



Título del Trabajo Fin de Máster:

***ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA  
EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE  
DEPURACIÓN DE AGUAS  
RESIDUALES PARA BENICARLÓ***

Intensificación:

***TRATAMIENTO DE AGUAS***

Autor:

***MASCHERPA GUINOT, PAOLO***

Director/es:

***DR. SERRALTA SEVILLA, JOAQUÍN***

Fecha: **SEPTIEMBRE, 2013**

Título del Trabajo Fin de Máster:

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA BENICARLÓ**

Autor: **MASCHERPA GUINOT, PAOLO**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	JOAQUÍN SERRALTA SEVILLA	Fecha de Lectura	SEPTIEMBRE, 2013
Codirector1	<NOMBRE Y APELLIDOS>		
Codirector2	<NOMBRE Y APELLIDOS>		
Tutor	<NOMBRE Y APELLIDOS>		

**Resumen:**

**RESUMEN:**

*El objetivo principal de la depuración de las aguas residuales, contaminadas como consecuencia del uso que se hace del agua, es la conservación de los recursos naturales. El vertido directo de estas aguas al medio supone la alteración de los ecosistemas donde se vierten. Esta alteración se debe a los agentes contaminantes que se encuentran en el agua como son la materia orgánica, los sólidos en suspensión, los nutrientes y los agentes patógenos.*

*Una de las principales alteraciones que pueden sufrir los ecosistemas acuáticos como consecuencia del vertido de aguas residuales sin depurar es la eutrofización. Causada por los nutrientes que se encuentran en el agua (N y P), la eutrofización de los cuerpos de agua es el resultado del aporte de materia orgánica debido al crecimiento rápido de organismos vegetales como algas y plantas acuáticas. La descomposición de esta materia orgánica conlleva la reducción drástica del oxígeno disuelto en estos ecosistemas.*

*La Directiva 91/271/CEE del consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, recoge cual sería el valor límite permitido de cada parámetro, a tener en cuenta a la hora de verter el efluente resultante de la depuración de aguas.*

*En este trabajo final de máster se diseñará una estación de depuración de aguas residuales urbanas para el municipio de Benicarló, con el objetivo de depurar el agua residual del municipio para cumplir con lo establecido en la Directiva 91/271/CEE.*

*La EDAR que hay en la actualidad y que consta sólo de un pretratamiento, vierte el agua a través de emisario submarino en zona sensible junto a la costa.*

*Se han comparado tres esquemas de tratamiento biológico. Un sistema de depuración mediante tratamiento convencional, un tratamiento mediante un proceso de oxidación total y un tercero que constará de un proceso de oxidación total mediante un bioreactor de membrana.*

*La eliminación de nitrógeno se ha diseñado mediante los procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación mientras que la eliminación del fósforo se ha tenido que realizar mediante precipitación química. Debido a las altas concentraciones de sales que se encuentran en el agua, las bacterias autótrofas, encargadas de llevar a cabo la nitrificación ven parcialmente inhibido su crecimiento. Así que para conseguir su crecimiento, se ha de utilizar altos tiempos de retención celular, condición en la que es muy difícil que crezcan las bacterias PAO, encargadas de la eliminación de fósforo.*

*Mediante el programa de simulación DESASS 7.1 (Design and Simulation of Activated Sludge Systems) se han establecido las condiciones óptimas de funcionamiento de la EDAR en lo relativo a tiempo de retención celular y caudal de recirculación interna. Una vez obtenidos los resultados se han realizado los cálculos de diferentes costes para, a través de su análisis, concluir qué alternativa de las que se han estudiado es la más conveniente.*

#### **RESUM:**

*L'objectiu principal de la depuració de les aigües residuals, contaminades com a conseqüència de l'ús que es fa de l'aigua, és la conservació dels recursos naturals. L'abocament directe d'aquestes aigües al medi suposa l'alteració dels ecosistemes on s'aboquen. Aquesta alteració es deu als agents contaminants que es troben en l'aigua com són la matèria orgànica, els sòlids en suspensió, els nutrients i els agents patògens.*

*Una de les principals alteracions que poden patir els ecosistemes aquàtics com a conseqüència de l'abocament d'aigües residuals sense depurar és l'eutrofització . Causada pels nutrients que es troben en l'aigua ( N i P ), l'eutrofització dels cossos d'aigua és el resultat de l'aportació de matèria orgànica a causa del creixement ràpid d'organismes vegetals com algues i plantes aquàtiques. La descomposició d'aquesta matèria orgànica comporta la reducció dràstica de l'oxigen dissolt en aquests ecosistemes.*

*La Directiva 91/271/CEE del Consell, de 21 de maig de 1991, sobre el tractament de les aigües residuals urbanes, recull quin seria el valor límit permès de cada paràmetre, a tenir en compte a l'hora d'abocar l'efluent resultant de la depuració d'aigües.*

*En aquest treball final de màster es dissenyarà una estació de depuració d'aigües residuals urbanes per al municipi de Benicarló, amb l'objectiu de depurar l' aigua residual del municipi per complir el que estableix la Directiva 91/271/CEE.*

*L'EDAR que hi ha actualment i que consta només d'un pretractament, aboca l'aigua a través d'emissari submarí en una zona sensible al costat de la costa.*

*S'han comparat tres esquemes de tractament biològic. Un sistema de depuració mitjançant tractament convencional, un tractament mitjançant un procés d'oxidació total i un tercer que constarà d'un procés d'oxidació total que de bioreactor de membrana.*

*L'eliminació de nitrogen s'ha dissenyat mitjançant els processos biològics de nitrificació i desnitrificació mentres que.. l'eliminació del fòsfor, s'ha hagut de realitzar mitjançant precipitació química. A causa de les altes concentracions de sals que es troben en l'aigua, els bacteris autòtrofs, encarregades de dur a terme la nitrificació, veuen inhibit parcialment el seu creixement. Així que per aconseguir el seu creixement, s'ha d'utilitzar alts temps de retenció cel·lular, condició en la qual és molt difícil que creixin els bacteris PAO, encarregades de*

*l'eliminació de fòsfor.*

*Mitjançant el programa de simulació DESASS 7.1 ( Design and Simulation of Activated Sludge Systems ) s'han establert les condicions òptimes de funcionament de l'EDAR quant a temps de retenció cel·lular i cabal de recirculació interna . Un cop obtinguts els resultats s'han realitzat els càlculs de diferents costos per, a través de la seva anàlisi, concloure de les que s'han estudiat és la més convenient.*

**SUMMARY:**

*The main objective of the purification of wastewater, contaminated as a result of the use made of water, is the conservation of natural resources. The direct discharge of these waters into the environment involves the alteration of the ecosystems where these are dumped. This alteration is due to contaminants found in water such as organic matter, suspended solids, nutrients, and pathogens.*

*One of the main changes that aquatic ecosystems may suffer as a result of the dumping of raw sewage is eutrophication. Caused by the nutrients found in the water ( N and P ), the water bodies eutrophication is the result of the input of organic matter due to the rapid growth of organisms such as algae and aquatic plants. The decomposition of this organic matter leads to the drastic reduction of dissolved oxygen in these ecosystems.*

*Council Directive 91/271/EEC on Urban Wastewater Treatment of 21 of May 1991 which would collect the permitted limit value of each parameter, to be considered when pouring the resulting effluent of the water purification.*

*In this master thesis a water treatment plant for the town of Benicarló will be designed, aiming to clean the residual water from the municipality according to the quality fixed by the European Board 91/271/CEE.*

*The current WWTP consisting only in a pretreatment pours the water through a submarine outfall in a sensitive area near the coastline.*

*It has been compared three biological treatment schemes. A conventional treatment system, a extended aeration process and a third consisting of a extended aeration process through a membrane bioreactor.*

*Removing nitrogen was designed using nitrification and denitrification biological process, while the phosphorus removal had to be accomplished by chemical precipitation. Due to the high concentrations of salts found in water, autotrophic bacteria, responsible for performing the nitrification, have their growth partially inhibited. So for its growth, it has to be used high cell retention times, condition in which it is very difficult to grow PAO bacteria, responsible for phosphorus removal.*

*Through the simulation program DESASS 7.1 (Design and Simulation of Activated Sludge Systems) the optimum operating conditions of the WWTP have been established regarding to sludge retention time and internal recirculation flow rate. After obtaining the results, the calculations of different costs have been performed. An analysis of these costs has been made in order to conclude which alternative is the most convenient.*

**Palabras clave:**

***EDAR, BENICARLÓ, DESASS, SIMULACIÓN, AGUA***



## AGRADECIMIENTOS

---

Gracias a mi familia, por el apoyo incondicional que me ha brindado siempre.

Gracias a mi director de la tesina, Joaquín Serralta Sevilla. Gracias por su orientación, sus sugerencias y sus correcciones.

Finalmente agradezco de forma muy especial el apoyo y la paciencia a Lucía. Gracias por estar siempre a mi lado.



