidades básicas de depuración.

1.5.1.1. Biodegradabilidad del agua

La biodegradabilidad del agua sirve como parámetro para definir la cantidad de materia orgánica presente en el agua.

Cuanto más biodegradable sea el agua mayor será el contenido en materia orgánica y, por tanto, mayor necesidad habrá de establecer un tratamiento biológico. Por el contrario, con una baja biodegradabilidad puede ser suficiente con un tratamiento biológico de menor intensidad o incluso uno químico.

La biodegradabilidad del agua se define como la ratio entre la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

$$\text{Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

Nuestra planta tendrá una biodegradabilidad de:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{1470.7}{4900} = 0.3$$

Por lo que necesitará un tratamiento biológico de intensidad media que se definirá en futuros apartados.

1.5.1.2. Sólidos en suspensión (S.S)

Tabla 9 Comparación entre el valor de entrada y el valor admisible de sólidos en suspensión

Valor de entrada (mg/l)	Valor admisible (mg/l) (Tabla 2)
700	35

A la vista queda la necesidad de reducir el contenido de sólidos en suspensión para cumplir con la normativa. Estos restos por sus características (tierra, hojas, pequeñas ramas, restos de piel...) son decantables.

1.5.1.3. Nitrógeno y fósforo

Tabla 10 Comparación entre el valor de entrada y el valor admisible de nitrógeno y fósforo

	Valor de entrada (mg/l)	Valor admisible (mg/l) (Tabla 2)
Nitrógeno	166,7	15
Fósforo	86.7	2

Se aprecian unos valores elevados de ambos agentes, requiriendo una reducción elevada en ambos casos.

La resolución del problema puede pasar por el uso de una etapa de nitrificación-desnitrificación, así como una eliminación de fósforo por precipitación química.

1.5.2. Selección de las etapas

Una vez analizadas las funciones básicas que deberá tener nuestra planta se procederá a un estudio de las etapas con las que deberá contar.

Se procederá a una descripción de las tecnologías disponibles para la ejecución de cada fase, eliminando de nuestra elección final aquellas que no sean necesarias por las características de nuestra agua residual.

Una EDAR se puede dividir en dos grandes bloques:

- **Línea de aguas:** Parte principal de una estación depuradora, donde se lleva a cabo la propia acción de depuración del agua. Constan de cuatro fases principales correspondientes a distintos tratamientos:
 - **Pretratamiento:** Una adecuación preliminar del agua eliminando materias gruesas, arenas y flotantes para evitar su interferencia en procesos posteriores o dañar equipos
 - **Tratamiento primario o físico-químico:** Se eliminan los contaminantes físicos, químicos y sólidos.
 - **Tratamiento secundario o biológico:** Se elimina la contaminación de origen orgánico.
 - **Tratamiento terciario o avanzado:** Fase opcional donde se incorporan procesos para la eliminación de un componente específico o la obtención de un efluente de una mayor calidad por necesidades particulares.

- **Línea de fangos:** En ella se recogen todos los residuos extraídos en la línea de agua y se tratan para facilitar su procesado. Constan de tres fases:
 - **Espesamiento:** Se elimina gran parte del agua que portan los residuos sin llegar a deshidratarlos.
 - **Estabilización o digestión:** Se trata el fango para que sea más segura su manipulación neutralizando bacterias y virus, mineralizando la materia orgánica y disminuyendo la materia volátil además de concentrar los lodos.
 - **Deshidratación y secado:** Se retira el agua restante para su retirada y posterior procesado como residuo.

Así, un esquema general de una EDAR puede quedar de forma genérica dispuesto de la siguiente manera:

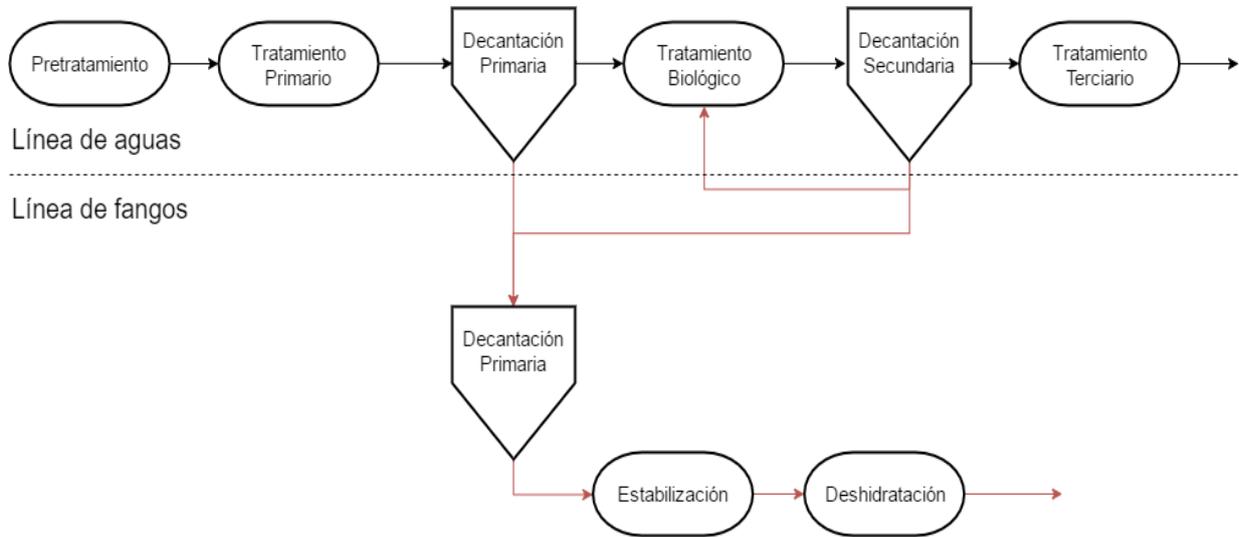


Figura 5 Esquema de proceso genérico para una EDAR (Cledera Castro 2018)

1.5.2.1. Pretratamiento

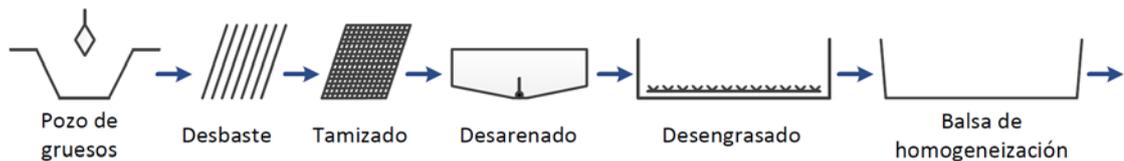


Figura 6 Esquema genérico de la fase de pretratamiento (Cledera Castro 2018)

Como se ha comentado en el apartado 1.5.1.2. la naturaleza del agua residual hace que no sean necesarias todas las etapas. Se prescindirá del pozo de gruesos (no se esperan sólidos de muy grandes dimensiones) y del desengrasado (la grasa no es un contaminante típico). Por tanto, se seleccionan las siguientes:

- **Desbaste:** Aunque es improbable la aparición de sólidos de grandes dimensiones es común añadir esta etapa por protección de la propia estación depuradora.

El desbaste contará con una reja de finos teniendo en cuenta el tamaño de los residuos sólidos que se espera de esta industria.

- **Tamizado:** Servirá para eliminar los restos presentes en el agua como ramas, hojas, restos en general.

El tamizado se llevará a cabo por un tamiz rotativo, el cual es una solución comunmente adoptada en esta industria dado el tipo de residuos sólidos presentes.

- **Desarenado:** Una etapa de desarenado es justificable dada la naturaleza de los alimentos procesados. Estos, en muchos casos son recolectados a nivel de suelo o bajo tierra, llevándose consigo cuando son recogidos parte del sustrato.
- **Balsa de homogeneización:** Se trata de un depósito utilizado para regular los picos o valles en el caudal, asegurando así tener un caudal cercano al óptimo de operación de la planta. De igual forma se homogeneizarán los contaminantes.

En esta etapa se considerarán unos porcentajes de reducción de:

Tabla II Porcentajes de reducción en el pretratamiento según varios autores.

	Reducción DBO ₅	Reducción DQO	Reducción S.S
Desbaste y tamizado	5%	5%	10%
Desarenado	2%	2%	2%

1.5.2.2. Tratamiento primario

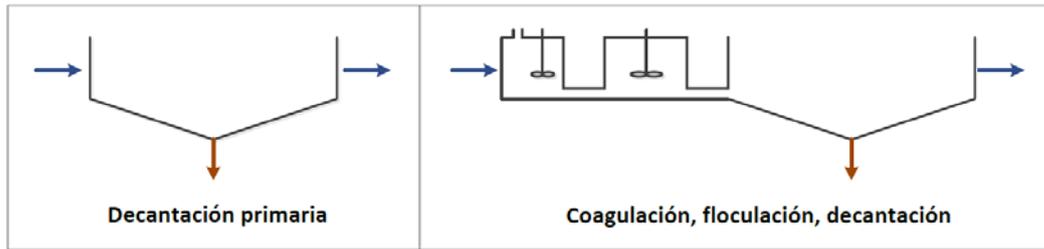


Figura 7 Esquema genérico de la fase de tratamiento primario (Cledera Castro 2018)

En el tratamiento primario tenemos dos posibles etapas:

- **Decantación primaria:** En esta etapa se decantan todos los sólidos sedimentables.
- **Coagulación - floculación:** Se añaden coagulantes químicos en un tanque anterior al decantador. No es justificable en nuestro campo de estudio dada la ausencia de materia coloidal.

Una etapa de decantación primaria resultaría funcional, sin embargo, como se justificará en el siguiente apartado, un tratamiento anaerobio hará que no sea necesario el efecto de la decantación primaria. Esta decisión conllevará una mayor producción de biogás además del ahorro de equipo.

Por ello, se decide prescindir de tratamiento primario para la EDAR de este proyecto.

1.5.2.3. Tratamiento secundario

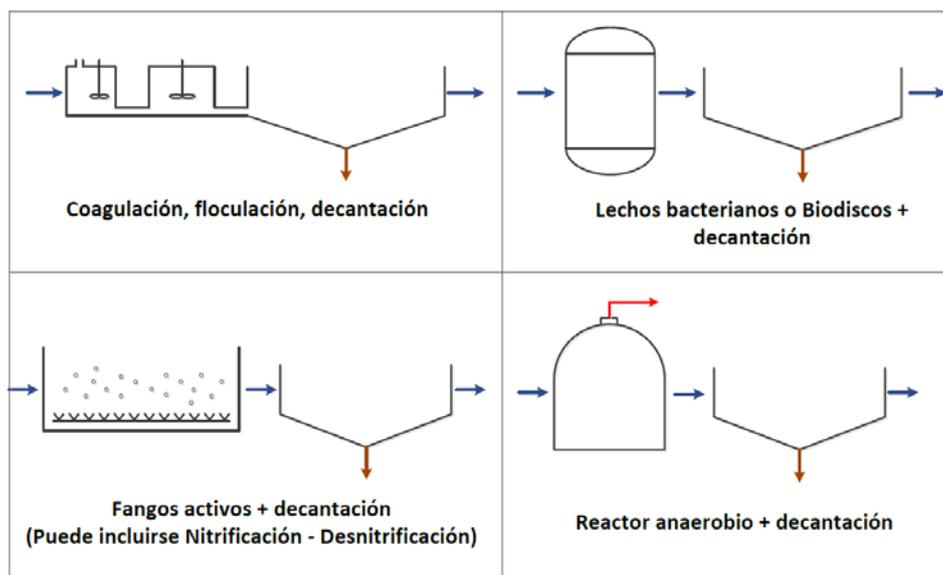


Figura 8 Esquema genérico de la fase de tratamiento secundario (Cledera Castro 2018)

En esta etapa se eliminará fundamentalmente la materia orgánica. Es por ello por lo que resulta fundamental tener en cuenta la biodegradabilidad del agua y así seleccionar el proceso óptimo. Se abren cuatro escenarios:

- **Coagulación, floculación, decantación:** Cuando $\frac{DBO_5}{DQO} < 0.2$ significa que el agua no tiene una gran carga de materia orgánica. En este caso no hará falta un tratamiento secundario teniendo únicamente que incluir una etapa de coagulación, floculación, decantación en el tratamiento primario.
- **Lechos bacterianos o biodiscos:** Cuando $0.2 < \frac{DBO_5}{DQO} < 0.4$ se requerirá el uso de este tipo de tratamiento.
- **Fangos activos:** Se utilizará $\frac{DBO_5}{DQO} > 0.4$. También dependerá de la cantidad de nutrientes ya que una etapa de nitrificación-desnitrificación puede sustituir esta etapa.
- **Reactor biológico anaerobio:** Si $DBO_5 > 1500\text{mg/l}$ se puede plantear esta opción, ya que de esta manera mediante una digestión de la materia se podrá generar biogás que puede ser usado como combustible.

En el caso que ocupa este proyecto, con una biodegradabilidad de 0.3 y una carga de DBO_5 de 1400mg/l se pueden plantear dos etapas: lechos bacterianos reactor biológico anaerobio.

Aunque la cantidad de DBO_5 no llega al umbral anteriormente comentado de 1500mg/l dada su cercanía resulta interesante el uso de un reactor biológico.

La solución adoptada pasará un tratamiento secundario con:

- **Digestor anaerobio.**

Se esperarán unos rendimientos de:

Tabla 12 Porcentajes de reducción en el pretratamiento según varios autores.

	Reducción DBO_5	Reducción DQO	Reducción S.S
Digestor Anerobio	70%	70%	50%

1.5.2.3.1. Digestion anaerobia y producción de biogás

La digestión anaerobia consiste en la putrefacción del agua en un ambiente anaerobio.

La digestión se produce en dos fases: una ácida, donde el pH se mantiene a 5.5 y los microorganismos atacan a las sustancias disueltas en el fango formando ácidos orgánicos, anhídrido carbonico y ácido sulfhídrico y otra alcalina, donde

el pH sube a 7.4 y los productos producidos en la primera fase son convertidos en gas carbónico y metano.

El gas producido en la reacción es de alrededor 1000L por cada kilo de materia volátil. Este gas se compone de la siguiente forma:

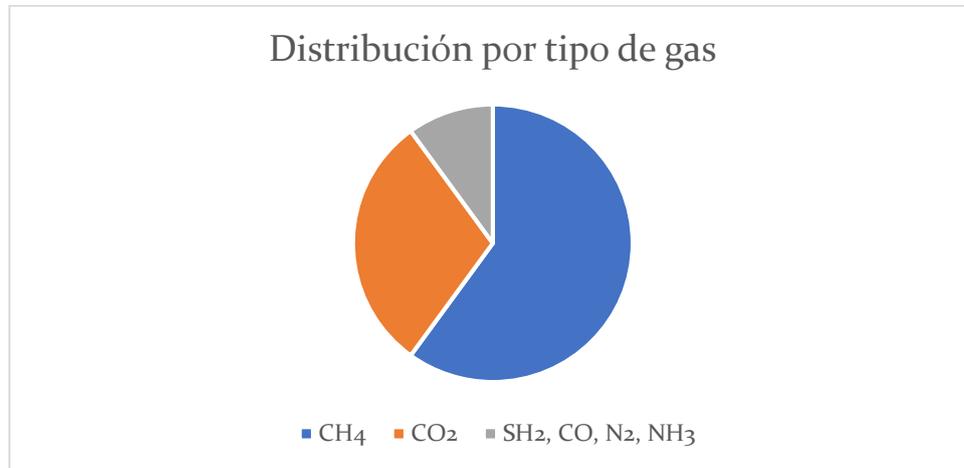


Figura 9 Distribución por tipo de gas del biogás generado en la digestión anaerobia (Isla de Juana 2005)

Este biogás generado es quemado en una caldera adyacente al reactor que se usa para mantener la temperatura del mismo, el excedente puede reutilizarse en la propia industria para abaratar costes, recurriendo a diversas técnicas:

- Hornos alimentados por biogás, de aplicación en la propia industria de los transformados vegetales.
- Calderas alimentadas por biogás para la generación de vapor, de aplicación en la propia industria de los transformados vegetales.
- Motor de autoconsumo, con el que poder alimentar equipos de la propia EDAR reduciendo el consumo externo de electricidad.