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1	Eliminación de nutrientes de las aguas residuales.....	- 4 -
1.1.1	Eliminación de nitrógeno .....	- 4 -
1.1.2	Eliminación de fósforo .....	- 7 -
1.2	Marco legislativo.....	- 9 -
1.2.1	Legislación Europea .....	- 10 -
1.2.2	Límites de vertido.....	- 10 -
1.2.3	Legislación Estatal .....	- 11 -
1.2.4	Legislación Autonómica.....	- 13 -
2	ANTECEDENTES.....	- 15 -
3	OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....	- 16 -
3.1	Objetivos .....	- 16 -
3.2	Metodología.....	- 16 -
4	DESCRIPCIÓN DE LA EDAR DE BENICARLÓ. ....	- 17 -
4.1	Localización .....	- 17 -
4.2	Instalaciones existentes .....	- 19 -
4.3	Datos de entrada .....	- 21 -
4.4	Temperatura.....	- 24 -
4.5	Conductividad .....	- 26 -
5	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.....	- 27 -
5.1	Caracterización del agua residual.....	- 27 -
5.1.1	Caudal.....	- 29 -
6	SIMULACIÓN DE LA EDAR .....	- 30 -
6.1	DESASS 7.1 .....	- 30 -
6.2	ESQUEMAS SIMULADOS .....	- 31 -
6.2.1	Tratamiento biológico mediante un proceso convencional, eliminación por vía biológica de nitrógeno, precipitación química de fósforo y digestión aerobia.....	- 33 -
6.2.2	Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.....	- 34 -
6.2.3	Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno (esquema Nitrificación-Desnitrificación simultánea) y precipitación química de fósforo.....	- 35 -
6.2.4	Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana, eliminación biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.....	- 36 -

7	RESULTADOS .....	- 37 -
7.1	Tratamiento biológico mediante un proceso convencional, eliminación por vía biológica de nitrógeno, precipitación química de fósforo y digestión aerobia. ....	- 38 -
7.2	Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.....	- 39 -
7.3	Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno (esquema Nitrificación-Desnitrificación simultánea) y precipitación química de fósforo. ....	- 40 -
7.4	Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana, eliminación biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.....	- 40 -
8	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS. ....	- 42 -
8.1	Costes de ejecución .....	- 43 -
8.2	Consumo eléctrico.....	- 46 -
8.2.1	Término de Potencia.....	- 47 -
8.2.2	Término de Energía.....	- 50 -
8.3	Gestión de fangos .....	- 53 -
8.4	Reactivos utilizados.....	- 54 -
8.4.1	Cloruro férrico para la precipitación del fósforo.....	- 54 -
8.4.2	Poliectrolito para la deshidratación de fango.....	- 55 -
8.5	Resumen de los costes y análisis de los resultados .....	- 55 -
9	CONCLUSIONES.....	- 59 -
10	BIBLIOGRAFÍA.....	- 60 -

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de vertidos procedentes de una Estación Depuradora de Aguas Residuales Urbanas. ....	- 11 -
Tabla 2. Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización. ....	- 11 -
Tabla 3. Resumen de los datos de cada mes. ....	- 21 -
Tabla 4. Datos medios de toda la serie. ....	- 24 -
Tabla 5. Factores de conversión. ....	- 28 -
Tabla 6. Parámetros del agua de entrada. ....	- 28 -
Tabla 7. Fracciones solubles y particuladas de los componentes del modelo. ....	- 29 -
Tabla 8. Resultados obtenidos en la simulación. ....	- 38 -
Tabla 9. Valores de volúmenes obtenidos en las simulaciones. ....	- 39 -
Tabla 10. Resultados obtenidos en la simulación. ....	- 39 -
Tabla 11. Valores de volúmenes obtenidos en la simulación. ....	- 40 -
Tabla 12. Resultados obtenidos en la simulación. ....	- 41 -
Tabla 13. Valores de volúmenes obtenidos en la simulación. ....	- 41 -
Tabla 14. Volúmenes obtenidos en la simulación y cálculo de los costes de construcción. ....	- 44 -
Tabla 15. Superficie de ocupación del conjunto de los elementos y el coste procedente de la expropiación. ....	- 45 -
Tabla 16. Coste total ejecución. ....	- 45 -
Tabla 17. Cálculo de la potencia a instalar para los sistemas de tratamiento biológico. ....	- 48 -
Tabla 18. Potencia total instalada de los elementos de bombeo, aireación y agitación. ....	- 49 -
Tabla 19. Coste anual del término de potencia. ....	- 50 -
Tabla 20. Cálculo de los costes de energía para cada sistema de tratamiento. ....	- 51 -
Tabla 21. Coste anual del consumo energético. ....	- 52 -
Tabla 22. Producción de fangos. ....	- 53 -
Tabla 23. Coste anual de la evacuación de los lodos deshidratados. ....	- 53 -
Tabla 24. Coste anual de reactivo. ....	- 54 -
Tabla 25. Coste anual de polielectrolito. ....	- 55 -
Tabla 26. Amortización a 20 años de las plantas. Cuotas mensuales y anuales. ....	- 56 -
Tabla 27. Valor de los costes anuales de ejecución y de explotación de cada planta. ....	- 56 -



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de tratamiento por fangos activados.....	- 2 -
Figura 2. Esquema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y nitrógeno.....	- 6 -
Figura 3. Concentración de fosfato durante el proceso de eliminación biológica.....	- 8 -
Figura 4. Mapa de situación de Benicarló.....	- 17 -
Figura 5. Mapa de situación de la EDAR de Benicarló. ....	- 18 -
Figura 6. Esquema de la planta depuradora existente en el municipio.....	- 19 -
Figura 7. Desarenador-desengrasador de la EDAR actual de Benicarló.....	- 20 -
Figura 8. Variación de SS, DBO y DQO en el período 2007-2009. ....	- 22 -
Figura 9. Variación de Nt y Pt en el período 2007-2009.....	- 23 -
Figura 10. Variación del caudal en el período 2007-2009. ....	- 24 -
Figura 11. Temperaturas medias del agua cada mes. ....	- 25 -
Figura 12. Conductividad media del agua cada mes. ....	- 26 -
Figura 13. Esquema de tratamiento biológico mediante un proceso convencional, eliminación por vía biológica de nitrógeno, precipitación química de fósforo y digestión aerobia.....	- 33 -
Figura 14. Esquema de tratamiento biológico mediante Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo. ....	- 34 -
Figura 15. Esquema de tratamiento biológico mediante Nitrificación-Desnitrificación simultánea. ....	- 35 -
Figura 16. Esquema de tratamiento Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana, eliminación biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo. ....	- 36 -
Figura 17. Coste total de la ejecución .....	- 46 -
Figura 18. Fórmula para el cálculo de la potencia de las bombas.....	- 47 -
Figura 19. Potencia total instalada. ....	- 49 -
Figura 20. Término de energía. ....	- 52 -
Figura 21. Comparación de los gastos de explotación. ....	- 57 -
Figura 22. Gasto de explotación y de ejecución.....	- 57 -



## ABREVIATURAS

AGV:	Ácidos Grasos Volátiles
BNRM1:	Biological Nutrient Removal Model No.1
Conv.:	Convencional
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DESASS:	DESign and Simulation of Activated Sludge Systems
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
EDAR:	Estación de Depuración de Aguas Residuales
ESPSAR:	Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana
$F_{pta}$ :	Factor punta
INSF :	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la SF
INSI :	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la SI
iNXi:	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la XI
iNXs:	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la XS
IPSF:	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la SF
IPSI:	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la SI
iPXi:	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la XI
iPXs:	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la XS
MBR:	Bioreactor de Membrana
N:	Nitrógeno
OD:	Oxígeno Disuelto
OT:	Oxidación Total
P:	Fósforo
PAO:	Bacteria Acumuladora de Polifosfato
PHA:	Poli-Hidroxi-Alcanoatos
$Q_{med}$ :	Caudal medio
$Q_p$ :	Caudal punta
QRI:	Caudal de Recirculación Interna
SS:	Sólidos Suspendidos
SSNV:	Sólidos Suspendidos No Volátiles
SSV:	Sólidos Suspendidos Volátiles
SSVB:	Sólidos Suspendidos Volátiles Biodegradables
TRC:	Tiempo de Retención Celular
TRH:	Tiempo de Retención Hidráulico



# 1 INTRODUCCIÓN

Debido a los usos que el hombre hace del agua (urbano, doméstico, industrial, ganadero, agrícola...), ésta ve modificada su naturaleza, generándose lo que se conoce como aguas residuales. Esta contaminación imposibilita la utilización posterior y el vertido directo al medio, que causaría, no solo un deterioro ambiental, sino un peligro para la salud pública.

Uno de los principales objetivos de la depuración de las aguas residuales es la recuperación y conservación de los recursos hídricos y, a través de ésta, de los ecosistemas que se encuentran en las zonas donde se vierten. Así, el objetivo principal de una estación de depuración de aguas residuales (EDAR) será conseguir un alto rendimiento a la hora de depurar el agua, de forma que la calidad de ésta sea acorde con la legislación, a unos costes económicos, sociales y ambientales mínimos.

Los fangos activados han sido y siguen siendo el método más utilizado en las EDAR para la eliminación de los principales contaminantes de las aguas residuales ya que es un sistema muy flexible, con un coste moderado y que se puede adaptar a multitud de problemas de tratamiento de aguas residuales. El proceso consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual. Este cultivo bacteriano es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en el agua.