1.5.2.4. Tratamiento terciario

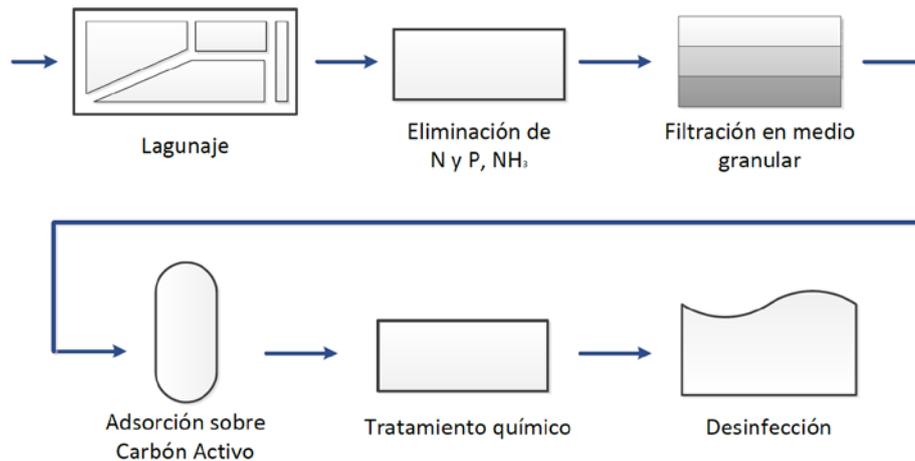


Figura 10 Esquema genérico de la fase de tratamiento terciario (Cledera Castro 2018)

El tratamiento terciario se realiza cuando se necesita eliminar compuestos tóxicos, reducir el DBO₅ por debajo de los 25mg/l, los sólidos por debajo de 35mg/l o, como es nuestro caso, eliminar nutrientes cuando las cantidades son demasiado elevadas para su eliminación en el tratamiento secundario.

Pueden aparecer las siguientes etapas:

- **Lagunaje:** Tratamiento para reducir la DBO₅. Tiene el gran inconveniente de ser un proceso muy lento, por lo que no es indicado para una EDAR convencional.
- **Eliminación de nitrógeno:** En caso de no ser suficiente la eliminación de nitrógeno en el tratamiento secundario se recurre a esta etapa. Se hace uso del proceso de nitrificación – desnitrificación, pudiéndose hacer una configuración de tanques separados o una configuración de carrusel.
- **Eliminación de fósforo:** Como el nitrógeno, en caso de tener una carga demasiado elevada para su eliminación en el tratamiento secundario se ha de añadir esta etapa. Se lleva a cabo mediante la precipitación química o por procesos biológicos (fangos activados), siendo esta tecnología útil únicamente para una reducción de ~10mg/l a 2-3mg/l.
- **Filtración en medio granular:** Usado para reducir los sólidos en suspensión, materia orgánica y sólidos en suspensión. Esta filtración se lleva a cabo por distintas fases intercalándose distintos medios y porosidades.
- **Adsorción con carbón activado:** Es instalada para eliminar malos olores, sabores, color, compuestos orgánicos volátiles y detergentes y patógenos en menor medida.

- **Tratamiento químico:** Para correcciones de pH, reducción de olores, adición de otras sustancias...
- **Desinfección:** Encargada de reducir la contaminación de patógenos, microorganismos, etc. Suele ser obligatoria en función de la zona a la que se vierte (aguas de baño, aguas de cría de marisco, aguas de captación para consumo humano...). Pueden utilizarse los métodos de cloración, ozonización, radiación ultravioleta...

La única misión de la EDAR que ocupa este proyecto es reducir la carga contaminante por debajo de lo que marca la legislación, por lo que los únicos problemas a tratar es regular el pH.

Así las etapas elegidas para este tratamiento serán:

- **Eliminación del nitrógeno por fangos activos:** Mediante fangos activos se practicará una nitrificación – desnitrificación del agua reduciendo así la carga de este nutriente. Adicionalmente se reducirá la carga en detergentes que pueden darse por procesos de limpieza
- **Eliminación del fósforo mediante C+F+D:** Mediante un sistema de coagulación, floculación y decantación se eliminará la carga de fósforo. Una eliminación por fangos activos no es factible dada la elevada presencia de fósforo.
- **Tratamiento del pH:** Se regularán los posibles desórdenes en el pH adecuándolo al del rango óptimo de cada etapa.

Esperando unos porcentajes de reducción de:

Tabla B3 Porcentajes de reducción en el tratamiento terciario según varios autores.

	Reducción DBO ₅	Reducción DQO	Reducción S.S	Reducción N	Reducción P	Red. Deterg.
Fangos Activos (Eliminación de N)	93%	93%	40%	99%	-	85%
C+F+D (Eliminación de P)	60%	70%	95%	-	70%	-

1.5.2.4.1. Química intrínseca en el tratamiento de coagulación – floculación

Las partículas presentes en el agua pueden catalogarse en dos grupos en función de su naturaleza: coloidales y en suspensión.

Las partículas en suspensión por su tamaño (entre 0.1 μm y 100 μm) se encuentran en estado sólido y pueden eliminarse por medios físicos, como una centrifugación o haciendo pasar el agua por una membrana microporosa. En cambio, las partículas coloidales son demasiado pequeñas como para utilizar métodos mecánicos para su eliminación.

El objeto de la coagulación (y la posterior floculación) es agregar dichas partículas coloidales para aumentar su tamaño y así poder eliminarlas como partículas en suspensión.

Coagulación

La principal propiedad de las partículas coloidales y en suspensión es la carga superficial. La carga superficial es la causante de que las partículas se mantengan en suspensión sin agregarse durante largos periodos de tiempo. Las partículas presentes en el agua son intrínsecamente inestables y por ello todas acaban agregándose con el tiempo, sin embargo, esto puede ocurrir a una velocidad muy reducida.

Una característica principal de una dispersión coloidal es que no hay carga neta. Esto es producido a causa de que las partículas cargadas acumulan iones de signo contrario en su superficie y en su campo de acción. A este efecto se le conoce como la doble capa eléctrica. En la figura 12 se observa como en el exterior de la partícula no existe carga eléctrica.

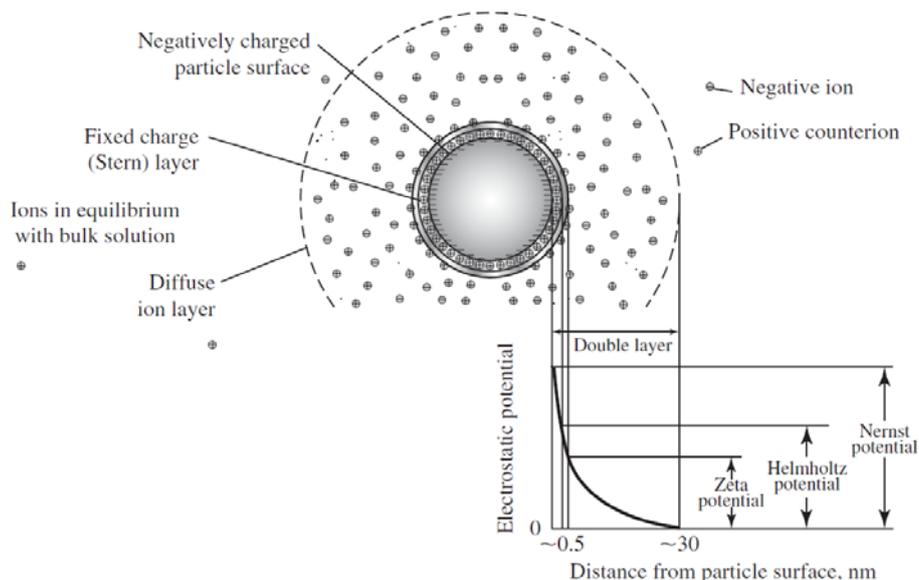


Figura 12 Representación de la doble capa eléctrica (M. L. Davis 2010)

Así, las partículas solo se agregarán cuando la doble capa sea lo suficientemente fina como para que las Fuerzas de Van der Waals sean suficientemente intensas como para mantenerlas unidas. Así, los

coagualntes tienen como misión favorecer la acción de las fuerzas de Van der Waals comprimiendo la doble capa o neutralizando la carga eléctrica. Existen multitud de coagualntes comerciales aptos para el tratamiento de aguas de consumo humano y residuales, siendo el cloruro férrico FeCl_3 el compuesto que mejor resultado da para la coagulación del fósforo.

Los polielectrolitos de origen sintético son macromoléculas de cadena larga solubles en agua. La selección del polielectrolito adecuado es empírica mediante ensayos jar-test.

Los polielectrolitos ayudan a la coagulación rebajando la carga de las partículas y formando puentes físicos entre partículas al quedar estas atrapadas por una misma cadena.

Floculación

La floculación es el mecanismo de crear gradientes de velocidad en el agua que hace que las partículas interaccionen entre sí con mayor frecuencia. Así, mediante agitadores mecánicos se consigue repartir con mayor efectividad el coagualnte y realizar una reacción más rápida. Los tiempos y velocidad de agitado óptimos son empíricos y dependientes de cada caso concreto.

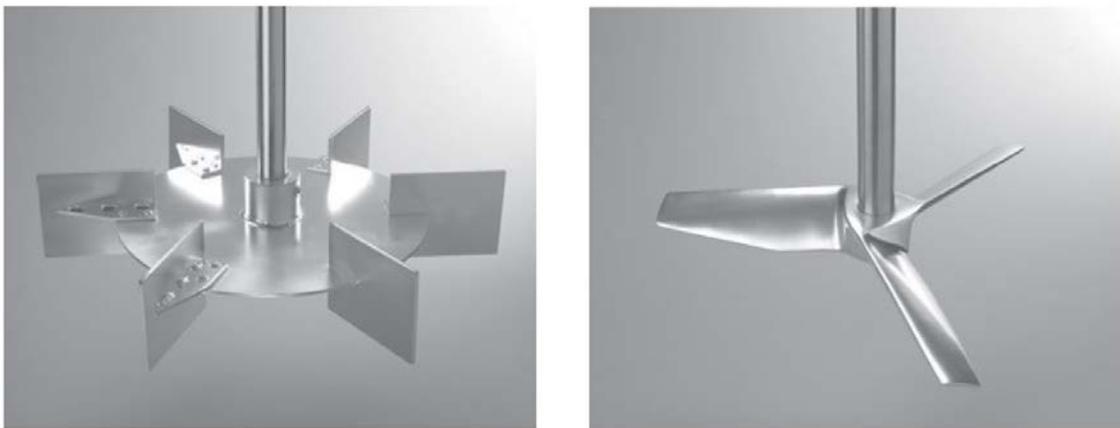


Figura 12 Agitadores mecánicos (M. L. Davis 2010)

1.5.2.4.2. Química intrínseca al tratamiento de fangos activos

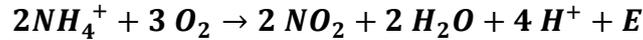
El nitrógeno presente en el agua residual se puede catalogar como orgánico, amoníaco, nitritos y nitratos. El nitrógeno orgánico más el amoniacal se denominan nitrógeno Kjendhal que junto a los nitritos y nitratos se denomina nitrógeno total.

El proceso de depuración del nitrógeno es realizado por bacterias comprende dos etapas: nitrificación y desnitrificación.

Nitrificación

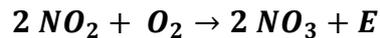
En una primera fase se produce la oxidación del amoníaco a nitritos por bacterias denominadas nitrosomonas, las cuales son aerobias:

Ecuación 1 Reacción de la primera fase de nitrificación (Isla de Juana 2005)



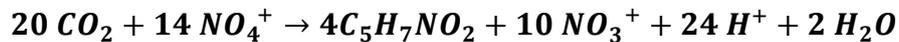
En una segunda fase los nitritos son oxidados nuevamente convirtiéndose en nitratos, lo producen bacterias aerobias denominadas nitrobacterias:

Ecuación 2 Reacción de la segunda fase de nitrificación (Isla de Juana 2005)



Paralelamente se produce la reacción de síntesis celular, generándose compuestos orgánicos:

Ecuación 3 Reacción de síntesis celular (Isla de Juana 2005)



Como puede observarse, se necesita un aporte de aire para llevar a cabo la oxidación. Además, durante la reacción se consume alcalinidad, por lo que es necesario dosificar un alcalino para mantener un pH adecuado.

Cabe destacar que esta reacción es sensible a la temperatura, aumentando la velocidad de reacción con la misma. Así mismo esta reacción es compatible con la oxidación de la materia carbonosa, pudiéndose realizar en el mismo tanque.

Desnitrificación

La desnitrificación se produce en condiciones anóxicas por acción de organismos heterótrofos, los cuales utilizan el nitrato como fuente de oxígeno. La fuente de carbono principal es la propia DBO. La desnitrificación produce sólidos orgánicos sedimentables de la siguiente forma:

Ecuación 4 Reacción de desnitrificación (Isla de Juana 2005)



Al finalizar el proceso se debe instalar una balsa de aireación que tiene por objetivo frenar el proceso de desnitrificación así como liberar el gas nitrógeno atrapado.

1.5.2.5. Aplicación de porcentajes de reducción y comparación con la normativa

Tabla 14 Valores de partida y finales aplicando los procesos elegidos y comparación según valores límites de RD 509/1996

		DBO ₅	DQO	SS	N	P
Valores de partida (mg/l)		1470,7	4900	700	166,7	86,7
Porcentajes de reducción	Desbaste y tamizado	5%	5%	10%	-	-
	Desarenado	2%	2%	2%	-	-
	Digestor anaerobio	70%	70%	50%	-	-
	Fangos activos	93%	93%	65%	95%	-
	C+F+D	60%	70%	95%	-	99%
Valores finales (mg/l)		11,50	28,74	5,40	8,34	0,87
Valores límite (mg/l)		25	125	35	15	1

Se confirma aplicando todos los porcentajes de reducción que el efluente cumplirá con la normativa.

1.5.2.6. Componentes de la línea de fangos

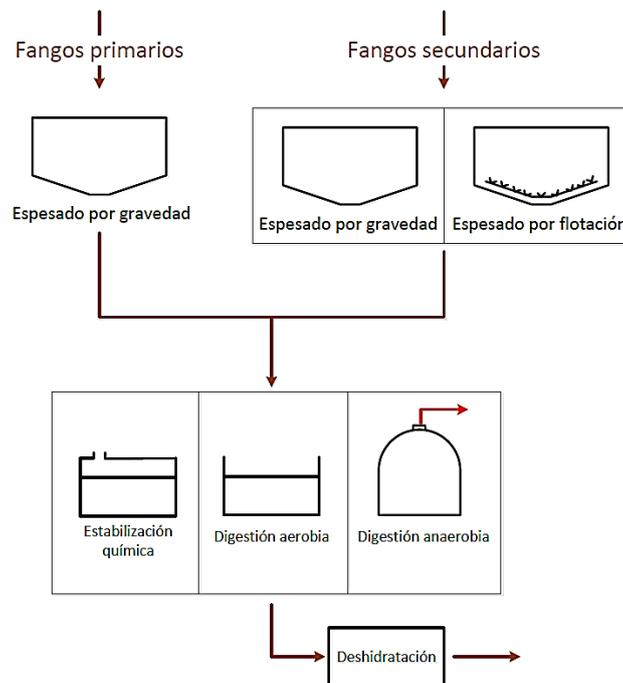


Figura 13 Esquema genérico de la línea de fangos

La línea de fangos consta de las siguientes partes:

- **Tratamiento de fangos primarios:** Al recibir sólidos decantados se realiza un espesamiento por gravedad.
- **Tratamiento de fangos secundarios:** Proviene del tratamiento biológico, pudiéndose hacer dos distinciones según el origen:
 - **Provenientes de coagulación, floculación, decantación:** Se recurre a un espesamiento por gravedad de los flóculos.
 - **Provenientes de tratamiento biológico:** Se recurre a un espesamiento por flotación, ya que los fangos de origen son de baja densidad. Este proceso se consigue mediante burbujas de aire que arrastran los fangos a la superficie dejando el agua en la parte inferior.
- **Digestión o estabilización de lodos:** Etapa que trata los lodos o fangos para que su posterior retirada y manipulación sea segura. Dependiendo del tipo de contaminante eliminado en la línea de aguas tendremos:
 - **Estabilización química:** Cuando la contaminación del agua sea eminentemente inorgánica y química. Se realiza con una variación acusada y rápida del pH. Se puede bajar con cloro, con ácidos o con cal.
 - **Digestión aerobia:** Estabilización de los lodos mediante un proceso semejante al del tratamiento de aguas. Se hace uso cuando la contaminación es orgánica pero no de muy alta biodegradabilidad.
 - **Digestión anaerobia:** Al ser anaerobia se aprovecha la producción de biogás. Utilizada cuando se ha eliminado gran cantidad de materia orgánica.