En el proceso de fangos activados se diferencian dos operaciones: la oxidación biológica que tiene lugar en el reactor biológico y la separación líquido-sólido, que se realiza en el decantador secundario. Después de la decantación se obtiene por una parte el agua ya tratada y por otra los fangos activados. Una parte de este fango se extrae del sistema (la purga) que pasará a la línea de fangos para estabilizarlos, en caso lo necesitaran o al espesado y deshidratación directamente; la otra se recircula dentro del reactor biológico para mantener un proceso estable.

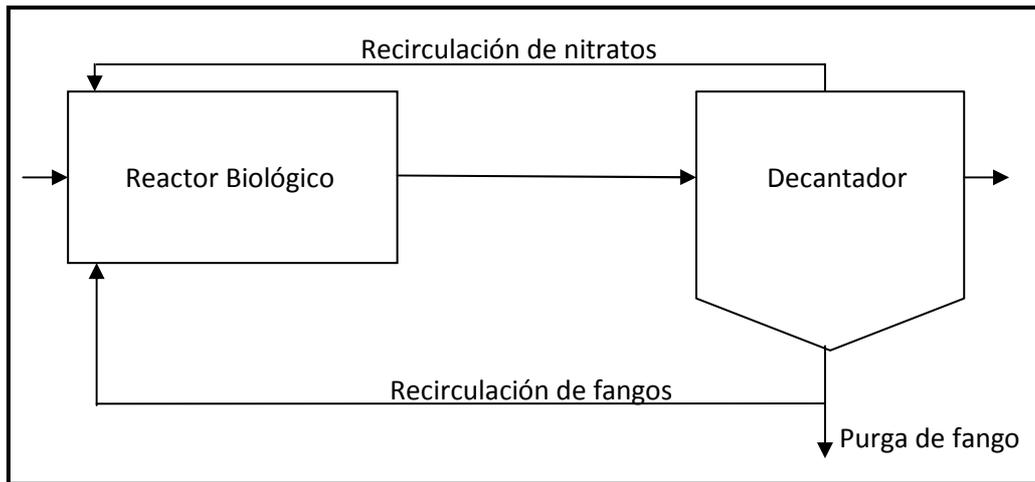


Figura 1. Esquema de tratamiento por fangos activados.

Muchas son las técnicas y la tecnología que se aplican en el campo del tratamiento de aguas. En esta tesina final de máster se van a aplicar el proceso de fangos activados por medio de:

- Método Convencional
- Oxidación Total

En el proceso convencional se encuentra una primera decantación antes del proceso biológico, consiguiendo de esta manera reducir la carga de sólidos que entra en el reactor. Esto es necesario ya que este método trabaja con cargas másicas y tiempos de retención celular medios. Debido a esto necesitará una posterior digestión de los fangos ya que no habrán podido ser estabilizados.

La oxidación total o aireación prolongada, es una variante de los fangos activados donde se hace trabajar a la biomasa en fase de respiración endógena. Para alcanzar esta fase se hace trabajar al sistema con valores bajos de carga másica y altos tiempos de retención celular. En este proceso los microorganismos consumen toda la materia orgánica que hay a su disposición provocando el consumo de su propia biomasa. Se consigue de esta manera la estabilización en el propio reactor biológico del fango producido. De esta forma el fango purgado del decantador secundario no requiere ningún tratamiento posterior.

Las ventajas del proceso de oxidación total son:

- Sencillez en la explotación y funcionamiento de la planta
- La eliminación del decantador primario.
- La eliminación del proceso posterior de estabilización de los fangos ya que salen completamente estabilizados.
- Menor producción de fangos que en el proceso convencional.

Como desventajas del proceso cabe destacar:

- Grandes volúmenes del reactor biológico debido a los altos tiempos de retención celular.
- Alto coste de explotación, debido al mayor gasto energético asociado a una mayor necesidad de aireación del reactor biológico.

Por otra parte, la escasez de agua que se está produciendo en las últimas décadas plantea otro horizonte en el tratamiento de las aguas residuales. La posibilidad de reutilización del agua ya depurada nos plantea el reto de lograr un mayor rendimiento y una mayor calidad. Con este propósito se están desarrollando nuevas tecnologías con altas tasas de depuración como es la aplicación de membranas de ultrafiltración.

El desarrollo de una nueva generación de membranas de ultrafiltración y microfiltración, más productivas y menos costosas, han hecho que surgiera un nuevo concepto de tratamiento biológico: el bioreactor de membrana (MBR).

Los bioreactores de membrana unen el proceso de degradación biológica y la separación entre la fase líquida y la sólida del licor mezcla mediante un proceso de filtración por membrana.

Una de las ventajas que derivan del uso de esta tecnología es la eliminación del proceso de decantación, simplificando el proceso de fangos activados y eliminando todos los problemas asociados a su funcionamiento (flotación de fangos, proliferación de espumas, bacterias filamentosas...). Además el bioreactor de membranas permite aumentar la concentración de sólidos suspendidos en el reactor biológico disminuyendo con ello el volumen necesario. Como consecuencia se consigue reducir el área necesaria para llevar a cabo el proceso de depuración, siendo este proceso muy adecuado para la ampliación de EDAR existentes en las

que la superficie disponible está limitada. Además, la alta calidad del agua tratada con BRM (el efluente de las membranas no necesita una desinfección posterior) hace que esta tecnología sea aplicable para la reutilización de las aguas depuradas.

## **1.1 Eliminación de nutrientes de las aguas residuales**

Tal y como se comentó en la introducción, uno de los principales problemas que se pueden encontrar en las aguas naturales es la eutrofización. Ésta se debe al aumento de los niveles de nutrientes (N y P) en las aguas superficiales. Este exceso de nutrientes hace que crezcan en abundancia las plantas y otros organismos. Al agotarse los nutrientes, parte de estos organismos mueren, aportando más nutrientes y materia orgánica que debe ser oxidada. La oxidación de la materia orgánica por parte de las bacterias conlleva una disminución drástica del contenido de oxígeno en el agua. El aporte de nutrientes dificulta la regeneración de los sistemas eutrofizados. Es por esto de suma importancia la eliminación de nutrientes de las aguas residuales y no sólo de la materia orgánica y sólidos.

### **1.1.1 Eliminación de nitrógeno**

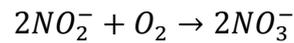
La eliminación de nitrógeno de las aguas residuales se lleva a cabo en las estaciones depuradoras mediante los procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación.

En el primero, el nitrógeno amoniacal es oxidado en condiciones aerobias a nitrato por microorganismos autótrofos, que usan el oxígeno molecular como aceptor de electrones.

La nitrificación se produce en dos etapas, la primera consiste en la transformación del nitrógeno amoniacal (proveniente de la hidrólisis del nitrógeno orgánico) en nitrito. La segunda consiste en la oxidación del nitrito generado a nitrato. Estos procesos son llevados a cabo por sendos grupos de bacterias autótrofas conocidos genéricamente como bacterias amoniooxidantes y bacterias nitritooxidantes.

Las reacciones de las fases de la nitrificación son:





La reacción global del proceso de nitrificación se suele escribir de la siguiente forma:



Además de eliminarse del sistema por medio de la transformación descrita, otra parte del nitrógeno amoniacal es asimilado por las bacterias en su tejido celular para su crecimiento.

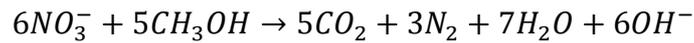
El desarrollo del proceso de nitrificación se ve afectado por distintos factores entre los que podríamos destacar los siguientes:

- Edad del fango (TRC): La velocidad de crecimiento de las bacterias autótrofas es inferior a la de las bacterias heterótrofas por lo que se necesitan edades del fango relativamente elevadas para conseguir su proliferación .
- Temperatura: La temperatura afecta en gran medida a la velocidad de crecimiento de las bacterias amoniooxidantes y nitritooxidantes. Cuanto mayor sea la temperatura del agua residual menor será el TRC necesario para conseguir el desarrollo de estas bacterias.
- Concentración de oxígeno: Cuanto mayor sea la concentración de oxígeno mayor será la velocidad del proceso de nitrificación.
- pH y
- Alcalinidad. La nitrificación provoca la liberación de 2 moles de protones por mol de amonio nitrificado por lo que es importante que la alcalinidad del agua residual sea suficiente para evitar bajadas bruscas en el pH del medio que ralentizarían la velocidad de crecimiento de las bacterias.

Durante el proceso de desnitrificación, los microorganismos heterótrofos facultativos utilizan el nitrato como aceptor de electrones convirtiéndolo en nitrógeno gas que se escapa a la atmósfera.

Para que se lleve a cabo el proceso de desnitrificación se deben dar condiciones anóxicas, es decir, ausencia de oxígeno y presencia de nitratos. De esta manera, los microorganismos heterótrofos utilizan el nitrato como aceptor de electrones para la oxidación de la materia orgánica.

La reacción de desnitrificación se expresa de la siguiente manera:



Al igual que la fase de nitrificación, la desnitrificación se ve influenciada por una serie de factores:

- Temperatura. Afectando esta a la velocidad de crecimiento de las bacterias heterótrofas.
- pH: La desnitrificación libera  $OH^-$  por lo que este proceso compensa en parte la bajada de pH que origina el proceso de nitrificación.
- Concentración de Oxígeno disuelto: Elevadas concentraciones de oxígeno inhiben el proceso de desnitrificación porque las bacterias heterótrofas facultativas tienen preferencia por el oxígeno.