Los digestores aerobios pueden ser de baja carga o de alta carga, difiriendo entre sí en el tiempo que lleva el proceso y el nivel de carga al que trabajan, en fase, que es una combinación de las dos anteriores y de digestión separada en fases, donde se separa la acidificación de la metanogénesis en dos tanques separados.

➤ **Deshidratación:** Fase final donde se retirará el agua restante en el lodo. Puede realizarse de forma natural, térmica y mecánica:

- **Natural:** Tanques rellenos de arena que hacen de filtro.
- **Térmico:** Se somete al fango a temperaturas de 350-600 °C
- **Mecánica:** Puede ser por filtración al vacío, filtros banda, filtros prensa, tornillos compactadores o centrifugación.

Los lodos son considerados como residuos peligrosos (categorías Q8/ D15/ P33/ C22/ H5 según el RD 833/88 y RD 952/97) es necesario un tratamiento de estos para asegurar un traslado seguro.

En primer lugar, se deberá tener una etapa de espesamiento, común en todas las plantas de depuración. Para el tratamiento de los fangos provenientes del tratamiento con fangos activos se utilizará espesamiento por flotación. Dado el reducido caudal de fangos esperado en el tratamiento C+F+D se opta por redirigirlos al espesamiento por flotación.

Dado el tiempo de retención en el reactor anaerobio no será necesario una estabilización de sus fangos, para la estabilización de los provenientes de C+F+D y fangos activos dado su reducido caudal esperado se recurrirá a una estabilización química con cal por facilidad y bajo coste.

Para la etapa de deshidratación se recurrirá a centrifugación. Una solución comúnmente adoptada por facilidad de uso y rendimiento.

Por lo tanto, el tratamiento de fangos constará de:

- **Espesamiento por flotación** para los fangos provenientes de fangos activos y C+F+D.
- **Estabilización química por cal.**
- **Deshidratación centrífuga.**

1.5.2.6.1. Posibles destinos para el fango desecado

El destino final del fango resultante del proceso de depuración puede catalogarse en tres grupos:

- Vertedero:

Es la solución más típicamente adoptada, pudiendo ser incinerado. El fango es tratado como basura orgánica.

- Aplicación sobre el terreno:

Se define como aplicación sobre el terreno a la dispersión superficial de los sólidos biológicos.

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, su nivel de agregación, la capacidad de retener agua, entre otros beneficios, además, los macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) así como los micronutrientes (hierro, manganeso, cobre y zinc) presentes en el fango ayudan al crecimiento de la flora. Hay que vigilar la dosis anual de fango para evitar alcanzar los límites legales en cuanto a nitrógeno y metales pesados.

Existen dos métodos de aplicación principales:

- Aplicación líquida: no es necesaria la deshidratación del fango por lo que es la que goza de mayor simplicidad. Los fangos son esparcidos mediante sprays montados en vehículos al terreno o mediante inyección directa en el terreno. Se esparce con una concentración del 1 al 10%
- Aplicación sólida: aplicación de fango deshidratado de forma similar al del abono animal. Este método tiene potencial de generar vectores para enfermedades infecciosas además de malos olores. Se usan concentraciones del 15 al 20%,

- Biomasa:

Es posible mezclar el fango con otros tipos de residuos orgánicos para la creación de biomasa, que es posteriormente utilizada como método de generación eléctrica renovable.

- Pirólisis

Las sustancias orgánicas expuestas a alta temperatura en ausencia de O₂ dan lugar al cracking térmico, un proceso que da como resultado un abanico de gases reutilizables como H₂ ó CH₄ y fuel.

- Gasificación

Un calentamiento del lodo seco a varias temperaturas de entre 500 y 800° con una entrada controlada de aire que produce gas.

1.5.3. Esquema final

En el esquema mostrado a continuación se muestra en rasgos generales los elementos que se han escogido para la planta depuradora así como el orden en el que irán dispuestos. En azul se muestra la línea de aguas mientras que la línea de fangos se representa con las flechas marrones.

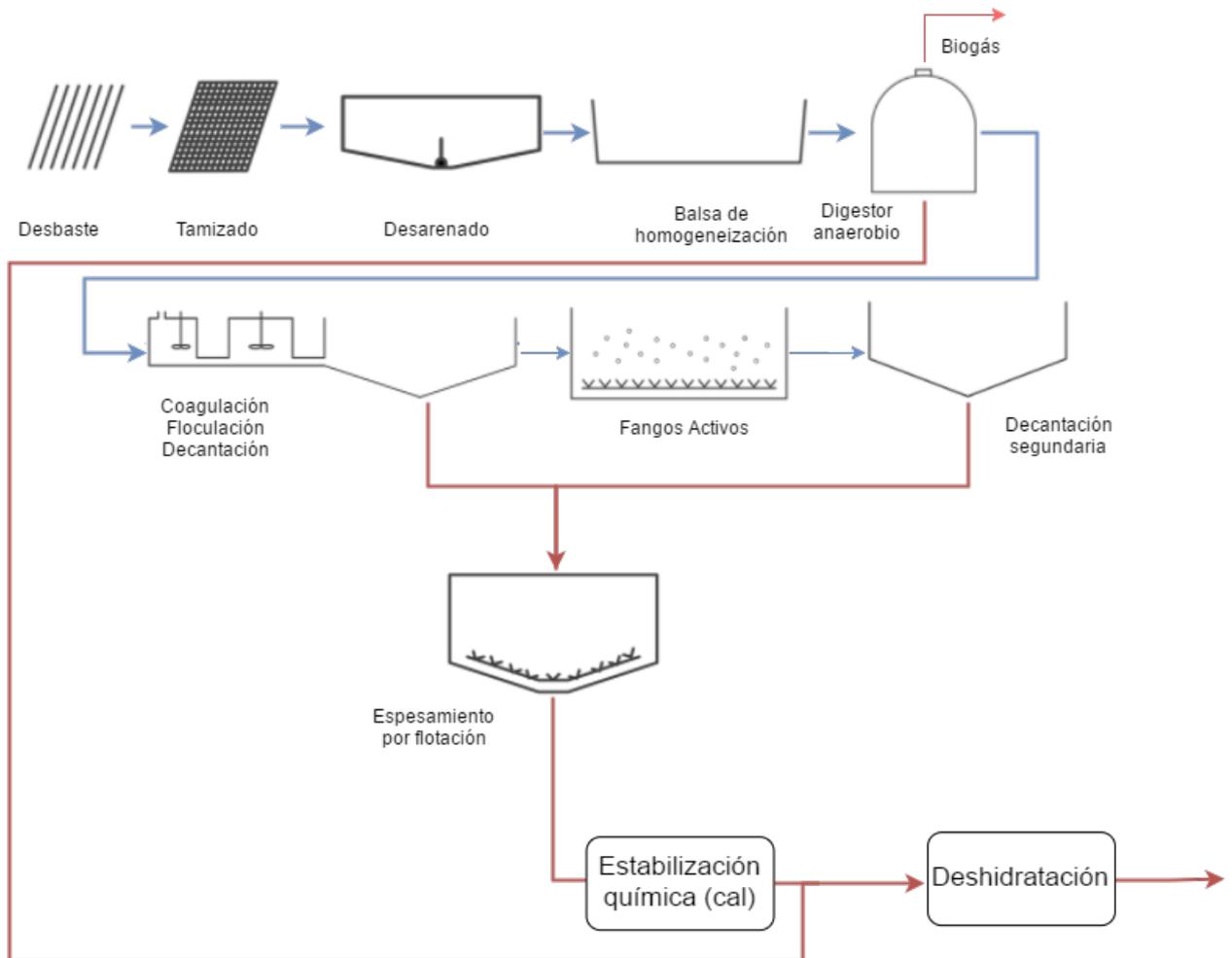


Figura 14 Esquema general de proceso seleccionado

CAPÍTULO 2: CÁLCULOS

2.1. INTRODUCCIÓN

En esta fase de cálculos se dará dimensión a todas las etapas que componen la EDAR que ocupa este proyecto. Así, se asegurará que nuestra instalación cumpla normativa en cuanto a calidad final del efluente a la vez que se aseguran una capacidad de procesado acorde con la generación de agua de la industria.

Se partirá de los datos hallados en el apartado 1.4 además de una tabla tipo de los consumos de agua por hora de una industria genérica. Estos servirán como parámetros de dimensionamiento.

Los cálculos serán llevados a cabo con tablas de Microsoft Excel siguiendo los algoritmos de cálculo descritos en el libro “Proyectos de plantas de tratamiento de aguas”, de Ricardo Isla de Juana.

En los siguientes apartados se irán cubriendo las etapas de cada tratamiento, tanto para la línea de agua como las de fangos. Se presentarán los datos de partida y los resultados obtenidos realizando los comentarios oportunos.

2.2. DATOS DE PARTIDA

2.2.1. Caudales

Para la obtención de caudales medio y pico se parte de una tabla de una empresa genérica del sector donde se muestran los caudales por horas durante una semana de trabajo. Esta fábrica trabajará 17h diarias de Lunes a Viernes.

Tabla 15 Tabla de caudales por hora para una semana tipo

LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES		
Hora	Q [m³/h]	Q acum (m³)	Hora	Q [m³/h]	Q acum (m³)	Hora	Q [m³/h]	Q acum (m³)	Hora	Q [m³/h]	Q acum (m³)	Hora	Q [m³/h]	Q acum (m³)
1:00	0	0	1:00	0	0	1:00	0	0	1:00	0	0	1:00	0	0
2:00	0	0	2:00	0	0	2:00	0	0	2:00	0	0	2:00	0	0
3:00	0	0	3:00	0	0	3:00	0	0	3:00	0	0	3:00	0	0
4:00	0	0	4:00	0	0	4:00	0	0	4:00	0	0	4:00	0	0
5:00	0	0	5:00	0	0	5:00	0	0	5:00	0	0	5:00	0	0
6:00	7	7	6:00	6,8	6,8	6:00	6,9	6,9	6:00	6,8	6,8	6:00	6,8	6,8
7:00	7,2	14,2	7:00	7	13,8	7:00	6,9	13,8	7:00	7	13,8	7:00	6,9	13,7
8:00	8	22,2	8:00	8,2	22	8:00	8,3	22,1	8:00	8,1	21,9	8:00	8	21,7
9:00	8,1	30,3	9:00	8,2	30,2	9:00	8,2	30,3	9:00	8,1	30	9:00	8	29,7
10:00	8,6	38,9	10:00	8,8	39	10:00	8,6	38,9	10:00	8,8	38,8	10:00	8,2	37,9
11:00	9,2	48,1	11:00	9,3	48,3	11:00	9,1	48	11:00	9	47,8	11:00	8,5	46,4
12:00	10,2	58,3	12:00	10,4	58,7	12:00	10,6	58,6	12:00	10,7	58,5	12:00	10,1	56,5
13:00	18	76,3	13:00	17,5	76,2	13:00	17,6	76,2	13:00	17,4	75,9	13:00	16	72,5
14:00	18,7	95	14:00	18,5	94,7	14:00	18,7	94,9	14:00	18,9	94,8	14:00	18,1	90,6
15:00	24,5	119,5	15:00	24,7	119,4	15:00	24,9	119,8	15:00	24,8	119,6	15:00	24,4	115
16:00	25,1	144,6	16:00	25,3	144,7	16:00	26	145,8	16:00	26,2	145,8	16:00	25,1	140,1
17:00	21,3	165,9	17:00	21,1	165,8	17:00	22	167,8	17:00	21,8	167,6	17:00	21,3	161,4
18:00	20	185,9	18:00	19,9	185,7	18:00	21,5	189,3	18:00	21,2	188,8	18:00	20,1	181,5
19:00	15,4	201,3	19:00	15,5	201,2	19:00	15,6	204,9	19:00	15,2	204	19:00	14,9	196,4
20:00	12,1	213,4	20:00	12	213,2	20:00	11,8	216,7	20:00	11,7	215,7	20:00	11,6	208
21:00	11	224,4	21:00	10,6	223,8	21:00	10,5	227,2	21:00	10,1	225,8	21:00	9,8	217,8
22:00	7,4	231,8	22:00	7,1	230,9	22:00	7	234,2	22:00	6,9	232,7	22:00	6,7	224,5
23:00	2	233,8	23:00	1,5	232,4	23:00	1,1	235,3	23:00	1,6	234,3	23:00	1,1	225,6
0:00	0	233,8	0:00	0	232,4	0:00	0	235,3	0:00	0	234,3	0:00	0	225,6

Haciendo la media de cada hora obtendremos los caudales para un día medio:

MEDIA					
Hora	Q [m ³ /h]	Q acum [m ³]	Hora	Q [m ³ /h]	Q acum [m ³]
1:00	0	0	13:00	17,29	75,41
2:00	0	0	14:00	18,58	93,98
3:00	0	0	15:00	24,66	118,65
4:00	0	0	16:00	25,54	144,18
5:00	0	0	17:00	21,50	165,68
6:00	6,86	6,86	18:00	20,53	186,22
7:00	7,00	13,86	19:00	15,32	201,54
8:00	8,12	21,98	20:00	11,84	213,38
9:00	8,12	30,10	21:00	10,39	223,78
10:00	8,60	38,70	22:00	7,02	230,80
11:00	9,02	47,72	23:00	1,42	232,25
12:00	10,40	58,11	0:00	0	232,25

A partir del caudal medio multiplicándolo por el factor de punta se obtendrá un caudal pico. El factor de punta está establecido y cambia en función del caudal medio.

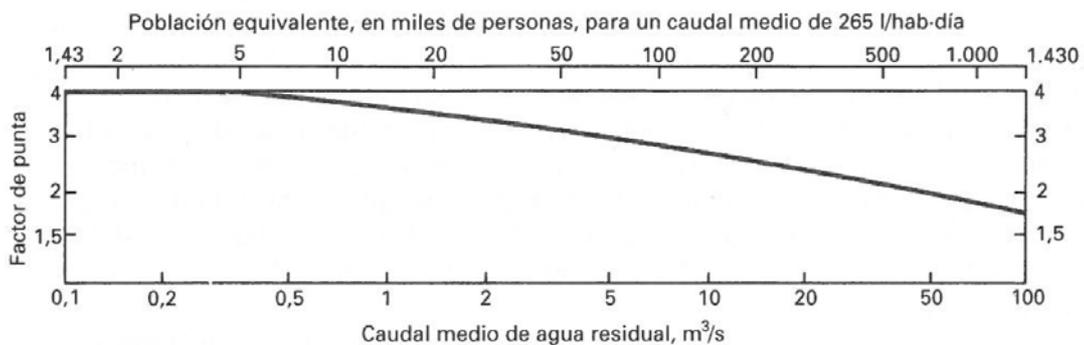


Figura 15 Factor punta en función del caudal medio de agua residual (Metcalf & Eddy 2001)

Así para un caudal medio de 13,66 m³/h se tendrá un factor de punta de 4.

Con los datos vistos hasta ahora los caudales de dimensionamiento quedarán de la siguiente manera:

Tabla 16 Caudales resultantes para el dimensionamiento

Q medio [m ³ /día]	232,25	Q medio [m ³ /h]	14
Q medio [m ³ /h]	13,66	Sobredimensionamiento	1,25
Cp	4	Q de diseño [m³/h]	17,5
Q punta [m ³ /h]	54,65	Q punta de diseño [m³/h]	55

2.2.2. Contaminantes

Partiendo de los datos obtenidos en el apartado de Caracterización del vertido (1.4) se multiplican los datos por un factor de seguridad de 1.5 para obtener los datos de carga contaminante para el dimensionamiento de los equipos.