En los procesos de depuración la desnitrificación se puede producir de forma incontrolada en los decantadores secundarios. La aparición de zonas anóxicas en el interior de los flóculos de fango, hace que se acumule nitrógeno gas en los mismos aligerándolos y produciendo la flotación del fango, que puede escapar en el efluente. Por este motivo es importante eliminar los nitratos en el reactor biológico, antes de que el fango pase al decantador secundario.

Para la eliminación de nitrógeno del agua el esquema típico está compuesto de dos tanques en serie tal y como se muestra en la figura 1.

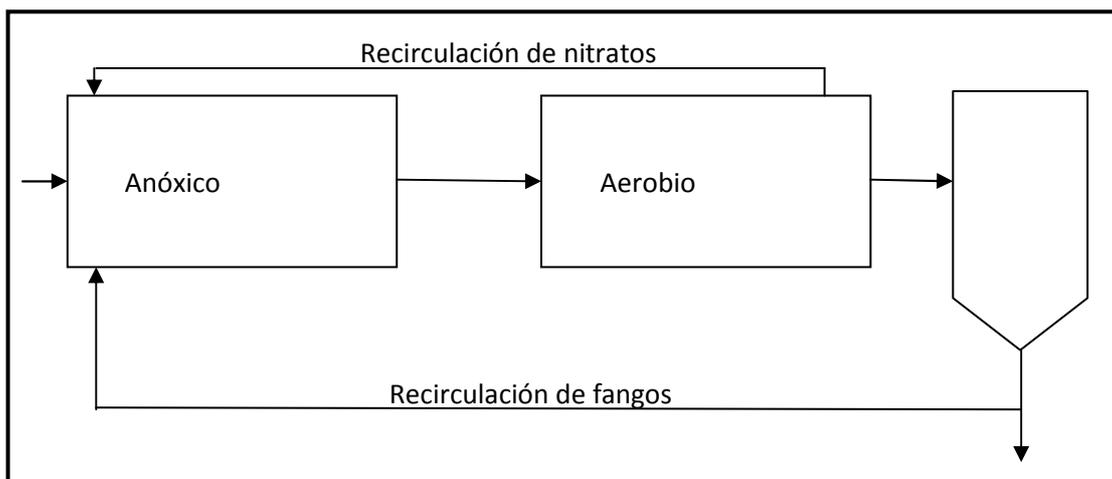


Figura 2. Esquema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y nitrógeno.

En el segundo tanque, en condiciones aerobias, se degrada la materia orgánica y se produce la oxidación de amonio a nitrato. Desde este tanque se recirculan los nitratos producidos al primer tanque, que se encuentra en condiciones anóxicas. Así, el primer tanque recibe el agua influente, la recirculación interna y la recirculación de fango. Al estar en condiciones anóxicas, en el primer tanque se lleva a cabo la desnitrificación de los nitratos procedentes del segundo tanque consumiendo parte de la materia orgánica presente en el agua residual.

La importancia de esta recirculación entre el segundo y el primer tanque, consiste en el hecho de que es, en condiciones anóxicas, donde el nitrato puede ser oxidado a nitrógeno gas y así disminuir la concentración de nitrógeno en el sistema.

Con el fin de eliminar el coste asociado al bombeo de recirculación interna se puede utilizar en algunas EDAR el proceso de nitrificación desnitrificación simultánea. Este proceso consiste en mantener todo el reactor en condiciones aerobias pero con concentraciones de oxígeno bajas para conseguir que se den simultáneamente ambos procesos. La concentración de oxígeno deberá ser suficiente para que se pueda producir el proceso de nitrificación pero no demasiado elevada para no inhibir por completo la desnitrificación. Cuando es viable técnicamente, este proceso suele ser más económico que el esquema clásico de predesnitrificación.

### **1.1.2 Eliminación de fósforo**

La disminución de la concentración de fósforo en las aguas residuales se puede conseguir por vía biológica o por vía química.

#### ***1.1.2.1 Eliminación por vía biológica***

Los organismos encargados de la eliminación de fósforo por vía biológica son las bacterias acumuladoras de polifosfato (PAOs). El proceso implica la exposición de la biomasa a una sucesión de condiciones anaerobias y aerobias. Además de la alternancia de estas dos fases, es necesaria la presencia de ácidos volátiles de cadena corta (AGV) en la fase anaerobia.

Durante la fase anaerobia las bacterias PAO almacenan los ácidos volátiles de cadena corta presentes en el medio, convirtiéndolos en un sustrato orgánico como son los poli-hidroxi-alcanoatos (PHA). A su vez tiene lugar la liberación de los fosfatos ( $P-PO_4$ ) a partir de la degradación intracelular de los polifosfatos (poli-P) acumulados. Esta degradación da lugar a la energía necesaria para el almacenamiento, en el interior de sus células, de los ácidos volátiles.

La importancia de la fase anaerobia radica en que las bacterias heterótrofas y autótrofas, que presentan una fuerte competencia para la toma de ácidos grasos volátiles de cadena corta, se ven inhibidas en ausencia de oxígeno o nitratos. Es en este momento cuando las PAOs son capaces de almacenar dicho sustrato. Después lo consumirán como aporte de carbono, necesario para sus procesos catabólicos y anabólicos.

La fase aerobia se caracteriza por el uso del oxígeno como aceptor de electrones. Durante esta etapa las bacterias PAO degradan el PHA almacenado en la etapa anaerobia. Parte de la energía generada en esta degradación la utilizan para acumular fósforo intracelularmente en forma de gránulos de polifosfato, consiguiendo de esta manera una eliminación neta de fósforo en el sistema y asegurando las reservas de energía para la fase anaerobia. La evolución típica de la concentración de fósforo durante las etapas anaerobia y aerobia en un reactor discontinuo se muestra en la figura 2.

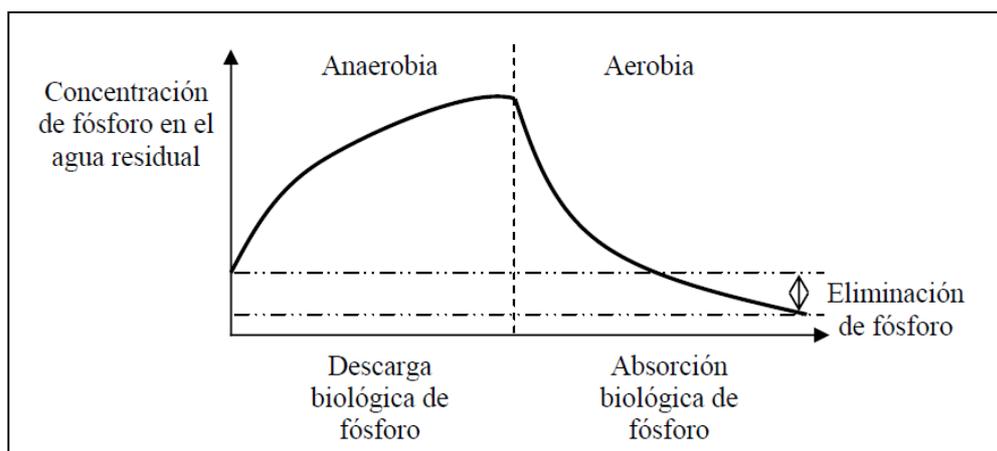


Figura 3. Concentración de fosfato durante el proceso de eliminación biológica

La eliminación biológica de fósforo está influenciada por la cantidad y tipo de sustrato disponible, el tiempo de duración de las fases, la presencia de oxígeno disuelto, las concentraciones de nitratos y nitritos, la temperatura del agua residual, el pH y el tiempo de retención celular (Stensel, H. D., 1991).

### ***1.1.2.2 Eliminación del fósforo por precipitación química***

La eliminación del fósforo presente en las aguas residuales también se puede conseguir mediante precipitación química.

La precipitación química del fósforo se lleva a cabo mediante la adición de sales de aluminio, calcio o hierro en el agua residual. La adición del reactivo puede realizarse en tres puntos de la depuradora: antes del decantador primario, en el reactor biológico y antes del decantador secundario. En el diseño de la EDAR de Benicarló que se aborda en este trabajo se va a introducir el reactivo durante el proceso biológico, en la zona aerobia del reactor biológico. Introduciendo el reactivo en esta parte se consigue, por un lado asegurar la mezcla completa del reactivo gracias a la turbulencia que genera el sistema de aireación y que el fósforo precipitado se extraiga del sistema con la purga de fangos, evitando así la construcción de cámaras de floculación y/o decantadores para eliminar el fósforo.

El principal problema que plantea la eliminación de fósforo por vía química es la gran producción de fangos que se produce. Además, la presencia de sustancias tóxicas que se pueden acumular en el fango debido a la precipitación, podría impedir la degradación biológica posterior o dificultar su aprovechamiento agrícola.

## **1.2 Marco legislativo**

En materia aguas, los instrumentos legislativos que se deben aplicar son las Directivas. Estas Directivas son de cumplimiento obligatorio en lo relativo a los resultados a alcanzar, dejando a los Estados Miembros la elección de los medios a utilizar.

### 1.2.1 Legislación Europea

La **Directiva 91/271/CEE**, modificada por la Directiva 98/15/CE, define los sistemas de recogida, tratamiento y vertido de las aguas residuales urbanas. Esta Directiva ha sido transpuesta a la normativa española por el R.D. Ley 11/1995, el R.D. 509/1996, que lo desarrolla, y el R.D. 2116/1998 que modifica el anterior.

**Directiva 98/15 CE** de la Comisión, de 27 de febrero de 1998, por la que se modifica el cuadro 2 del anejo I de la Directiva 91/271/CEE, relativo a los requisitos para los vertidos, procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización y que planteaba problemas de interpretación en algunos Estados miembros.

#### Resumen de la Directiva 91/271/CEE

La Directiva 91/271/CEE establece las medidas necesarias que los Estados miembros han de adoptar para garantizar que las aguas residuales urbanas reciben un tratamiento adecuado antes de su vertido.

De forma resumida, la Directiva establece dos obligaciones claramente diferenciadas, en primer lugar las “**aglomeraciones urbanas**” deberán disponer, según los casos, de sistemas de colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales y, en segundo lugar, se prevén distintos tratamientos a los que deberán someterse dichas aguas antes de su vertido en aguas continentales o marinas.

En la determinación de los tratamientos a que deberán someterse las aguas residuales antes de su vertido, se tiene en cuenta las características del emplazamiento donde se producen. De acuerdo con esto, los tratamientos serán más o menos rigurosos según se efectúen en zonas calificadas como “sensibles”, “menos sensibles” o “normales”.

### 1.2.2 Límites de vertido.

La *Directiva 91/271/CEE del consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas*, recoge cual sería el valor límite permitido de cada parámetro, a

tener en cuenta a la hora de verter el efluente resultante de la depuración de aguas. Según esta directiva, los valores son los siguientes:

Tabla 1. Requisitos de vertidos procedentes de una Estación Depuradora de Aguas Residuales Urbanas.

Parámetro	Concentración	% reducción
<b>DBO5</b>	25 mgO <sub>2</sub> /l	70-90
<b>DQO</b>	125 mgO <sub>2</sub> /l	75
<b>SST</b>	35 mg/l	90

Tabla 2. Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización.

Parámetros	Concentración	% reducción
<b>Fósforo Total (PT )</b>	2 mg/l de (10.000 a 100.000 h.e) 1 mg/l de (> de 100 000 h.e)	80 %
<b>Nitrógeno Total (NT)</b>	15 mg/l de (10.000 a 100000 h.e) 10 mg/l de ( > 100.000 h.e)	70 - 80 %

### 1.2.3 Legislación Estatal

Los programas de aplicación de la *Directiva 91/271/CEE*, en España, se han introducido mediante la aprobación del **Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales (1995-2005)** [Resolución de 28 de abril de 1995 de la Secretaría de Estado de

Medio Ambiente y Vivienda, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995].

Este plan desarrolla los objetivos, instrumentos y principales líneas de actuación, sobre la gestión del dominio público hidráulico, en relación con los vertidos de aguas residuales urbanas.

Establece un calendario de inversiones (repartido por CC.AA.) para el decenio que abarca, además declara una serie de actuaciones y obras como de interés general.

La **Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985** (RCL 1985\1981, 2429 y ApNDL412) y el Reglamento de Dominio Público Hidráulico de 11 de abril de 1986 (RCL 1986\1338 y 2149) establecen que «toda actividad susceptible de provocar la contaminación o degradación del dominio público hidráulico y, en particular, el vertido de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales requiere autorización administrativa».

La transposición de la *Directiva 91/271/CEE* al Derecho español, está contenida en el **Real Decreto-Ley 11/1995**, de 28 de diciembre (BOE núm. 312, de 30 de diciembre), por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Por su parte, el **Real Decreto 509/1996**, de 15 de marzo (BOE núm. 77, de 29 de marzo) desarrolló el contenido del anteriormente citado (completando las normas sobre recogida, depuración y vertido de dichas aguas), mediante la incorporación de los Anexos contenidos en la *Directiva 91/271/CEE*, que no habían sido incorporados inicialmente.

Para incorporar al ordenamiento jurídico español la *Directiva 98/15/CE*, resultó necesario modificar el cuadro 2 del anexo I del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, lo que se llevó a cabo mediante el **Real Decreto 2116/1998** de 2 de octubre (BOE núm. 251 de 20 Octubre).

**Real Decreto Legislativo 1/2001**, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (Modifica la Ley 29/1985 y la Ley 46/1999). La norma establece la regulación del dominio público hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado delimitadas en el artículo 149 de la Constitución.

**Resolución de 10 de julio de 2006**, por la que se declaran las Zonas Sensibles en las Cuencas Hidrográficas Intercomunitarias.

**Real Decreto 1620/2007**, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Entendiéndose como aguas depuradas aquellas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable.

#### **1.2.4 Legislación Autonómica**

**Ley 2/1992** de 26 de marzo del Gobierno Valenciano, de saneamiento de las aguas residuales urbanas de la Comunidad Valenciana.

Tiene por objeto garantizar una actuación coordinada y eficaz entre las distintas Administraciones Públicas en materia de evacuación y tratamiento, y, en su caso, reutilización de las aguas residuales en el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana.

La EPSAR se crea dentro de esta ley como una entidad de derecho público,

- Es la encargada de gestionar la explotación de las instalaciones y ejecutar las obras de saneamiento y de depuración que la Administración de la Generalitat Valenciana determine, así como aquellas otras que le puedan encomendar las entidades locales u otros organismos.
- Recaudar, gestionar y distribuir el Canon de Saneamiento establecido en la Ley 2/1992, así como inspeccionar e intervenir el destino de los fondos asignados a otras administraciones o entidades distintas de la Generalitat Valenciana, con el fin de financiar las inversiones previstas en la dicha Ley.
- Constituir o participar en la puesta en marcha de sociedades mixtas y fomentar actuaciones conjuntas de cooperación en materia de saneamiento y depuración.
- Participar, de manera transitoria o permanente, en el capital de sociedades que contribuyan al cumplimiento de los fines de la Ley 2/1992.
- Cualesquiera otras que, en relación con la Ley 2/1992, le sean encomendadas por la Generalitat, mediante decreto.

**Orden de 30 de agosto de 2002**, por la que se declaran zonas sensibles en las aguas marítimas de la C.V.

## ZONAS SENSIBLES EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

- Frente litoral del Parque Natural del Prat de Cabanes
- Bahía de Benicasim
- Frente litoral del Parque Natural de la Albufera
- Bahía de Cullera
- Frente litoral del Parque Natural del Montgó
- Frente litoral del Parque Natural del Penyal d'Ifac
- Frente litoral del Parque Natural de la Salinas de Santa Pola

## **2 ANTECEDENTES**

La EDAR que actualmente se encuentra en el municipio de Benicarló, consiste en un pretratamiento que se compone de dos partes. La primera parte se trata de un desbaste y tamizado. En la segunda parte, el agua se hace pasar a través de un desarenador aireado que a su vez sirve como desengrasador. Al no existir ningún otro tratamiento posterior, el agua resultante es vertida a través de un emisario submarino.

### **3 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

#### **3.1 Objetivos**

El objetivo principal de esta tesina final de máster es el diseño de una EDAR para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el municipio de Benicarló cumpliendo con la normativa 91/271/CEE en relación a la calidad del vertido.

Para la consecución de este objetivo principal será necesario alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Análisis del caudal y las características de las aguas residuales a tratar.
- Planteamiento de distintas alternativas para el esquema de tratamiento de la EDAR.
- Simulación de las distintas alternativas planteadas.
- Estimación de costes de las distintas alternativas y selección de la más adecuada.

#### **3.2 Metodología**

El primer paso a la hora de diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales, es la caracterización del agua que se va a depurar. Para ello se partirá de los datos cedidos por la EPSAR.

Una vez que se haya realizado esta caracterización se definirán varios esquemas de tratamiento como alternativas para la solución del problema. Estas alternativas se simularán con DESASS optimizando para cada una de ellas los distintos parámetros de operación.

De cada una de las alternativas se realizará el cálculo de los costes de operación (aireación, bombeos, reactivos...) y el cálculo de costes de construcción.

Se realizará una comparativa de dichos costes para seleccionar el diseño más adecuado.

## 4 DESCRIPCIÓN DE LA EDAR DE BENICARLÓ.

### 4.1 Localización

La estación de depuración de aguas residuales que se va a diseñar está situada en el municipio de Benicarló. Éste se encuentra en la provincia de Castellón, a 71 Km de distancia desde la capital. Situado en la comarca de El Baix Maestrat, el municipio de Benicarló cuenta con una población de 26.616 habitantes censados en 2010.