Tabla 17 Cargas residuales para el dimensionamiento

	S.S. (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)
Medias	700,0	1470,7	4900	166,7	86,7
Fact. Seg (n=1,25)	875.0	1838.4	6125.0	208.3	108.3

2.3. LÍNEA DE AGUAS

2.3.1. Pretratamiento

2.3.1.1. Desbaste

Para el desbaste se diseñará una reja de finos, pues no se esperan grandes residuos solos dada el origen del agua residual.

Tabla 18 Tabla de parámetros de partida para la reja de finos (desbaste)

PARAMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo (m ³ /h)	55
Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja sucia (m/s)	0,9
Número de líneas de desbaste	1
Espesor de los barrotes (mm)	6
Distancia entre los barrotes (Luz)(mm)	8
Resguardo del canal (m)	0,3
Angulo de inclinación de los barrotes (grados)	50
Máxima colmatación entre dos limpiezas (%)	70
Relación profundidad útil/anchura del caudal	1
Metros cúbicos de residuos por 1000 m ³ de agua residual a caudal de diseño	0,01

Tabla 19 Resultados para la etapa de desbaste

RESULTADOS	
Caudal de diseño por la línea (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo por línea (m ³ /h)	55
Superficie útil del canal (m ²)	0,024
Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja limpia (m/s)	0,27
Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja limpia (m/s)	0,85
Velocidad de paso entre barrotes a caudal máx. con reja colmatada (m/s)	2,83
Velocidad de aproximación por el canal a caudal de diseño (m/s)	0,20
Anchura del canal (m)	0,16
Profundidad útil del canal (m)	0,16
Profundidad total del canal (m)	0,46
Producción normal de residuos (m ³ /día) (Gruesos+finos)	0,004

Quedando una reja de 0.16x0.46m con un espaciado entre barras de 8mm

2.3.1.2. Tamizado

Se dimensionará el tamiz rotativo.

Tabla 20 Parámetros de partida para el tamiz rott

PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Número de líneas	1
Sólidos en suspensión en el agua a tratar (mg/l)	1050
Eliminación de sólidos en suspensión (%)	25
Distancia entre barras (Luz del tamiz) (mm)	1,8
Diámetro del tambor filtrante (m)	0,62

Tabla 21 Resultados para la etapa de tamizado

RESULTADOS (I)	
Caudal de diseño por la línea (m ³ /h)	17,5
Carga hidráulica a caudal máximo (m ³ /m ² de tambor.h)	192,25
Longitud del tambor filtrante (m)	0,096
Superficie del tambor filtrante (m ²)	0,19
Diámetro del tambor filtrante (m)	0,62
Potencia mínima del motor del tamiz (Kw)	0,55
Superficie en planta aproximada ocupada por un tamiz (m ²)	0,79
Peso aproximado del tamiz en vacío (Kg)	192,44

Peso aproximado del tamiz funcionando (Kg)	234,64
Caudal de agua de lavado total a 4 kg/cm ² (m ³ /h)	0,35
Potencia mínima de la bomba de lavado (KW)	0,08
Producción de fangos en tamices (kg/d de sólidos)	110,25
Carga hidráulica a caudal de diseño (m ³ /m ² de tambor.h)	93,81

Quedando un tamiz de un diámetro de 0.62m y una longitud de 0.096m, requiriéndose una potencia mínima de 0.55KW.

2.3.1.3. Desarenado

Tabla 22 Parámetros de partida para la etapa de desarenado

PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo (m ³ /h)	55
Velocidad de sedimentación de la arena (m/min)	1,15
Relación de profundidad/anchura del canal	1,5
Velocidad de circulación por el canal a caudal de diseño (m/s)	0,15
Número de líneas	1
Metros cúbicos de arena por 1000 metros cúbicos de agua residual a caudal de diseño.	0,01

Tabla 23 Resultados del cálculo para etapa de desarenado

RESULTADOS	
Caudal de diseño por línea (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo por línea (m ³ /h)	55,0
Sección ransversal del canal (m ²)	0,03
Anchura del canal (m)	0,15
Profundidad útil del canal (m)	0,22
Longitud teórica del canal (m)	1,73
Longitud real del canal (m)	3,59
Volumen unitario (m ³)	0,12
Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (min.)	0,40
Tiempo medio de residencia a caudal máximo (min.)	0,13
Producción normal de arena seca (m ³ /día)	0,004

Resultando un canal de 0.15m de ancho y 3.59m de largo, con una profundidad de 0.22m. Se producirán 0.004 m³ de arena seca al día.

2.3.1.4. Balsa de homogeneización

Tabla 24 Parámetros de partida para la balsa de homogeneización

PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de 0 a 1 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 1 a 2 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 2 a 3 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 3 a 4 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 4 a 5 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 5 a 6 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 6 a 7 horas (m ³ /h)	6,86
Caudal de 7 a 8 horas (m ³ /h)	7
Caudal de 8 a 9 horas (m ³ /h)	8,12
Caudal de 9 a 10 horas (m ³ /h)	8,12
Caudal de 10 a 11 horas (m ³ /h)	8,6
Caudal de 11 a 12 horas (m ³ /h)	9,02
Caudal de 12 a 13 horas (m ³ /h)	10,4
Caudal de 13 a 14 horas (m ³ /h)	17,29
Caudal de 14 a 15 horas (m ³ /h)	18,58
Caudal de 15 a 16 horas (m ³ /h)	24,66
Caudal de 16 a 17 horas (m ³ /h)	25,54
Caudal de 17 a 18 horas (m ³ /h)	21,5
Caudal de 18 a 19 horas (m ³ /h)	20,53
Caudal de 19 a 20 horas (m ³ /h)	15,32
Caudal de 20 a 21 horas (m ³ /h)	11,84
Caudal de 21 a 22 horas (m ³ /h)	10,39
Caudal de 22 a 23 horas (m ³ /h)	7,02
Caudal de 23 a 24 horas (m ³ /h)	1,42
Volumen mínimo de fluido en balsa (m ³)	50
Número de unidades	1
Profundidad útil (m)	3
Relación longitud/anchura	2
Potencia específica de mezcla (vatios/m ³)	4
Aporte específico de aire para evitar septicidad (m ³ aire/h.m ³ balsa)	0,8

Tabla 25 Resultados del cálculo para la balsa de homogeneización

RESULTADOS	
Caudal efluente coincidente con caudal medio (m ³ /h)	9,68
Volumen acumulado cuando Qentrada > Qmedio (m ³)	-9,68

Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-19,35
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-29,03
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-38,70
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-48,38
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-58,05
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-60,87
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-63,54
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-65,10
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-66,65
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-67,73
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-68,39
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-67,66
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-60,05
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-51,14
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-36,16
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-20,29
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-8,47
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	2,39
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	8,03
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	10,20
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	10,91
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	8,26
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	5,0E-14
Volumen de balsa/s de regulación y homogeneización (m ³)	60,91
Potencia de mezcla de la/s balsa/s (CV)	0,33
Caudal total de aire necesario para evitar septicidad (m ³ /h)	48,73
Volumen unitario útil (m ³)	60,91
Longitud de cada balsa (m)	6,37
Anchura de cada balsa (m)	3,19

Resultando una balsa de 6.73m de largo y 3.19m de ancho con una altura de 3m. Se requerirá un mezclador con una potencia mínima de 240W.

2.3.2. Tratamiento secundario

2.3.2.1. Digestión anaerobia

Se diseñará un digestor anaerobio de una única etapa. Los rendimientos esperados serán del 30% al ser utilizado con agua y no con fango.

Tabla 26 Parámetros de partida para el digestor anaerobio

PARÁMETROS DE PARTIDA	
Tiempo de retención en el digestor primario (d)	5
Altura cilíndrica útil del digestor primario (m)	8
Áltura del fondo cónico del digestor primario (m)	2
Número de digestores primarios	1
Componente volátil contenida en el agua sin digerir(%)	30
Reducción de volátiles esperada en el agua digerida (%)	30
Caudal de agua secundaria (m ³ /h)	0
Caudal de agua primaria (m ³ /h)	17,5
Sólidos contenidos en el agua secundaria (kg/d)	0
Sólidos contenidos en el agua primaria (kg/d)	260,33
Tiempo de retención del digestor secundario (d)	0
Altura cilíndrica útil del digestor secundario (m)	0
Altura del fondo cónico del digestor secundario (m)	0
Número de digestores secundarios	0

Tabla 27 Resultados del cálculo para el digestor anaerobio

RESULTADOS	
Caudal de agua a digerir (m ³ /h)	17,50
Solidos contenidos en el agua a digerir (kg/d)	260,33
Concentración de los fangos a digerir (m ³ /d)	0,62
Caudal diario de los fangos a digerir (m ³ /d)	420,00
Sólidos volátiles contenidos en los fangos a digerir (kg/d)	78,10
Volumen total de digestores primarios (m ³)	2100,00
Volumen unitario de digestores primarios (m ³)	2100,00
Carga de sólidos volátiles en digestores primarios (kg/m ³ *d)	0,04
Diámetro interno del digestor primario (m)	17,56
Volumen total de digestores secundarios (m ³)	0,00
Volumen unitario de digestor secundario (m ³)	-
Diámetro interno del digestor secundario (m)	-
Carga de sólidos volátiles en digestores primarios y secundarios (kg/m ³ *d)	0,04
Gas producido por la digestión (m ³ /d)	21,09
Sólidos contenidos en los fangos digeridos (kg/d)	236,90
Sólidos volátiles contenidos en los fangos digeridos (kg/d)	54,67
Concentración de los fangos digeridos (kg/m ³)	0,56

Tiempo de retención de sólidos (d)	5,00
Fangos a purgar (kg/d)	15.62

Resultando un tiempo de retención de 5 días en un digestor de 17.56m de diámetro y 8m de altura. Se producirán 21.09m³ de biogás al día y se enviarán 15.62kg de fango al día a la línea de fangos.

2.3.2.2. Fangos activos (nitrificación – desnitrificación)

2.3.2.2.1. Balsa de nitrificación

Se diseñará una etapa de fangos activos para el proceso de nitrificación-desnitrificación. Se debe hacer una reducción de 208.3 a 1 mg/l de concentración. Se asegurará una recirculación para mantener una cantidad de sólidos suspensión en balsa de 3000mg/l.

Para llevar a cabo el proceso de nitrificación la balsa tendrá que trabajar en baja carga.

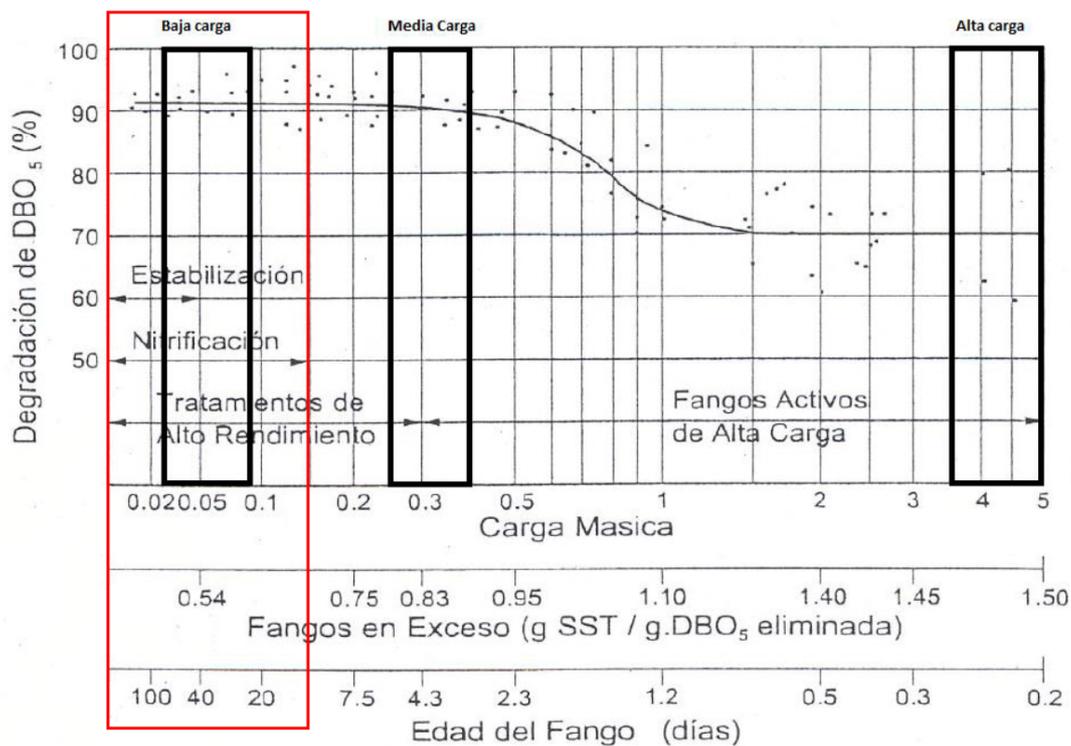


Figura I6 Curva Imhoff (Metcalf & Eddy 2001)

Tabla 28 Parámetros de partida para la balsa de nitrificación de los fangos activos

BALSA DE NITRIFICACIÓN: PARAMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño	17,5
Número de líneas	6
Concentración de TKN en la entrada del biológico (mg/l)	208,3
Concentración de TKN en la salida del biológico (mg/l)	1

Concentración de DBO en la entrada del biológico (mg/l)	1838,4
Sólidos en suspensión en balsa (MLSS) (mg/l)	3000
Concentración de SS en la recirculación (mg/l)	8000
Profundidad útil (m)	1
Relación longitud/anchura de la balsa	3
Temperatura de diseño del licor mixto (°C)	24
Concentración de oxígeno a mantener en el licor mixto (mg/l)	2,2
pH de diseño	7,2
Concentración de oxígeno a mantener en el licor mixto (mg/l)	0,65
Coefficiente de descomposición celular (kg/kg.d)	0,05

Tabla 29 Resultados del cálculo para la balsa de nitrificación de los fangos activos

BALSA DE NITRIFICACIÓN: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Rendimiento de eliminación de TKN	99,520
Kilos de TKN alimentados por día al biológico	87,486
kilos de DBO alimentados por día al biológico	772,13
Coefficiente de producción de nitrosomonas (kg/kg.d)	0,20
Tiempo de residencia celular mínimo (edad del fango) (d)	4,94
Tiempo de residencia celular diseño (edad del fango) (d)	14,81
Relación alimento/microorganismos ((kg DBO/d)/kg MLVSS)	0,18
TKN influente descontado el que se incorpora al fango (mg/l)	160,63
DBO soluble en efluente (mg/l)	2,46
Volumen total útil de balsa/s de nitrificación(m ³)	1777,10
Volumen unitario útil por balsa (m ³)	296,18
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	296,18
Anchura de cada balsa (m)	9,94
Longitud de cada balsa (m)	29,81
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	101,55
Carga volumétrica a caudal de diseño (kg de DBO/m ³ .d)	0,43
Caudal teórico de recirculación (m ³ /h)	10,50
Caudal de recirculación recomendado (m ³ /h)	17,5
Producción de fangos en exceso (kg/d de SS a purgar)	352,07
Caudal de fango en exceso a purgar de la recirculación (m ³ /h)	1,83
Caudal de fango en exceso a purgar del licor mixto (m ³ /h)	4,89
Kilos de MLSS en balsas de nitrificación (m ³ /h)	5331,31
Relación alimento/microorganismos ((kg DBO/d)/kg MLSS)	0,14
Relación alimento/microorganismos ((kg TKN/d)/kg MLSS)	0,02
Fangos exceso (gSST/gDBOeliminada)	0,38
Fangos en exceso (kg/día)	274,46

Se obtienen unas dimensiones para cada balsa de nitrificación de 29.81m de largo, 9.94m de ancho y 1m de profundidad con un total de seis balsas.

Así, el caudal de recirculación recomendado será de 17.5 m³/h, produciéndose 352.02kg/día de fangos a purgar. Se obtiene una edad del fango de 14.81 días, situándonos satisfactoriamente en el rango en el que se puede producir el proceso de nitrificación.

2.3.2.2.1. Equipos de aireación para la balsa de nitrificación

La intrudiccón de oxígeno se realizará por medio de difusores por su mayor simplicidad de mantenimiento y operación.