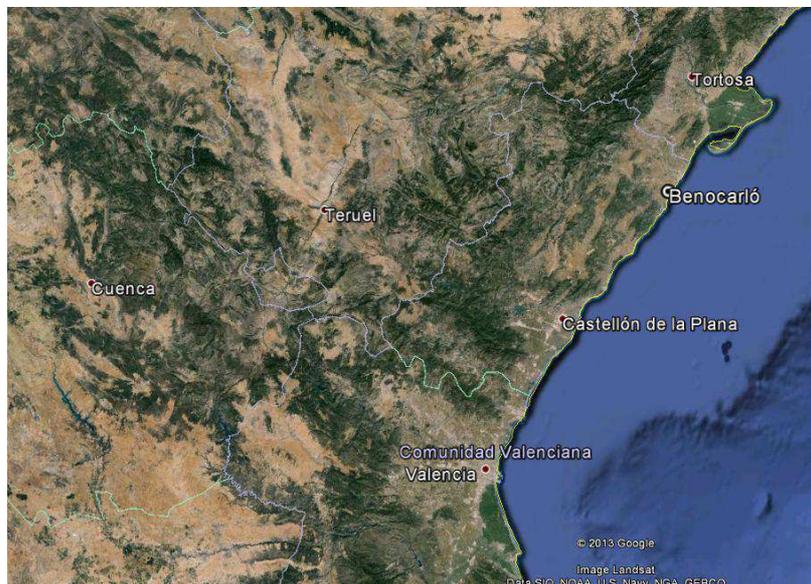


Figura 4. Mapa de situación de Benicarló.

Geográficamente la estación depuradora existente se encuentra situada de la siguiente manera:

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X: 791507

Y: 4479824

Z: 4



Figura 5. Mapa de situación de la EDAR de Benicarló.

La EDAR de Benicarló cuenta con una superficie de 1500 m<sup>2</sup> en la actualidad y se encuentra situada junto a unas parcelas de superficie 2.8 ha. Estas parcelas podrían expropiarse para la construcción de la nueva estación depuradora.

Las instalaciones pertenecen a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La ESPSAR es la encargada de gestionar las instalaciones y ejecutar las obras, de saneamiento y de depuración que la Administración de la Generalitat Valenciana determine.

Esta EDAR es explotada por EXMAN, Explotación y Mantenimiento S.L., empresa especializada en la Gestión de Infraestructuras Hidráulicas. EXMAN S.L. está presente en España y Portugal. Para el desarrollo de su actividad, que gira en torno a la Gestión del Agua, consigue dotarse de un equipo de trabajo multidisciplinar que le permite abarcar sectores relacionados con el Medio Ambiente y la Obra Pública.

La empresa CIOPU S.L. se encarga de la asistencia técnica.

## 4.2 Instalaciones existentes

El saneamiento se realiza mediante una red unitaria integrada por tres grandes colectores a los que confluye el resto de la red.

Según datos de la EPSAR el caudal de proyecto de la estación depuradora ya existente en el municipio es de  $9.000 \text{ m}^3/\text{d}$  y el caudal tratado son  $14639.62 \text{ m}^3/\text{d}$ , es decir, por encima de su capacidad. La población servida es de 26.616 habitantes censados en 2010.

La potencia total instalada en la estación es de 86 kW.

Como ya se ha comentado en el apartado de antecedentes, la planta de Benicarló realiza un pretratamiento compuesto por un desbaste y un desarenador aireado.



Figura 6. Esquema de la planta depuradora existente en el municipio.

### Pretratamiento.

*El desbaste y tamizado:* Esta etapa trata de eliminar los materiales de mayor tamaño que podrían interferir en el proceso o dañar las instalaciones, como colillas, plásticos y madera entre otros.

De esta manera, se hace pasar el agua bruta por una serie de rejillas, primero gruesas y luego finas, donde quedarán retenidos los sólidos de mayor tamaño. Estos sólidos son retirados de forma manual. Luego, el agua, pasa a través de un tamiz que se encargará de eliminar parte del material particulado que se encuentra en suspensión.

*Desarenado y desengrasado:* En este punto se consigue, de manera simultánea, la sedimentación de elementos en suspensión más pesados como arenas, arcillas y limos, y la flotación de las grasas.

El desarenador tiene como objetivo eliminar las partículas más pesadas que el agua. Con este proceso se consigue proteger los equipos, que se encuentran en procesos posteriores, ante la abrasión, atascos y sobrecargas. La figura 6 muestra una fotografía del desarenador de la EDAR de Benicarló.

Se trata de inyectar aire creando una corriente en espiral de manera que permita la decantación de las arenas. Además el aire provoca la separación de la materia orgánica. De esta manera, al estar aireado y favorecer la separación de la materia orgánica se evita la producción de malos olores.

La aireación provoca la emulsión de las grasas y aceites, permitiendo su ascenso a la superficie debido a su menor densidad, y su retirada por medio de rasquetas superficiales.



Figura 7. Desarenador-desengrasador de la EDAR actual de Benicarló.

### 4.3 Datos de entrada

Aunque que los datos cedidos por la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales (EPSAR) corresponden al efluente de la EDAR actual, asumiremos que las características de las aguas residuales no cambian significativamente en el pretratamiento y por tanto serán los que utilizaremos para el diseño del tratamiento biológico mediante la simulación con DESASS 7.1.

La siguiente tabla es el resumen de los datos cedidos por la EPSAR y que corresponden a la serie del 2007 al 2009.

Tabla 3. Resumen de los datos de cada mes.

	<b>pH</b>	<b>SS (mg/l)</b>	<b>DBO (mg/l)</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>NT (mg/l)</b>	<b>PT (mg/l)</b>	<b>CAUDAL (m3/día)</b>
ENE	7.7	310	220	508	51	19.00	10332.48
FEB	7.7	338	190	372	27	10.00	17658.75
MAR	7.4	157	80	287	25	8.80	22000.55
ABR	7.6	115	100	481	32	5.50	19821.80
MAY	7.8	198	200	369	44	8.60	16843.65
JUN	7.88	146	160	388	36	17.00	10373.90
JUL	8.1	274	190	484	48	15.00	10676.32
AGO	7.6	223	240	540	50	17.00	12038.32
SEP	8.0	243	210	464	44	11.00	11547.20
OCT	7.7	228	200	328	51	7.30	18276.10
NOV	7.9	252	240	453	51	11.00	16767.70
DIC	8.3	307	460	763	89	11.00	14173.06
ENE	7.8	176	160	267	38	8.20	13752.00
FEB	8.0	185	90	283	29	4.50	15372.41
MAR	7.6	109	110	257	29	6.60	19375.16
ABR	7.8	637	280	489	48	8.90	16830.90
MAY	7.9	255	190	456	42	9.72	15462.48
JUN	8.1	215	250	497	58	9.93	15732.50
JUL	8.1	212	200	479	52	11.50	15450.65
AGO	7.8	280	300	641	60	9.30	15509.81
SEP	8.0	463	290	528	47	12.70	13423.80
OCT	7.9	110	120	271	35	8.70	16474.55
NOV	8	222	270	493	47	1.97	15755.40
DIC	7.7	178	210	410	49	9.89	15137.32
ENE	8	233	230	463	71	9.76	14653.06
FEB	8.2	258	360	617	55	12.60	15551.36
MAR	7.7	318	420	725	73	25.00	15012.77
ABR	7.7	255	320	548	69	8.82	16241.80
MAY	7.8	255	260	462	48	9.14	11408.71
JUN	8.0	217	240	424	40	8.32	9715.60
<b>JUL</b>	<b>8.0</b>	<b>1030</b>	<b>460</b>	<b>1120</b>	<b>59</b>	<b>33.40</b>	9922.16
AGO	7.8	322	340	609	55	7.88	12236.23
SEP	7.19	164	190	388	60	11.60	14581.10

OCT	6.72	126	190	437	53	9.00	13606.84
NOV	7.28	70	180	427	60	5.60	11849.40
DIC	8	270	220	589	38	7.60	13460.52

No se van a tener en cuenta los datos correspondientes a Julio del 2009 por no seguir la tendencia del resto de datos. Esta diferencia en los valores de los componentes del agua, se puede deber a una descarga puntual, así como a un error en la medición de los mismos.

Las figuras 7 y 8 muestran la variación de los datos mensuales de entrada a lo largo de la serie 2007-2009.

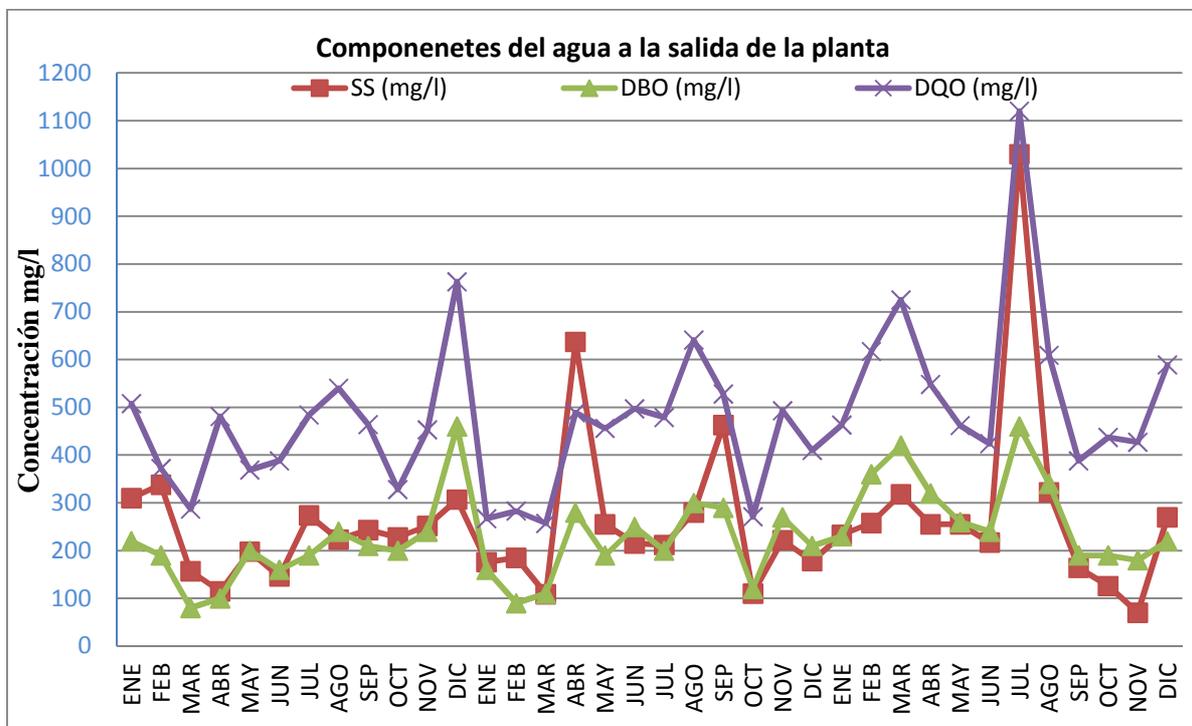


Figura 8. Variación de SS, DBO y DQO en el período 2007-2009.