Tabla 30 Parámetros de partida de las necesidades de oxígeno de la balsa de nitrificación

NECESIDADES DE OXÍGENO: PARÁMETROS	
Coeficiente de síntesis celular	0,03
Coeficiente de respiración celular	0,31
Coeficiente de puntas de caudal y contaminación	1,25
Concentración de saturación de O ₂ a la temperatura del licor mixto (mg/l)	8
Coeficiente impurezas	0,95
Coeficiente de temperatura	1,03
Presión atmosférica a la altitud de la depuradora (mm de Hg)	720
Coeficiente de intercambio entre licor mixto y agua pura (turbinas)	0,9
Coeficiente de intercambio entre licor mixto y agua pura (difusores)	0,6

Tabla 31 Resultados del cálculo de las necesidades de oxígeno de la balsa de nitrificación

NECESIDADES DE OXÍGENO: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Oxígeno teórico requerido para síntesis celular (kg/h)	0,00
Oxígeno teórico requerido para respiración celular (kg/h)	68,09
Oxígeno teórico requerido para nitrificación (kg/h)	12,01
Oxígeno teórico medio requerido (kg/h)	1922,35
Oxígeno teórico requerido en condiciones punta (kg/h)	83,10
Oxígeno real requerido en condiciones medias de operación (kg/d) (turbinas)	3548,89
Oxígeno real requerido en condiciones punta de operación (kg/h) (turbinas)	153,41
Oxígeno real requerido en condiciones medias de operación (kg/d) (difusores)	5323,34
Oxígeno real requerido en condiciones punta de operación (kg/h) (difusores)	230,12

Se requieren un mínimo de 1922.35 m³/h oxígeno en la balsa de nitrificación, resultando en una necesidad real de 5323.34m³.

Así, se calculan los equipos de aireación para cumplir con los anteriores requisitos:

Tabla 32 Parámetros de partida para los equipos de aireación de la balsa de nitrificación

EQUIPOS DE AIREACIÓN: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Capacidad específica de oxigenación de las turbinas (kgO ₂ /Kwh)	1,9
Rendimiento del moto-reductor de la turbina (%)	90
Rendimiento del moto-reductor de la soplante (%)	80
Número total de turbinas	8
Coefficiente de transferencia para difusores (Tanto por uno)	0,31

Tabla 33 Resultados del cálculo para los equipos de aireación de la balsa de nitrificación

EQUIPOS DE AIREACIÓN: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Potencia total requerida de las turbinas (CV)	121,90
Potencia unitaria mínima requerida por turbina (CV)	15,24
Potencia mínima de agitación necesaria (W/m ³) (turbinas)	16,96
Potencia de agitación instalada (W/m ³) (turbinas)	50,48
Caudal punta de aire con difusores (m ³ /h)	2574,17
Potencia total requerida por las soplantes (CV)	1008,88

Resultando en ocho soplantes con una potencia combinada de 741.52 KW

2.3.2.2.2. Balsa anóxica previa

Tabla 34 Parámetros de partida para la balsa anóxica previa de los fangos activos

BALSA ANOXICA PREVIA: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Número de líneas	4
Concentración de NO ₃ -N en salida de balsa anóxica previa (mg/l)	7
Concentración de SS en la entrada del biológico con el agua a tratar (mg/l)	394,86
Porcentaje de recirculación del licor mixto (%)	400
Profundidad útil (m)	6
Relación longitud/anchura de la balsa	1,5
Coefficiente de producción máxima de bacterias (kg MLVSS/kg NO ₃ -N)	0,8
Coefficiente de descomposición celular (kg/kd.d)	0,04
Concentración de NO ₃ -N en entrada al biológico con el agua a tratar (mg/l)	208,3

Tabla 35 Resultados del cálculo para la balsa anóxica previa de los fangos activos

BALSA ANOXICA PREVIA: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Kilos de NO ₃ -N alimentados por día a balsa anóxica previa	142,88

Concentración de NO ₃ -N en entrada de balsa anóxica previa (mg/l)	340,20
Coefficiente de producción de pseudomonas etc. (kg/kg.d)	0,04
Tiempo de residencia celular mínimo (edad del fango) (d)	24,62
Tiempo de residencia celular diseño (edad del fango) (d)	49,24
Relación alimento/microorganismos (kg DBO/d)/kg MLVSS)	0,08
Volumen total útil de balsa/s anóxicas previas (m ³)	773,47
Volumen unitario útil por balsa (m ³)	193,37
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	32,23
Anchura de cada balsa (m)	4,64
Longitud de cada balsa (m)	6,95
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	44,20
Carga volumétrica a caudal de diseño (kg de NO ₃ -N/m ³ .d)	0,1847
Kilos de MLSS en balsas anóxicas previas	2320,41
Relación alimento/microorganismos (kg NO ₃ -N/d)/kg MLSS)	0,06
Rendimiento de eliminación de NO ₃ -N en balsa anóxica previa (%)	97,94

La balsa anóxica previa será de 4.64m de ancho y 6.95m de largo con una profundidad de 6m, con una relación de alimento/microorganismos de 0.08 para su operación.

2.3.2.2.3. Balsa anóxica posterior

Tabla 36 Parámetros de partida para la balsa anóxica posterior de los fangos activos

BALSA ANOXICA POSTERIOR: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17.5
Número de líneas	1
Concentración de NO ₃ -N en salida de balsa anóxica posterior (mg/l)	1
Profundidad útil (m)	4
Relación longitud/anchura de la balsa	1,5
Coefficiente de producción máxima de bacterias (kg MLVSS/kg NO ₃ -N)	0,8
Coefficiente de descomposición celular (kg/kg.d)	0,04

Tabla 37 Resultados del cálculo para la balsa anóxica posterior de los fangos activos

BALSA ANÓXICA POSTERIOR: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Kilos de NO ₃ -N alimentados por día a balsa anóxica posterior	15,24
Concentración de NO ₃ -N en entrada de balsa anóxica posterior (mg/l)	36,28
Coefficiente de producción de pseudomonas etc. (kg/kg.d)	0,014
Tiempo de residencia celular mínimo (edad del fango) (d)	71,54
Tiempo de residencia celular diseño (edad del fango) (d)	143,08
Relación alimento/microorganismos (kg DBO/d)/kg MLVSS)	0,059
Volumen total útil de balsa/s anóxicas posteriores (m ³)	105,10

Volumen unitario útil por balsa (m ³)	105,10
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	26,28
Anchura de cada balsa (m)	4,19
Longitud de cada balsa (m)	6,28
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	6,01
Carga volumétrica a caudal de diseño (kg de NO ₃ -N/m ³ .d)	0,145
Kilos de MLSS en balsas anóxicas posteriores	315,31
Relación alimento/microorganismos (kg NO ₃ -N/d)/kg MLSS)	0,048
Rendimiento de eliminación de NO ₃ -N en balsa anóxica posterior (%)	97,18

La balsa anóxica posterior será de 6.28m de largo por 4.19m de ancho y una profundidad útil de 1m, con una edad del fango de diseño de 143 días y un rendimiento del 97.18% para eliminación de nitrógeno.

2.3.2.2.4. Balsa de reaireación final

Tabla 38 Parámetros de partida para la balsa de aireación final de los fangos activos

BALSA DE REAIREACIÓN FINAL: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Número de líneas	1
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	0,5
Profundidad útil (m)	4
Relación longitud/anchura de la balsa	1,5

Tabla 39 Resultados del cálculo para la balsa de aireación final de los fangos activos

BALSA DE REAIREACIÓN FINAL: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Volumen total útil de balsa/s de reaireación final (m ³)	8,75
Volumen unitario útil por balsa (m ³)	8,75
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	2,19
Anchura de cada balsa (m)	1,21
Longitud de cada balsa (m)	1,81
Kilos de MLSS en balsas de reaireación final	26,25

La balsa de reaireación final tendrá unas medidas de 1.81m de largo por 1.21m de ancho y una profundidad de 4m.

2.3.2.2.5. Equipos de reaireación para balsa de aireación final

Se diseña un sistema de aireación por difusores para satisfacer la necesidad de oxígeno en la balsa de reaireación final.

Tabla 40 Parámetros de partida para las necesidades de oxígeno y los equipos de aireación de la balsa de aireación final.

NECESIDADES DE OXIGENO Y EQUIPOS DE REAIREACIÓN: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Coefficiente de seguridad	1,25
Número total de turbinas	2
Coefficiente de transferencia para difusores	0,31

Tabla 41 Resultados del cálculo de las necesidades de oxígeno y los equipos de aireación de la balsa de aireación final

NECESIDADES DE OXIGENO Y EQUIPOS DE REAIREACIÓN: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Oxígeno teórico requerido	0,42
Oxígeno real requerido (kg/h) (turbinas)	0,77
Oxígeno real requerido (kg/h) (difusores)	1,16
Potencia total requerida de las turbinas (CV)	0,62
Potencia unitaria mínima requerida por turbinas (CV)	0,31
Potencia mínima de agitación necesaria (W/m ³) (turbinas)	16,96
Potencia de agitación instalada (W/m ³) (turbinas)	51,70
Caudal de aire con difusores (m ³ /h)	12,98
Potencia total requerida por las soplantes (CV)	0.44

Para la consecución del proceso harán falta 1.16kg/h de oxígeno, necesitando para ello un caudal de 12 m³/h de aire. Se instalará una soplante de 323.53W

2.3.2.2.6. Fangos activos: resumen y balance de alcalinidad

En la siguiente tabla quedan resumidos los resultados proceso conseguido:

Tabla 42 Resumen y balance de alcalinidad de los fangos activos

RESUMEN Y BALANCE DE ALCALINIDAD	
Volumen total útil de balsa/s de nitrificación (m ³)	1777,10
Volumen total útil de balsa/s de anóxicas previas (m ³)	773,47
Volumen total útil de balsa/s anóxicas posteriores (m ³)	105,10
Volumen total útil de balsa/s de reaireación final (m ³)	8,75
Volumen total de todas las balsas (m ³)	2664,43
Tiempo de retención hidráulico global de diseño (h)	152,25
Kilos de MLSS en todas las balsas	7993,28
Potencia total requerida de las turbinas (CV)	122,51
Caudal punta total de aire con difusores (Nm ³ /h)	2587,15
Concentración de TKN en la salida del biológico (mg/l)	1
Concentración de NO ₃ -N en la salida del biológico (mg/l)	1
Nitrógeno total en el efluente (mg/l)	2

Rendimiento global de eliminación de N (%)	99%
--	-----

2.3.2.3. Coagulación, floculación, decantación

2.3.2.3.1. Dosificación de Cloruro férrico (Cl_3Fe)

Se dosifica un gramo de cloruro férrico por cada cinco gramos de fósforo a eliminar.

Tabla 43 Parámetros de partida para la dosificación de cloruro férrico

DOSIFICACIÓN DE Cl_3Fe: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m^3/h)	17,5
Caudal máximo (m^3/h)	17,5
Dosis de coagulante (mg/l)	25
Concentración del reactivo comercial (kg/ton)	400
Densidad del reactivo comercial (kg/l)	1
Autonomía de almacenamiento (días)	15
Concentración de dosificación (kg/ton) (Reactivo diluido)	50
Horas de dosificación al día	24

Tabla 44 Resultados del cálculo para la dosificación de cloruro férrico

DOSIFICACIÓN DE Cl_3Fe: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Consumo de reactivo puro a caudal de diseño (kg/h)	0,44
Consumo de reactivo comercial a caudal de diseño (kg/h)	1,09
Consumo de reactivo comercial a caudal de diseño (l/h)	0,77
Consumo de reactivo diluido a caudal de diseño (kg/h)	8,75
Consumo aprox. de reactivo diluido a caudal de diseño (l/h)	8,43
Densidad aproximada del reactivo diluido (kg/h)	1,04
Consumo de reactivo puro a caudal máximo (kg/h)	0,44
Consumo de reactivo comercial a caudal máximo (kg/h)	1,09
Consumo de reactivo comercial a caudal máximo (l/h)	0,77
Consumo de reactivo diluido a caudal máximo (kg/h)	8,75
Consumo aprox. de reactivo diluido a caudal máximo (l/h)	8,43
Cantidad a almacenar de reactivo comercial (ton)	0,39

Generándose un consumo de 8.75kg/h de cloruro férrico.

2.3.2.3.2. Dosificación de polielectrolito

Se dosificará también polielectrolito para ayudar en el proceso, con una dosis típica, 20mg/l.

Tabla 45 Parámetros de partida para la dosificación de polielectrolito

DOSIFICACIÓN DE POLIELECTROLITO: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo (m ³ /h)	17,5
Dosis de coagulante (mg/l)	20
Concentración del reactivo comercial (kg/ton)	1000
Densidad del reactivo comercial (kg/l)	1
Autonomía de almacenamiento (días)	15
Concentración de dosificación (kg/ton) (Reactivo diluido)	5
Horas de dosificación al día	24

Tabla 46 Resultados del cálculo para la dosificación de polielectrolito

DOSIFICACIÓN DE POLIELECTROLITO: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Consumo de reactivo puro a caudal de diseño (kg/h)	0,35
Consumo de reactivo comercial a caudal de diseño (kg/h)	0,35
Consumo de reactivo comercial a caudal de diseño (l/h)	0,35
Consumo de reactivo diluido a caudal de diseño (kg/h)	70,00
Consumo aprox. de reactivo diluido a caudal de diseño (l/h)	70,00
Densidad aproximada del reactivo diluido (kg/h)	1,00
Consumo de reactivo puro a caudal máximo (kg/h)	0,35
Consumo de reactivo comercial a caudal máximo (kg/h)	0,35
Consumo de reactivo comercial a caudal máximo (l/h)	0,35
Consumo de reactivo diluido a caudal máximo (kg/h)	70,00
Consumo aprox. de reactivo diluido a caudal máximo (l/h)	70,00
Cantidad a almacenar de reactivo comercial (ton)	0,13

Apareciendo así un consumo de polielectrolito de 70 kg/h

2.3.2.3.3. Arquetas

Tabla 47 Parámetros de partidas para las arquetas de coagulación-floculación

ARQUETAS: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo (m ³ /h)	17,5
Número de unidades	2,00
Tiempo de retención en arqueta de coagulación a caudal de diseño (min)	2,00
Profundidad útil de arqueta de coagulación (m)	2
Relación longitud/anchura de arqueta de coagulación	2
Tiempo de retención en arqueta de floculación a caudal de diseño (min)	40
Profundidad útil de arqueta de floculación (m)	4,00
Relación longitud/anchura de arqueta de floculación	2,00

Tabla 48 Resultados del cálculo para las arquetas de coagulación - floculación

ARQUETAS: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Caudal de diseño unitario (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo unitario (m ³ /h)	17,5
Volumen útil de arqueta de coagulación (m ³)	0,58
Longitud de arqueta de coagulación (m)	0,76
Anchura de arqueta de coagulación (m)	0,38
Volumen útil de arqueta de floculación (m ³)	11,67
Longitud de arqueta de floculación (m)	2,42
Anchura de arqueta de floculación (m)	1,21
Tiempo de retención en arqueta de coagulación a caudal máximo (min)	2,00
Tiempo de retención en arqueta de floculación a caudal máximo (min)	40,00

La arqueta de coagulación será de 0.76m de largo por 0.38m de ancho con una profundidad de 2m y la arqueta de floculación de 2.42m de largo por 1.21m de ancho con una profundidad de 4m. Se tendrán unos tiempos de retención de 2 minutos para la coagulación y 40 minutos en floculación.

2.3.2.3.4. Decantador

Tabla 49 Parámetros de partida para el decantador secundario

DECANTADOR SECUNDARIO: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	17,5
Caudal máximo (m ³ /h)	17,5
Velocidad ascensional a caudal de diseño (m ³ /m ² .h)	1,3
Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (h)	2,5
Número de líneas	3
Distancia desde el vertedero a la pared interna de la cuba (m)	0,5

Tabla 50 Resultados del cálculo para el decantador secundario

DECANTADOR SECUNDARIO: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Caudal de diseño por línea (m ³ /h)	5,83
Caudal máximo por línea (m ³ /h)	5,83
Superficie del decantador (m ²)	4,49
Diámetro interno (m)	2,39
Volumen cilíndrico útil unitario (m ³)	14,58
Profundidad cilíndrica útil (m)	3,25
Velocidad ascensional a caudal máximo (m ³ /m ² .h)	1,30
Tiempo medio de residencia a caudal máximo (h)	2,50
Longitud de vertedero por decantador (m)	4,37

Carga máximo sobre vertedero (m ³ /m.h)	1,34
--	------

Para finalizar la etapa de coagulación floculación se instalará un decantador de 2.39m de diámetro interno y 3.25m de profundidad.

2.4. LINEA DE FANGOS

2.4.1. Espesamiento por flotación

Se instala un espesador por flotación para los fangos biológicos.

Tabla 51 Parámetros de partida para el espesamiento por flotación

ESPESAMIENTO POR FLOTACIÓN: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Carga de sólidos (kg/m ² .h)	3
Tiempo de residencia hidráulico (h)	6
Número de unidades	1
Concentración de salida de los fangos espesados (kg/m ³)	30,00
Sólidos contenidos en los fangos biológicos (kg/d)	352.07
Concentración de los fangos biológicos (mg/l)	5000

Tabla 52 Resultados del cálculo para el espesamiento por flotación

ESPESAMIENTO POR FLOTACIÓN: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Caudal de fangos biológicos (m ³ /h)	3
Superficie unitaria del espesador (m ²)	4,89
Diámetro interno (m)	2,49
Volumen cilíndrico útil unitario (m ³)	17,60
Profundidad cilíndrica útil	3,60
Caudal de salida de fangos (m ³ /h)	0,49
Velocidad ascensional sin recirculación (m ³ / m ² .h)	1
Necesidades de aire para presurización (m ³ /h)	0,73
Caudal de recirculación mínimo (m ³ /h)	3,67

Resultando en un tanque de 3.6m de alto y un diámetro interno de 2.49m, resultando una superficie unitaria de 4.89m²

2.4.1. Estabilización química

Se diseña una estabilización química con cal con una dosis típica: 300 kg por cada tonelada de sólido a tratar.

Tabla 53 Parámetros de partida para la estabilización química

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CAL: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Tiempo de residencia (min)	30
Tiempo funcionamiento al día (h)	24
Dosis de cal (kg Ca(OH) ₂ / tonelada de sólido)	300
Densidad del fango (kg/m ³)	5000
Caudal de fango (kg/d)	352.07
Profundidad de la balsa (m)	0,25
Relacion longitud/ancho	2

Tabla 54 Resultados del cálculo para la estabilización química

RESULTADOS DEL CÁLCULO - ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON CAL	
Consumo de reactivo (g/día)	105,62
Volumen de la balsa (m ³)	0,0015
Longitud de la balsa	0,05
Ancho de la balsa	0,03
Consumo de reactivo diluido a caudal de diseño (kg/h)	0,03

Se necesitará así una balsa de 0.05m de largo y 0.03m de ancho, generándose un consumo de cal de 0.03kg/h

2.4.1. Deshidratación centrífuga

Se instalará una única centrífuga dado el reducido caudal de fangos esperado.

Tabla 55 Parámetros de partida para la deshidratación por centrífuga

CENTRÍFUGA: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal medio de fangos sin filtrar (m ³ /d)	19,63
Días de funcionamiento por semana	7
Horas de funcionamiento por día	24
Número de centrifugas	1
Concentración de sólidos en el fango alimentado (kg/m ³)	5000
Concentración de sólidos en el fango deshidratado (kg/m ³)	35
Densidad de los sólidos contenidos en el fango (kg/l)	35
Capacidad específica de la centrífuga	2,5
Relación de longitud/diámetro del rotor (bowl)	5
Dosis de polielectrolito (kg/tonelada materia seca)	5

Tabla 56 Resultados del cálculo para la deshidratación por centrífuga

CENTRÍFUGA: RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Caudal de fango a filtrar por hora laborable (m ³ /h)	0,82
Caudal de fangos alimentado por centrífuga (m ³ /h laborable)	0,82
Sólidos alimentados por centrífuga (kg/h laborable)	4089,70

Caudal másico de fangos alimentado por centrífuga (ton/h laborable)	4,79
Densidad del fango alimentado a la centrífuga (kg/l)	5,86
Densidad del fango deshidratado (kg/l)	1,03
Volumen de fango deshidratado por hora laborable (m ³ /h)	116,85
Volumen de fango deshidratado semanal (m ³ /semana)	19630,57
Diámetro del rotor (bowl) (m)	0,46
Longitud del rotor (bowl) (m)	2,29
Potencia unitaria aproximada del motor (CV)	49,08
Consumo de polielectrolito por centrífuga (kg/h laborable)	20,45
Consumo de polielectrolito por centrífuga (kg/semana)	3435,35

Resultando necesario una centrífuga con un rotor de 0.46m de diámetro y 2.29m de longitud, con una potencia mínima de 36KW. Se generará un consumo de polielectrolito de 20.45kg/h.

CAPÍTULO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

3.1. OBJETIVO DEL PLIEGO

BASE 1ª.- En el presente pliego se recogen las bases que regirán para la contratación de los Servicios de Mantenimiento, Conservación y Explotación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales para una industria de los transformados vegetales, en adelante EDAR, que comprende las instalaciones definidas en el proyecto de construcción, de manera que se asegure su funcionamiento y se efectúen cuantas labores de mantenimiento y conservación sean precisas.

BASE 2ª.- Los servicios obligatorios que ha de realizar el contratista son:

- a) Mantener el funcionamiento normal de la estación de forma ininterrumpida y consiguiendo en todo momento unos índices de depuración que correspondan, como mínimo, a los requerimientos previstos en el proyecto constructivo de la EDAR, y recogidos en el Anexo I.
- b) Retirar en las debidas condiciones higiénicas, transportar y verter en los lugares adecuados las grasas, arenas y residuos de Pozo de gruesos, rejillas y tamices recogidos en la planta.
- c) Desechar los lodos producidos hasta alcanzar el límite de humedad indicado en el Anexo I, para que puedan ser retirados fácilmente y sin olores por el contratista.
- d) Conservar en perfecto estado todos los elementos de la planta e instalaciones anejas.
- e) Mantener adecuadamente todas las instalaciones y equipos de la EDAR e instalaciones anejas. Deberá suscribir los correspondientes contratos de mantenimiento con empresas homologadas, de los elementos e instalaciones de la planta, conforme a la legislación vigente.
- f) Reparar o reponer todos los elementos averiados y deteriorados de las instalaciones e instalaciones anejas.
- g) Adquirir a su costa todos los materiales, productos y suministros precisos para el debido mantenimiento, conservación y explotación.
- h) Conservar y mantener en perfecto estado todas las instalaciones existentes de control, automatismo e información de la planta. A tal fin deberán suscribir los correspondientes contratos de mantenimiento.
- i) Mantener en perfecto estado de limpieza y pintura todos los elementos e instalaciones de la EDAR.

j) Conservar en las debidas condiciones, todos los elementos anejos a la EDAR, tales como los jardines, caminos interiores y edificaciones auxiliares.

k) Suscribir una póliza de responsabilidad civil con cobertura de 600.000€ por siniestro y patronal para cada anualidad.

l) Registrar y analizar las características de los parámetros que definen el proceso de las líneas de agua, fangos y auxiliares para su debido control y funcionamiento.

m) Comunicar a los Servicios Técnicos de la empresa propietaria de forma inmediata, cualquier incidencia que afecte a las instalaciones de depuración.

n) Enviar a los Servicios Técnicos de la empresa propietaria la información que éstos soliciten sobre el funcionamiento de la planta y con la periodicidad que se determine.

El servicio consistirá en el mantenimiento preventivo y correctivo de dichas depuradoras realizando un seguimiento continuo de su funcionamiento y asegurando la normalidad en la prestación del servicio de depuración de aguas residuales

3.2. CAUDALES, ÍNDICES Y CONDICIONES DE DEPURACIÓN.

BASE 3ª.- Como características medias de las aguas a tratar, se tomarán las indicadas en el Anexo I, (recogidas de la resolución de autorización de vertido de las aguas residuales al cauce público) Las características principales serán las siguientes:

CAUDAL MÁXIMO PUNTUAL (m³/h)

55

CAUDAL MÁXIMO DIARIO (m³/día)

420

VOLUMEN ANUAL (m³/año)

153300

BASE 4ª.- El concesionario tratará toda el agua que pueda absorber la depuradora dentro del caudal máximo que pueda absorber la misma según sus condiciones técnicas.

BASE 5ª.- La buena marcha de la depuración se comprobará por determinación de los índices recogidos en el Anexo I.

BASE 6ª.- El contenido de humedad de los lodos una vez desecados, y el % en peso de materia volátil, deberán conseguir los porcentajes indicados en el Anexo I.

BASE 7ª.- Las determinaciones a que se refieren las BASES 6ª y 7ª, se hará de acuerdo con los métodos de análisis de la American Public Health Association, o con aquéllos que el Departamento Técnico del Ayuntamiento decida para cada caso específico.

La Dirección Técnica del Ayuntamiento podrá ordenar o realizar otros ensayos, para un mejor conocimiento de la marcha de la depuración.

BASE 8ª.- Será obligación y a cuenta del adjudicatario, la retirada de las arenas, grasas, residuos del pozo de gruesos, rejillas y tamices, recogidos en la planta, así como su transporte y depósito en vertederos autorizados.

BASE 9ª.- En el caso de que aparezcan en las aguas residuales sustancias o materias perturbadoras de los procesos de tratamiento o digestión, se comunicará inmediatamente su presencia a los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, que determinará si se está en el caso de suspender temporal o parcialmente, alguna de las fases del proceso de tratamiento.

3.3. ENSAYOS Y ANÁLISIS.

BASE 10ª.- En el laboratorio instalado en la planta, el adjudicatario deberá llevar a cabo cuantos ensayos y análisis sean precisos para el seguimiento de la depuración, para lo cual proveerá el personal, aparatos y reactivos necesarios.

Se deben realizar, como mínimo, las siguientes determinaciones:

- Sólidos totales que contiene el agua bruta y el efluente.
- Sólidos sedimentables que contiene el agua bruta y el efluente.
- Sólidos en suspensión del agua bruta y efluente.
- Contenidos de materia orgánica y mineral de lodos.
- DBO5 con/sin inhibidor Nitrificación.
- DBO5 disuelto.
- Residuo seco.
- Demanda química de oxígeno
- Medición del pH y temperatura en lodos y aguas.
- Conductividad.
- Oxígeno disuelto.
- Índice volumétrico de lodos (I.V.L)
- Nitrógeno amoniacal.
- Nitrógeno-nitratos.
- Nitrógeno-nitritos.
- Fósforo-ortofosfatos.

El control del efluente se realizará en los puntos de control, con la periodicidad y demás requisitos de la Resolución de Autorización de Vertido de una EDAR.

BASE 11ª.- Por su parte, los Servicios Técnicos de la empresa propietaria, podrán encargar al laboratorio de la planta o a otros laboratorios, cuantos ensayos y análisis juzguen necesarios para comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en los Capítulos II y III de estas Bases, o para estudiar la posibilidad de mejoras en el rendimiento y funcionamiento de las instalaciones.

BASE 12ª.- En el caso de que el contratista no estuviera de acuerdo con el resultado de los análisis efectuados por los Servicios de la empresa propietaria se podrá acudir al arbitraje de un laboratorio oficial elegido de común acuerdo por las partes. Los gastos de los análisis de arbitraje serán por cuenta del contratista si no tuviera razón.

BASE 13ª.- El contratista previa autorización de los Servicios Técnicos, podrá montar instalaciones experimentales para ensayar posibilidades de mejora en los rendimientos o calidades de las aguas tratadas o de los lodos, ateniéndose para ello a las condiciones que dicho servicio le señale. Asimismo, colaborará en el montaje de instalaciones de este tipo, si se llevasen a cabo por iniciativa del Ayuntamiento por terceros autorizados por ésta.

3.4. PERSONAL

BASE 14ª.- El adjudicatario deberá disponer del personal preciso para garantizar la correcta realización, en todo momento de las labores de explotación, mantenimiento y conservación de la planta. Al frente del personal y para todas las relaciones con los Servicios Técnicos de la empresa propietaria se hallará un titulado superior, especializado en el tratamiento de aguas residuales.

El resto del personal de la empresa concesionaria, tendrá una formación profesional y experiencia, acordes con las funciones que vayan a tener encomendadas.

El explotador distribuirá el personal en los oportunos turnos de trabajo, de tal forma que se cubran todos los días del año.

La variación y sustitución del personal deberá ser razonada y puesta en conocimiento de los servicios Técnicos Municipales antes de proceder a la misma.

La empresa adjudicataria deberá subrogar al personal que actualmente está adscrito al presente servicio.

BASE 15ª.- Para atender las necesidades e incidencias que se presenten en la estación depuradora, el contratista dispondrá por su cuenta de los vehículos que estimen necesarios.

BASE 16ª.- El personal deberá atender con toda corrección a los representantes del Departamento Técnico de la empresa propietaria, en cuantas visitas, inspecciones y trabajos efectúen en las instalaciones, proporcionándoles asimismo, todos los datos o detalles que soliciten.

BASE 17ª.- Todo el personal que emplee el adjudicatario para la prestación del servicio, deberá percibir, como mínimo, los haberes o jornales fijados en las correspondientes reglamentaciones laborales y estará en todo momento al corriente de sus obligaciones tributarias y Seguridad Social.

BASE 18ª.- La empresa propietaria no tendrá relación de ningún tipo con el personal, ni durante la vigencia del contrato ni a su terminación.

BASE 19ª.- Todo el personal de la contrata que de servicio en la planta, cuyo mantenimiento, conservación y explotación es objeto del contrato, deberá actuar correctamente uniformado e identificado.

BASE 20ª.- Aparte del personal vinculado al contratista y al Departamento Técnico de la empresa propietaria, no se permitirá la entrada en las instalaciones a ninguna otra persona que no vaya provista de una autorización expresa y nominal, expedida para cada caso concreto por el departamento citado.

3.5. MATERIALES, REPOSICIONES Y SUMINISTROS.

BASE 21ª.- El contratista queda obligado a disponer en las instalaciones de todos los materiales, aparatos, herramientas y repuestos necesarios para su funcionamiento normal y para las reparaciones de rutina.

BASE 22ª.- El contratista vendrá obligado a la introducción de las mejoras y complementaciones que a continuación se detallan:

- a) Material de oficina, taller, etc., necesarios.
- b) Equipamento e instrumentación del laboratorio para poder efectuar todos los análisis previstos y, en especial, los señalados en la BASE IIª.
- c) Equipos de seguridad de forma que se cumplan las normas vigentes sobre seguridad e higiene en el trabajo.

BASE 24ª.- En los quince primeros días desde la fecha de comienzo de los servicios del contratista, se procederá por éste y por los Servicios Técnicos de la empresa propietaria, a redactar un inventario contradictorio de todos los

materiales, aparatos, herramientas y repuestos que existen en la Estación Depuradora y demás instalaciones.

El contratista repondrá cuantos elementos incluidos en el inventario se consuman, deterioren o desaparezcan, manteniendo éste al día. Podría, por su parte, aumentar a su costa el número y clase de repuestos si lo considera conveniente para el buen funcionamiento de las instalaciones, incluyéndose también en el inventario.

BASE 25ª.- Serán de cuenta del contratista todos los suministros de productos fungibles necesarios para el debido mantenimiento de la estación y su funcionamiento correcto, debiendo tener acopiados en el almacén los suficientes, para hacer frente a cualquier eventualidad que se puede presentar en la entrega de productos por los respectivos abastecedores.

BASE 26ª.- Serían por cuenta de la empresa propietaria:

a) Los gastos derivados de aquellas pruebas o ensayos que tengan por objeto la mejora de los rendimientos, o la mejor adaptación de las instalaciones a las nuevas disposiciones legales, salvo que los mismos hubieran sido ofertados por el licitador como mejoras, y, por tanto, incorporados al objeto del contrato.

Serán por cuenta del contratista los productos químicos necesarios para el funcionamiento de la planta.

BASE 27ª.- Los gastos de consumo eléctrico ocasionado por el funcionamiento de la Estación Depuradora, o estaciones depuradoras, en su caso, e instalaciones anejas serán por cuenta del contratista.