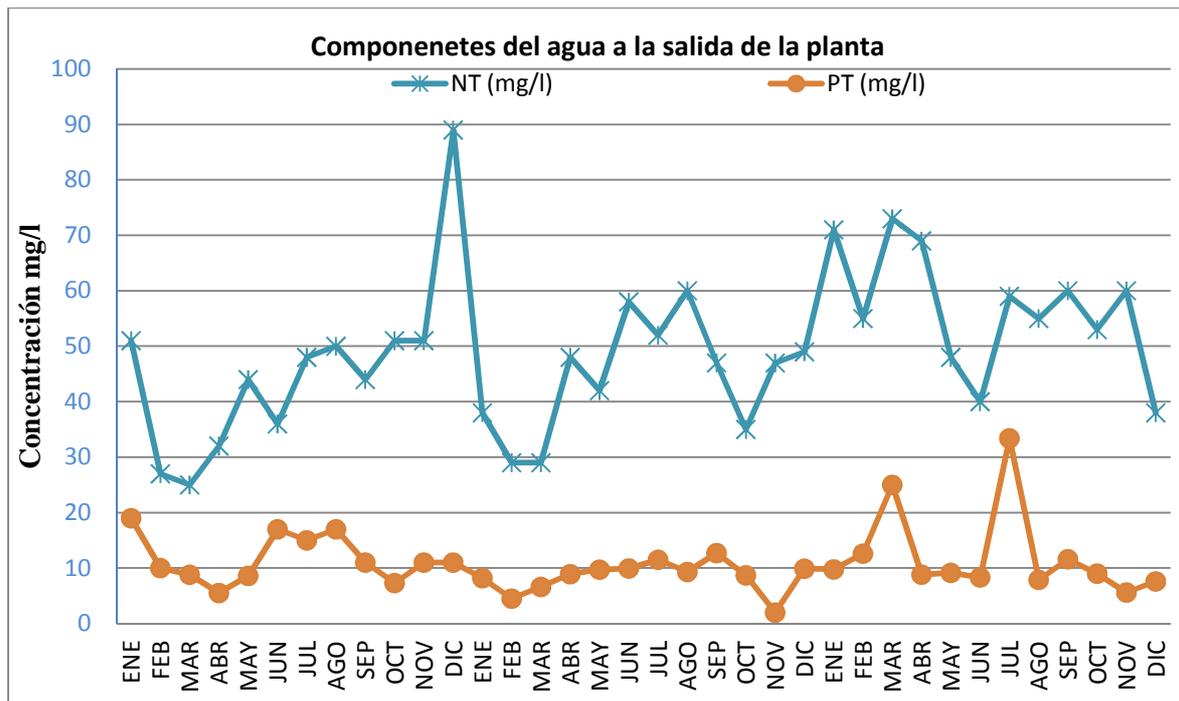


Figura 9. Variación de Nt y Pt en el período 2007-2009.

Aunque los valores varían dentro de un rango relativamente amplio, no se observan variaciones estacionales ya que los valores más altos o más bajos no se producen siempre los mismos meses del año. Aun siendo una población que se encuentra en la costa mediterránea, no se da, como en otras poblaciones de iguales características, un aumento de la población en temporada estival. Esto hace que en lugar del típico aumento del caudal durante los meses de verano, este se vea incluso reducido. Esta reducción podría deberse a esta disminución de la población o a la reducción de algún tipo de actividad, industrial, agrícola, ganadera...

La siguiente figura refleja la variación del caudal a lo largo del periodo 2007-2009.

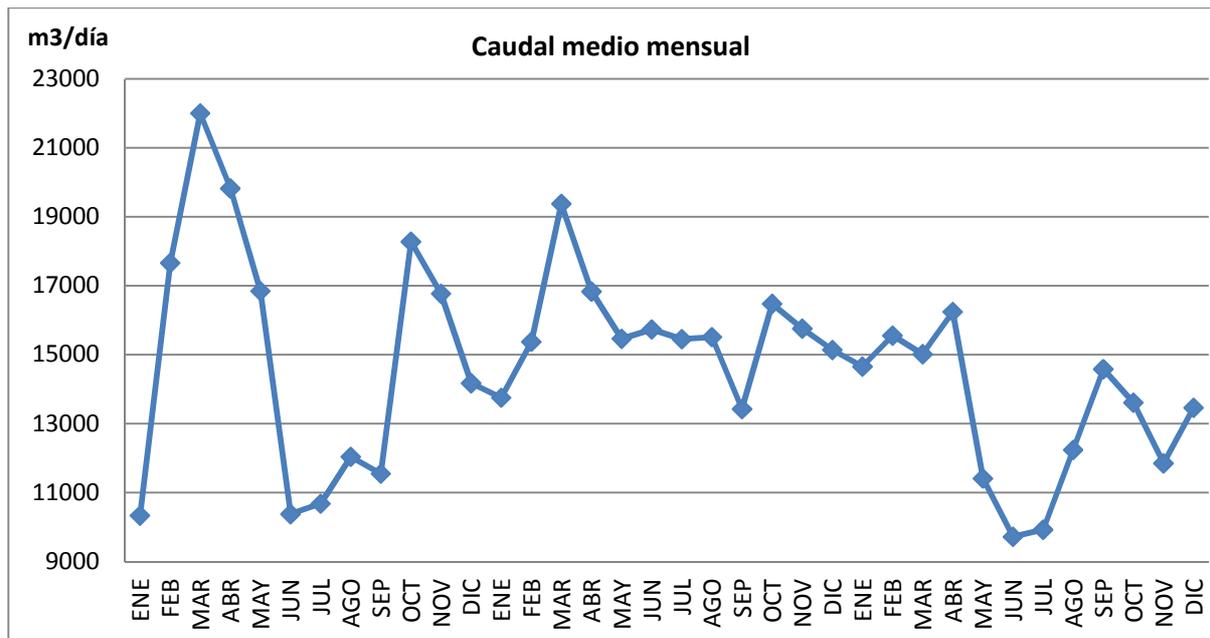


Figura 10. Variación del caudal en el período 2007-2009.

Ya que no se observan cambios estacionales significativos en los datos, se calcula para cada uno de los componentes, la media anual de toda la serie. Los resultados se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 4. Datos medios de toda la serie.

	pH	SS (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	NT (mg/l)	PT (mg/l)	CAUDAL (m3/día)
<b>Medias</b>	7.79	237.74	226.00	462.77	48.69	10.24	14639.62

#### 4.4 Temperatura

Como se puede observar en el siguiente gráfico, la variación anual de la temperatura del agua es la típica del clima mediterráneo. A medida que aumenta la temperatura, aumentará la velocidad de crecimiento de los microorganismos y la velocidad a la que degradan la materia orgánica. Es por ello, que se va a realizar las simulaciones teniendo en cuenta ésta variación de temperatura entre el invierno y el verano utilizando como valores medios 13 y 25 °C respectivamente.