3.6. PARADAS Y AVERÍAS

BASE 28ª.- La planta operará bajo el principio de mantenimiento preventivo, planeado para evitar roturas de índole mecánica, paros generales por reparación de elementos esenciales, y conseguir una operación de la instalación en proceso continuo.

En principio, y dadas las características constructivas de la planta, se prevén paradas generales de la planta para realizar el mantenimiento en el pozo de bombeo de agua bruta. Estas podrán ser acordadas por la empresa propietaria, previa solicitud razonada del explotador.

Anualmente se realizará, en colaboración con el Ayuntamiento, una inspección sobre el estado de mantenimiento de las instalaciones, del que se realizará un informe escrito.

BASE 29ª.- El contratista deberá reparar rápidamente y a su costa, cuantos desperfectos y averías se produzcan en las instalaciones.

Siempre que sea posible, las reparaciones se harán en la propia estación, excepto aquéllas de especial importancia que requieran la sustitución de elementos complejos o el traslado de los elementos averiados a taller.

BASE 30ª.- Las reparaciones de elementos de la planta que impidan la continuidad del funcionamiento normal de ésta, se harán en el plazo máximo de 48 horas. Si se trata de elementos disponibles en el mercado y no pueden repararse en el plazo citado, serán reemplazados de manera provisional por otros similares en tanto se repara el averiado, previa conformidad de los Servicios Técnicos de la empresa propietaria y a cargo del contratista.

Si hubiera imposibilidad de reparar o sustituir la máquina averiada en el plazo citado, el contratista se atenderá estrictamente a lo que ordenen los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, procediendo en todo caso con la mayor diligencia.

3.7. MEJORAS Y AMPLIACIONES

BASE 31ª.- El contratista podrá proponer toda clase de mejoras a su costa durante la vigencia del contrato, y el Servicio Técnico de la empresa propietaria será libre para aceptarlas o no. En el caso de su aceptación, no producirán modificación del respectivo canon, aun cuando den lugar a economías en los gastos de mantenimiento, conservación o explotación.

3.8. INSPECCIÓN Y VIGILANCIA

BASE 32ª.- El contratista adjudicatario deberá atender con toda solicitud a cuantas órdenes dicten los Servicios Técnicos de la empresa propietaria, a cuyo fin existirá en la Estación un libro de órdenes foliado, firmado y sellado por la Dirección de dichos Servicios, a los cuales podrá acudir el contratista en caso de disconformidad con alguna orden dentro del plazo máximo de 24 horas.

BASE 33ª.- Para la debida comprobación del cumplimiento de las condiciones de este Pliego de Bases y de las órdenes del Servicio Técnico del Ayuntamiento, éste designará los técnicos que crean convenientes, dando cuenta de ello por escrito al contratista.

3.9. GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA

BASE 34ª.- Además de todos los gastos necesarios para el cumplimiento de lo establecido en este Pliego de Bases, serán también por cuenta del contratista los que se originen por el montaje, desmontaje y retirada de cualquier clase de instalaciones, los de protección de materiales, seguridad tanto de personas al

servicio de la planta como visitantes, como equipos e instalaciones, daño e incendio; los de conservación y reparación de caminos, jardines, pasarelas y desagües; los que afecten a la limpieza general de la planta, los ocasionados por la corrección de las deficiencias que se pongan de manifiesto en las inspecciones, ensayos y pruebas sobre la marcha de la instalación y el estado de sus elementos.

También serán a costa del contratista, todos los gastos de teléfono, luz, agua y similares de las edificaciones e instalaciones adscritas a los servicios concedidos y de las nuevas aportadas por el concesionario, así como tributos e impuestos que legalmente sean exigibles a la concesión, así como aquellos otros que lo sean en el futuro. En especial, será a costa del adjudicatario, el canon de control de vertidos a satisfacer al Organismo Regulador.

Asimismo, serán de cuenta del contratista, los gastos ocasionados por la suscripción de la póliza de seguro de responsabilidad civil con una cobertura mínima de 500.000,00 euros por siniestro y patronal para cada anualidad. Esta póliza deberá suscribirse durante el primer mes de prestación del servicio.

De igual modo, deberá asegurarse la depuradora contra incendios, robos, vandalismo, rayos, inundaciones y demás contingencias asegurables, con una póliza de seguro de multirriesgo de 600.000 euros.

Además, el concesionario será responsable de las sanciones impuestas por la Confederación Hidrográfica por la realización de vertidos irregulares, salvo que se acredite la imposibilidad de evitar el vertido, bajo las condiciones de la instalación e infraestructuras existentes.

BASE 35ª.- Serán también de cuenta del contratista los gastos de otorgamiento del contrato de adjudicación, incluso los correspondientes impuestos, los de anuncios y los de cuantos recargos o impuestos sean inherentes a la prestación del servicio y tramitación de documentos que a él se refieran incluso los del Impuesto del Valor Añadido (IVA).

CAPÍTULO 4: IMPACTO AMBIENTAL

4.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES.

Este apartado trata las afecciones ambientales más importantes que se pueden producir durante la construcción de la planta y su explotación posterior.

Es común emplear procedimientos analíticos de interrelación actividad-medio para identificar los impactos medioambientales asociados a una instalación concreta. Empleando esta técnica se realizará un estudio de la EDAR destinada a la industria de los transformados vegetales que ocupa este proyecto. Así se buscará adaptación óptima de esta al medio generando el mínimo impacto posible.

Se utilizará un matriz que muestra la interacción entre la EDAR y el medio. Con un código de colores siendo el verde para impacto positivo y el rojo para impacto negativo se irán calificando dichas interacciones.

MATRIZ DE IMPACTOS

		Construcción								Explotación						Evaluación de impactos	
		de Movimiento tierras	de Movimientos maquinaria	del Ocupación espacio	Pistas y accesos	del Ocupación por espacio materiales de obra	de Aporte de materiales para la construcción	de Producción de residuos	Vertidos accidentales	de Funcionamiento de la instalación	Vertidos accidentales	de Producción residuos	de Generación ruidos	de Producción olores	Tráfico de camiones		
Impactos ambientales	Clima	Alteración del clima.															
	Geomorfología	Inestabilidad del terreno/alteración de las formas del terreno.															
	Geología	Alteración de rasgos geológicos.															
	Hidrología superficial	Disminución de la calidad de las aguas.															C
	Hidrología subterránea	Disminución de la calidad de las aguas.															
	Edafología	Ocupación y pérdida															C

		irreversible de suelo															
		Contaminación/pérdida de capacidad productiva															
		Aumentos de la erosión y la sedimentación.															
Impactos ambientales	Flora	Perdida/afección a la cubierta vegetal														C	C
	Fauna	Destrucción directa de la fauna edáfica														C	C
		Destrucción y pérdida de la calidad de hábitats para la fauna														C	C
	Paisaje	Alteración de la calidad paisajística														C	C

Ruido	Incremento de los niveles sonoros															M	C	
Calidad del aire	Aumento de niveles de inmisión de partículas (polvo)																C	
	Aumento de niveles de inmisión de gases																C	
Elementos del patrimonio cultural	Afección a elementos del patrimonio histórico-artístico																	
Elementos del medio socioeconómico	Afección a elementos socioeconómicos																C	
Valores de interés humano	Afección a elementos de interés humano.																	

	Sistema demográfico	Número de población activa ocupada																
--	---------------------	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tipo de afección:

 Positivo

 Negativo

Magnitud de afección:

C- Compatible

M- Moderado

4.2. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

Para evaluar la importancia del impacto ambiental de los distintos factores se utiliza la fórmula del método desarrollado en “*Estudio ambiental de una planta de cogeneración en papelera guipuzcoana de Zicuña S.A.*” de Esther Notario.

$$I = \pm (3 \text{ IN} + 2 \text{ EX} + \text{MO} + \text{PE} + \text{RV} + \text{SI} + \text{AC} + \text{EF} + \text{PR} + \text{MC})$$

Esta ecuación presenta una serie de parámetros característicos y su resultado, que puede ser entre 13 y 100 indica la magnitud del impacto:

- Inferior a 25. Compatibles
- Entre 25 y 50: moderados
- Entre 50 y 75: severos
- Superior a 75: críticos

Los parámetros considerados para medir la gravedad del impacto ambiental causado por las distintas acciones llevadas a cabo, son los siguientes:

Signo: Se refiere al carácter positivo o negativo de las actividades realizadas sobre el factor ambiental considerado.

Intensidad (IN): Intensidad de las acciones, representándose así:

- Afección mínima: 1
- Afección media: 2
- Afección alta: 4
- Afección muy alta: 8
- Destrucción total: 12

Extensión (EX): Extensión del área afectada en relación con el medio donde se expresa el impacto.

- Puntual: 1
- Parcial: 2
- Extenso: 4
- Total: 8

Momento (MO): Tiempo transcurrido entre el comienzo de las acciones y el comienzo de sus efectos.

- Largo plazo: 1
- Medio plazo: 2
- Inmediato: 4
- Crítico: (+4)

Persistencia (PE): Tiempo de persistencia del efecto

- Fugaz (menos de 1 año): 1
- Temporal (entre 1 y 10 años): 2
- Permanente (más de 10): 4

Reversibilidad (RV): En qué medida temporal se pueden recuperar los daños causados por el factor estudiado.

- Corto plazo: 1
- Medio plazo: 2
- Irreversible: 4

Recuperabilidad (MC): Posibilidad de recuperar las condiciones iniciales parcial o totalmente.

- Recuperable de manera inmediata: 1
- Recuperable a medio plazo: 2
- Mitigable (parcialmente): 4
- Irrecuperable: 8

Sinergia (SI): Factor que representa la característica que tienen ciertos factores de reforzar su efecto cuando son combinados con otros concretos.

- Sin sinergismo (simple)= 1
- Sinérgico: 2
- Muy sinérgico: 4

Acumulación (AC): Indica el incremento progresivo de los efectos a causa de acciones llevadas a cabo de forma continuada.

- Simple: 1
- Acumulativo: 4

Efecto (EF): Forma de manifestación del efecto como consecuencia de un factor.

- Indirecto (secundario): 1
- Directo: 4

Periodicidad (PR): Regularidad con la que aparece un factor.

- Irregular: 1
- Periódico: 2
- Continuo: 4

Los impactos son descritos según el artículo 10 del Real Decreto 1131/1988, de aprobación del Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de evaluación de impacto ambiental, modificado por la Ley 6/2001.

Se llevará a cabo un estudio cualitativo de todos los impactos posibles sobre el medio, catalogándolos según las características anteriormente descritas

Se estudian aquellos impactos más relevantes para el medio en el que se situará nuestra planta, a saber:

- ✓ Atmósfera
- ✓ Medio edáfico
- ✓ Agua
- ✓ Flora
- ✓ Fauna
- ✓ Paisaje
- ✓ Patrimonio cultural
- ✓ Medio socioeconómico
- ✓ Interés humano

4.2.1. Atmósfera

Ruido

El ruido en la fase de construcción es temporal, discontinuo, directo, reversible y recuperable. Los altos niveles sonoros se producirán por movimiento de vehículos, funcionamiento de maquinaria y las labores propias de la construcción. Todos estas fuentes de ruido se producirán en las horas laborales y desaparecerán cuando se finalice la construcción.

Durante la fase de explotación, el funcionamiento de la maquinaria de la propia EDAR también será una fuente generadora de ruidos, en especial las máquinas soplantes. Con una correcta distribución de la planta y la instalación de silenciadores el ruido se podrá catalogar como permanente, continuo, directo, reversible, recuperable.

Polvo y gases

La emisión de polvo y gases se producirá en la etapa de construcción por el tránsito de vehículos y movimiento de tierras. Se considera un impacto directo, discontinuo, temporal, reversible y recuperable.

Efecto por ocupación y pérdida del suelo

Este daño se produce desde el periodo de construcción y se extiende a lo largo de toda la fase de operación de la planta.

Teniendo en cuenta esta naturaleza se cataloga como permanente, directo, parcialmente reversible y recuperable.

Aumento de la erosión y la sedimentación.

Este impacto es producido en la fase de construcción durante el movimiento de tierras y movimiento de maquinaria, será especialmente acusado en zonas sin vegetación.

Por tanto el impacto se catalogará como directo, discontinuo, acumulativo, temporal, reversible y recuperable.

4.2.2. Aguas

Se hace referencia únicamente a las aguas superficiales ya que las subterráneas no se verán afectadas por la obra y operación de la planta.

Las actividades ejecutadas en la fase de construcción pueden provocar una afección negativa en los cauces fluviales aledaños. Pueden llegar también al cauce aceites y hormigón afectando gravemente al pH de la misma. Se trata por tanto de un daño directo, acumulativo, temporal, reversible y recuperable.

Como contrapartida, el servicio de la EDAR contribuye positivamente a la calidad de las aguas vertidas al cauce público, resultando en un impacto positivo. Sin embargo, una negligencia en la operación de la misma podría provocar en vertidos de químicos perjudiciales para el medio acuático.

4.2.3. Flora

En la fase de obra la pérdida de flora irá inherente a la pérdida de suelo, por apertura de zanjas, ocupación de suelo, habilitación de vías o desbroce. Estos efectos permanecerán durante la operación de la planta.

Se concluye con que el efecto sobre la flora será permanente, irreversible y parcialmente recuperable.

4.2.4. Fauna

Durante la fase de construcción el impacto sobre la flora y el terreno supondrá un inherentemente un impacto sobre la fauna. Así se se podrán destruir fuentes de alimento, refugios, lugares de anidación, etc. También el aumento de ruidos, tránsito de personal y de vehículos impactará negativamente sobre la fauna.

Durante la fase de operación la fauna puede resultar dañada en caso de acceder al recinto y quedar atrapada en la maquinaria o beber de lugares contaminados así como atropellos de animales por el tránsito de vehículos.

Por lo anterior, considerará un impacto de tipo temporal, reversible y recuperable.

4.2.5. Paisaje

El daño se produce en la fase de obra y se mantiene durante la fase de operación. La introducción de elementos voluminosos en el medio producen un impacto negativo para el observador ya sea por obstrucción de la vista o la intrusión en paisaje.

El impacto total será negativo, directo, permanente, reversible y recuperable parcialmente.

4.2.6. Patrimonio cultural

Este aspecto no se puede estudiar pues la ubicación de la planta dependerá de la de la industria a la que da servicio, así pues no se podrán contemplar posibles pérdidas de lugares y bienes de interés cultura.

4.2.7. Medio socioeconómico

La fase de construcción irá en detrimento del medio socioeconómico circundante por acción de un aumento de ruidos, tráfico, polvo que puede afectar directa o indirectamente a las labores y descanso de la población. Como aspecto positivo aparece la generación de puestos de trabajo para llevar a cabo la construcción de la planta y un aumento del flujo económico por el coste de los materiales.

Durante la fase de explotación, especialmente por la minimización del riesgo de vertidos sin depurar procedentes de la industria a la que se da servicio, se

favorecerá el medio socioeconómico. En esta fase también habrá puestos de trabajo fijos.

4.2.8. Interés humano

La instalación de una estación depuradora está dedicada exclusivamente a mantener el medio que de otra manera se vería seriamente perjudicado por la acción de la planta a la que da servicio, es por ello que el interés humano es positivo.

4.3. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

En general, se describirán medidas preventivas que paliarán en la medida de lo posible los efectos negativos anteriormente descritos. Estas medidas se pueden resumir mayormente en:

- Una correcta puesta a punto de las instalaciones para asegurar su funcionamiento en el rango óptimo.
- Poner en marcha un riguroso programa de mantenimiento de la maquinaria utilizada en la instalación.
- Realizar un control de todos los recambios y consumibles que entran en la instalación para asegurar que estos cumplan con toda la normativa vigente.
- Control de residuos generados durante la construcción y operación. Esto incluye seguir las instrucciones del Plan Director sectorial para la gestión de residuos de la construcción, demolición, voluminosos y neumáticos fuera de uso aprobado el año 2002, el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y el al Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Evitar al máximo la generación de polvo durante la construcción, recurriendo a humectaciones frecuentes del pavimento, controlando el tránsito de vehículos o disminuyendo al máximo las acumulaciones de tierra excavada y protegiendo las mismas.

En segundo lugar, se describen medidas correctoras, destinadas a paliar los daños que no son remediables en primer lugar, siendo con carácter general:

- Plantación de pantallas vegetales por todo el perímetro de la instalación (ej: cupresáceas).
- Utilización de materiales ecológicos, de gran durabilidad y reducido coste de mantenimiento. En este bloque de medidas se incluye la dotación de ventanas abatibles que permitan una correcta ventilación, y la climatización natural de los edificios. Es normal en este último caso la colocación de toldos de hoja caduca, que permiten el aprovechamiento de la luz solar durante el invierno y la protección de la misma durante el verano, a la vez que permite el paso del aire.
- Integración al entorno de las instalaciones existentes que se mantendrán con la ampliación. Esto se consigue pintando las fachadas de las instalaciones, dotando los espacios libres de vegetación autóctona, dotando los edificios de la misma climatización natural prevista para los de nueva construcción.

Así, profundizando en medidas particulares que se pueden aplicar a los distintos medios que pueden resultar afectados según el estudio anteriormente desarrollado, se proponen las siguientes:

4.3.1. Medidas sobre la atmosfera

4.3.1.1. Contra el ruido y las vibraciones

- Establecer horarios compatibles con la legislación vigente concerniente a los ruidos en horas de descanso.
- Prohibición del uso de maquinaria que no esté en condiciones de funcionamiento óptimo o no tenga un correcto mantenimiento.
- Limitación de la velocidad de los vehículos.
- Planear la distribución de la EDAR para que los elementos sirvan de escudo acústico para la maquinaria ruidosa.
- Instalar silenciadores en las vías de escape de las soplantes.

4.3.1.2. Contra la emisión de polvo

- Humectación del suelo en épocas de extrema sequedad, teniendo siempre en cuenta el riesgo de corrimiento de tierras.
- Se deberá programar la limpieza de camiones y maquinaria móvil para evitar la dispersión del polvo.

- Los niveles de partículas sedimentables no deberán superar los límites establecidos por el Real Decreto 833/75, de 6 de febrero, por el que se desarrolla a Ley 38/72, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico.
- Se deberá evitar en la medida de lo posible el acopio de tierras y cubrir los montones con redes en caso de ser indispensable.
- Se deberán planear las zonas de tránsito de vehículos por las zonas menos áridas disponibles.

4.3.1.3. Contra la emisión de gases y olores.

- Se deberá prohibir la utilización de maquinaria y vehículos que no hayan pasado la inspección periódica estipulada por el organismo gubernamental concerniente.
- Se reducirá la generación de olores evitando largos tiempos de estancia a bajo caudal, condiciones de septicidad o zonas de posible evolución anaerobia incontrolada.

4.3.2. Medidas sobre medio edáfico

- Definición estricta de los emplazamientos de depósitos y sus acoplos de tierra así como instalaciones auxiliares y maquinaria para evitar así poder optimizar todo movimiento de tierra.
- Los materiales excavados podrán ser utilizados para rellenar posteriormente huecos, los que no se usen para tal propósito deberán ser gestionados por su naturaleza y apilados en montones de altura no superior a 1.5m a la mayor brevedad.
- Los residuos podrán ser almacenados como máximo 24h en el emplazamiento.
- El mantenimiento de la maquinaria deberá realizarse en talleres habilitados para tal propósito.
- Los aceites y líquidos necesarios para el funcionamiento deberá ser objeto de especial vigilancia y tratados conforme a la legislación vigente.
- La zona de la EDAR deberá estar correctamente delimitada para evitar así la invasión de terrenos aledaños.

4.3.3. Medidas contra erosión

- La obra se deberá programar para evitar la época en la que haya mas riesgo de lluvia.

- En caso extremo se usaran medio físicos como mallas antierosión.
- En caso de realizar la instalación en la zona aledaña a un curso fluvial deberán extremarse las medidas de prevención.

4.3.4. Medidas sobre las aguas

- Se prohíberá y vigilará el vertido de cualquier elemento en la zona de obra por parte de los técnicos de obra.
- Si existen ríos en los alrededores se evitara los periodos lluviosos para minimizar el riesgo de aporte de partículas a este.
- Se construirán arquetas pluviales alrededor del recinto para evitar la filtración de componentes al medio circundante en caso de lluvia.

4.3.5. Medidas sobre la vegetación

Se impondrán normas estrictas concernientes al tránsito de personal y maquinaria para que se utilicen solo vías habilitadas para tal efecto.

4.3.6. Medidas sobre la fauna

Se instalarán medidas de protección para evitar el paso de animales a zonas peligrosas.

4.3.7. Medidas sobre el paisaje

Las instalaciones en la medida de lo posible (ya que se requiere cercanía a la industria que da servicio) se emplazarán en el lugar menos visible.

CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO

5.1. PRESUPUESTOS PARCIALES

5.1.1. Pretratamiento

5.1.1.1. Desbaste

- Obra civil

- Equipamiento mecánico
 - Reja automática
 - Contenedores de sólidos
 - Cinta de recogida
 - Prensa de sólidos

Importe: 14.800€

Importe: 3.700€

5.1.1.2. Tamizado

- Equipamiento mecánico
 - Tamiz rotativo

Importe: 4.380,8€

5.1.1.3. Desarenador

- Obra civil

- Equipamiento mecánico
 - Compuerta de entrada
 - Bomba sumergible
 - Contenedor de residuos
 - Compuerta de salida

Importe: 9.300€

Importe: 6.664,4€

5.1.1.4. Balsa de homogeneización

- Obra civil

- Equipamiento mecánico
 - Agitador
 - Compuertas
 - Instrumentación

Importe: 12.580€

Importe: 2.424,4€

5.1.2. Tratamiento secundario

5.1.2.1. Reactor anaerobio

- Obra civil

- Equipos mecánicos
 - Agitador de mezcla

Importe: 94.010€

- Bomba de lodos

Importe: 12.584€

5.1.2.2. Reactor biológico y balsas anóxicas

- Obra civil

Importe: 67.220€

- Equipos mecánicos
 - Compuertas de entrada, salida y reparto para las balsas.
 - Bombas de recirculación de licor mixto
 - Bombas de exceso de fangos.
 - Sistema de aireación para las balsas (turbinas, soplantes, difusores)
 - Instrumentación

Importe: 17.110€

5.1.2.3. Decantador secundario (para reactor biológico)

- Obra civil

Importe: 8.620€

- Equipos mecánicos
 - Compuertas
 - Puentes decantadores
 - Bombas de flotantes
 - Bombas de fangos primarios

Importe: 6.210€

5.1.2.4. Coagulación, floculación

- Obra civil

Importe: 3.420€

- Equipos mecánicos
 - Agitadores
 - Compuertas
 - Instrumentación
 - Sistema de dosificación

Importe: 9.220,3€

5.1.2.5. Decantador secundario (para coagulación, floculación)

- Obra civil

Importe: 8.620€

- Equipos mecánicos
 - Compuertas
 - Puentes decantadores

- Bombas de flotantes
- Bombas de fangos primarios

Importe: 6.210€

5.1.3. Línea de fangos

5.1.3.1. Espesador de fangos por gravedad

- Obra civil
- Equipos mecánicos
 - Mecanismos propios del espesador
 - Bombas de fangos espesados

Importe: 10.230€

Importe: 8240,95€

5.1.3.2. Estabilización por cal

- Obra civil

Importe: 4250€

5.1.3.3. Deshidratado

- Elementos mecánicos
 - Centrífuga
 - Cinta de recogida de fangos
 - Cinta de descarga de fangos
 - Tolva de fangos
 - Dosificación de polielectrolito

Importe: 14.320€

5.1.4. Conducciones

5.1.4.1. Conjunto de tuberías y conductos de para la EDAR

- Material

Importe: 9.000€

5.2. RESUMEN GENERAL

Tabla 57 Presupuesto general para la EDAR

Presupuesto general				
Etapas	Procesos	Coste		
		Obra civil	Equip. Mecánico	TOTAL
Pretratamiento	Desbaste	14.800 €	3.700 €	18.500 €
	Tamizado	0 €	4.381 €	4.381 €
	Desarenado	9.300 €	6.664 €	15.964 €
	Homogeneización	12.580 €	2.424 €	15.004 €

Tratamiento secundario	Reactor biológico + balsas anóxicas	94.010 €	12.584 €	106.594 €
	Decantador secundario	8.620 €	6.210 €	14.830 €
	Coagulación, floculación	3.420 €	9.220 €	12.640 €
	Decantador secundario	8.620 €	6.210 €	14.830 €
Linea de fangos	Espesamiento por gravedad	10.230 €	8.241 €	18.471 €
	Estabilización por cal	4.250 €	0 €	4.250 €
	Deshidratado	0 €	14.320 €	14.320 €
Conductos		0 €	9.000 €	9.000 €
Total antes de impuestos		165.830 €	82.955 €	239.785 €
Impuestos	3% GG	4.975 €	2.489 €	7.194 €
	6% B. industrial	9.950 €	4.977 €	14.387 €
	18% IVA	29.849 €	14.932 €	43.161 €
Total con impuestos		210.604 €	105.353 €	304.527 €

CAPÍTULO 6: REFERENCIAS

- Agung Pambudi, Nugroho, Laurensia Ría, Danar Susilo Wijayanto, Valiant Lukad Perdana, Maedanu Fasola, y Muhammad Imran. «Exergy Analysis of Boiler Process Powered by Biogas Fuel in Ethanol Production Plant.» *Energy Porcedia* 142, 2017: 216-223.
- AINIA Instituto tecnológico agroalimentario. *Mejores técnicas disponibles en la Industria de elaborados vegetales*. 2010.
- Blanes Morell, Carmen. *Diseño de una EDAR (Estación depuradora de aguas residuales) para la industria de los lácteos*. Madrid, 2015.
- Cledera Castro, María del Mar. *Apuntes de Ingeniería y Desarrollo Sostenible, Agua: Parte III*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2018.
- Comercio Mundial Hortofrutícula. *Alimentación en España 2016*. 2016.
- Confederación Hidrográfica del Tajo. *Saneamiento y depuración de losar de la vera*. Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente, 2007.
- Consortio de Aguas. *Proyecto de Emisario de Gorniz. Tramo Submarino*. 2013.
- Davis, Mackenzie L. *Water and Wastewater engineering*. Michigan: McGraw Hill, 2001.
- Delgado, Ángel Cajigas. *La evolución de la depuración de las aguas residuales urbanas*. 2012.
- Environmental protection agency. *Pollution Abatement in the Fruit and Vegetable Industry*. PA Technology Transfer Seminar Publication, 1977.
- Fernández-Alba, Antonio Rodríguez, Pedro Letón García, Roberto Rosal García, Míriam Dorado Valiño, Susana Villar Fernández, y Juana M. Sanz García. *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. 2015.
- FOODDRINK Europe. *European Food and Drink Industry*. 2013-2014.
- Fundación Biodiversidad. *Buenas prácticas ambientales en el sector de la construcción*. s.f.
- Isla de Juana, Ricardo. *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas*. Madrid: Bellisco, 2005.
- Marrero, Ignacio del Río. *Marco normativo de la depuración en España*. 2015.
- Metcalf & Eddy. *Tratamiento, vertido y reutilización*. McGraww-Hill, 2001.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Real Decreto 815/2013*. 2013.
- Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. *Real Decreto 1310/1990*. 1990.
- Ministerio de industria, turismo y comercio. *Biomasa - Digestores anaerobios*. 2007.

- Ministerio de Medio Ambiente. *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de los transformados vegetales*. 2006.
- . *Real Decreto 815/2013*. 2013.
- . *Real Decreto 952/97*. 1997.
- Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente. *Real Decreto 509/1996*. 1996.
- Morales Polo, Carlos. *Desarrollo sostenible de una sala de procesos de*. s.f.
- Notario, Esther. *Estudio ambiental de una planta de cogeneración en papelera guipuzcoana de Zicuña S.A.* s.f.
- Pascual, D. Andrés. *Gestión y mantenimiento de depuradoras en la industria agroalimentaria*. 2016.
- Seoánez Calvo, Mariano. *Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias*. Mundi-Prensa, 2002.
- Urbanismo, Ministerio de Obras Públicas y. *Real Decreto 833/88*. 1988.
- Valero, David Manuel. *Tratamiento de las aguas residuales de la industria de la almendra mediante técnicas electroquímicas*. 2014.

ANEXOS

ANEXO 1: Resumen de las características de la EDAR

1. DATOS GENERALES

Tabla 58 Datos generales de la EDAR diseñada

AÑO ACTUAL	2018
CAUDALES	
Caudal medio horario	55 m ³ /h
Caudal máximo diario	420 m ³ /h
Volumen anual	153300 m ³
CONTAMINACIÓN	
Concentración media DBO ₅	1470.7
Concentración media de DQO	4900
Concentración media de S.S.	700
Concentración media de N	166.7
Concentración media de P	86
RESULTADOS A OBTENER	
DBO ₅	<25mg/l
DQO	<125mg/l
SS	<35mg/l
Nitrógeno	<15mg/l
Fósforo	<1mg/l
pH	6.5 - 7.5
FANGOS	
Sequedad (% en peso S. secos)	>25%
Estabilidad (% en peso S.V)	<40%

1.1 LÍNEA DE AGUAS

- Obra de llegada y pozo de gruesos
 - Arqueta aliviadero y by-pass aguas residuales
 - Aliviadero-seguridad
- Pretratamiento
 - Reja de desbaste fino AUTOMÁTICO, 8mm de paso de sólidos.
 - Reja de desbaste fino MANUAL en by-pass.
 - Tamiz rotativo de diámetro 0.62m y 0.55KW.
 - Desarenador 3.59x0.15m.
 - Balsa de homogeneización de 6.73x3.19m .

- Mezclador para balsa de homogeneización de >240W.
- Tratamiento secundario
 - Digestor anaerobio de diámetro 17.56m y 8m de altura.
 - Tratamiento de fangos activos:
 - Ocho balsas de nitrificación de 29.81x9.94m
 - Oxigenación por soplanes: 8 unidades con una potencia combinada de 741.52KW.
 - Balsa anóxica previa de 4.54x6.95m y 6m de profundidad.
 - Balsa anóxica posterior de 6.28x4.19m y 4m de profundidad.
 - Balsa de aireación final de 1.81x1.21m y 4m de profundidad.
 - Aireación para la balsa de aireación final: soplante de 323.53W.
 - Decantador de 2.39m de diámetro interno y 3.24m de profundidad.
 - Tratamiento de coagulación, floculación, decantación
 - Arqueta de coagulación de 0.76x0.38m y 2m de profundidad.
 - Arqueta de floculación de 2.42x1.21m y 4m de profundidad.
 - Decantador de 2.39m de diámetro interno y 3.24m de profundidad.
 - Emisario de salida de la EDAR de longitud 1.530 m y diámetro 600 mm de diámetro.

1.2 LINEA DE FANGOS

- Espesador por flotación con un tanque de 3.6m de alto y diámetro interno de 2.49m.
- Balsa para estabilización química de 0.05x0.03m y 0.25m de profundidad.
- Centrífuga para deshidratación con tambor de diámetro 0.46m, 2.29m de longitud y 36KW.
- Drenaje de centrífuga a cabecera de planta.

1.3 ELEMENTOS ADICIONALES

- Equipos de control.
 - Medida de caudal en canal tipo PARSHALL por ultrasonidos con indicación, registro y totalizador del agua tratada.

- Medidores de oxígeno disuelto entratamiento biológico con registro en panel.
- Línea de aire en servicio-
- Línea de agua en servicio-
- Sistema de transporte y acometida en A.T.
- Transformación mediante C.T. de 250 KVA. Tipo interior, medida en A.T y distribución de la energía eléctrica-
- Sinóptico de proceso
- Estación operadora (AUTÓMATA) con PC e impresora en la sala de control para manejo de los equipos de la EDAR.
- Insonorización del edificio de aire, mediante silenciadores de celdillas y cerramiento de ladrillo absorbentes.
- Edificio de bombeo de agua bruta, laboratorio y sala de reactivo, de 109,5 m² de superficie total.
- Edificio del C.T., soplantes para aire de proceso, deshidratación de fangos, taller y sala de C. eléctricos, de 165 m² de superficie total.
- Edificio principal, de dos plantas, la superior para sala de control y la inferior para servicios y vestuarios, de 40,50 m² de superficie total.
- Edificio de fangos.