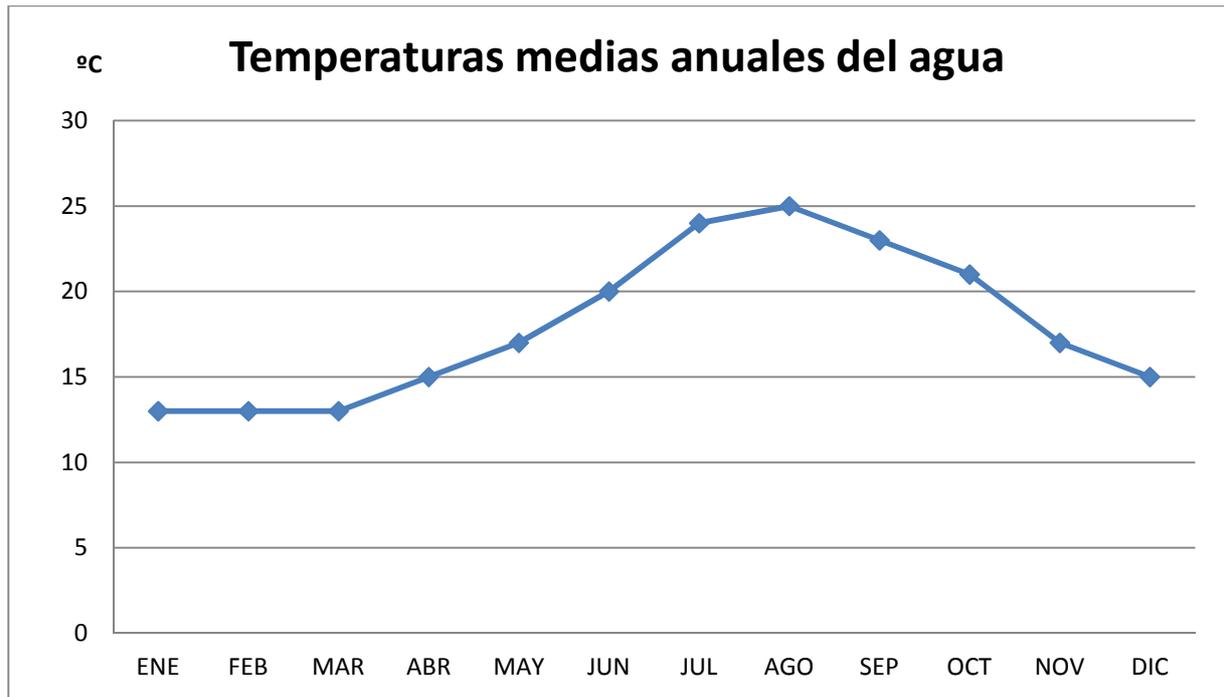


Figura 11. Temperaturas medias del agua cada mes.

## 4.5 Conductividad

La conductividad también es un parámetro importante a tener en cuenta en el sistema. Esto se debe a la influencia que ejerce en el desarrollo de las bacterias autótrofas, encargadas del proceso de nitrificación.

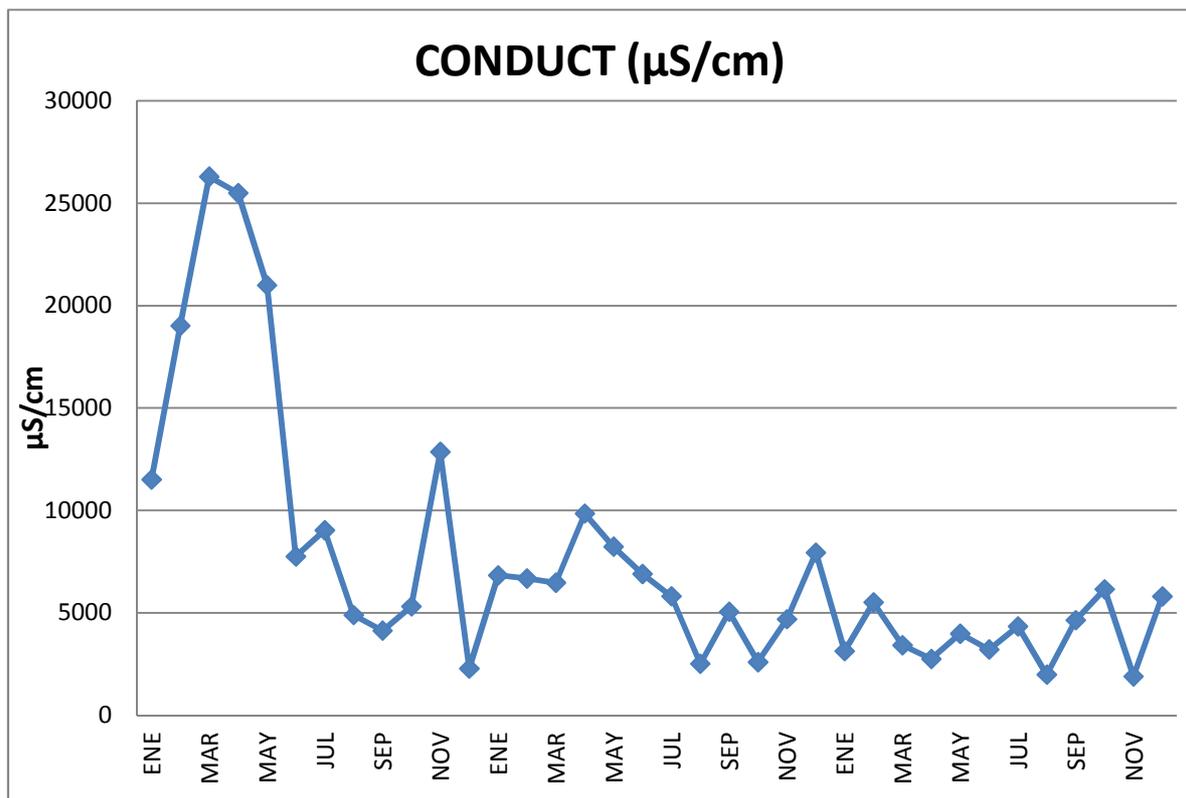


Figura 12. Conductividad media del agua cada mes.

Como se puede observar, este parámetro llega a valores muy por encima de los recomendados por la legislación ( $<3000\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Al ser Benicarló una población situada en la zona costera, existe la posibilidad de que la planta depuradora esté recibiendo vertidos con alta concentración de sales. Estos vertidos pueden proceder de infiltraciones de las aguas freáticas, a través de la red de alcantarillado, o de pozos con una elevada salinidad.

Valores altos de conductividad pueden inhibir el crecimiento de los microorganismos autótrofos, ralentizando de esta manera los procesos biológicos llevados a cabo por estos. Así pues, el nivel de sales en el agua debería ser controlado frecuentemente.

## 5 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

Para realizar un correcto diseño de la EDAR es imprescindible conocer las características de las aguas residuales a tratar. Los datos de partida proporcionados por la EPSAR son los correspondientes a la salida del pretratamiento que se está realizando en la depuradora.

### 5.1 Caracterización del agua residual

El diseño adecuado de los procesos que se van a desarrollar en la planta depuradora exige un amplio conocimiento de las características del agua a tratar. No basta con conocer las concentraciones totales de los distintos contaminantes también es de gran importancia conocer la fracción soluble de cada componente.

Al no disponer de una caracterización suficientemente detallada del agua de entrada para el empleo del programa DESASS se va a proceder al cálculo de los componentes que no se dispone mediante una serie de hipótesis acordes a la procedencia de las aguas residuales.

- **DBO<sub>lim</sub>**: El cálculo se llevó a cabo mediante la relación de biodegradabilidad del agua residual urbana ( $DBO_5/DBO_{lim} = 0.67$ ).
- **La fracción soluble**, tanto de la DQO como de la DBO será el 40%
- **Fracción volátil de los sólidos suspendidos** será del 80%
- **Nutrientes**: Las partes solubles del nitrógeno y del fósforo se calcularon teniendo en cuenta las constantes estequiométricas  $iNSf$ ,  $iNSi$ ,  $iNXs$ ,  $iNXi$  y  $iPSf$ ,  $iPSi$ ,  $iPXs$  y  $iPXi$  respectivamente. Estos factores se utilizan en las ecuaciones de continuidad que se aplican en la matriz estequiométrica del BNRM1.

También se ha considerado que todo el nitrógeno amoniacal se encuentra en forma de ión amonio y que todo el nitrógeno oxidado se encuentra en forma de nitrato.

En la Tabla 5 se muestran los valores de los factores de conversión para el nitrógeno y fósforo que vienen dados por defecto en el programa de simulación.

Tabla 5. Factores de conversión

Nitrógeno		Fósforo	
<b>iNSf</b>	0,03	<b>iPSf</b>	0,01
<b>iNSi</b>	0,01	<b>iPSi</b>	0,0009
<b>iNXs</b>	0,04	<b>iPXs</b>	0,01
<b>iNXi</b>	0,03	<b>iPXi</b>	0,01

El cálculo del nitrógeno y del fósforo vendrá dado por las siguientes expresiones:

$$N_T = NH_4^+ + NO_3^- + S_F * i_{NSf} + S_i * i_{NSi} + X_S * i_{NXs} + X_i * i_{NXi}$$

$$P_T = PO_4 + S_F * i_{PSf} + S_i * i_{PSi} + X_S * i_{PXs} + X_i * i_{PXi}$$

Con estos cálculos se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 6. Parámetros del agua de entrada

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l)</b>	226.00				
<b>DBO<sub>L</sub> (mg/l)</b>	337.31	<b>DBO<sub>L</sub> sol (mg/l)</b>	134.93	<b>DBO<sub>L</sub> sus (mg/l)</b>	202.38
<b>DQO (mg/l)</b>	462.77	<b>DQO sol (mg/l)</b>	185.11	<b>DQO sus (mg/l)</b>	277.66
<b>NT (mg/l)</b>	48.69	<b>NH<sub>4</sub> mgN/l</b>	33.768	<b>NO<sub>3</sub> mgN/l</b>	0.768
<b>PT (mg/l)</b>	10.24	<b>PO<sub>4</sub> mgP/l</b>	6.319		
<b>SS (mg/l)</b>	237.7	<b>SSV (mg/l)</b>	190.16	<b>SSNV (mg/l)</b>	47.54

- A continuación se define el cálculo de los componentes:

$$X_s = DQO_T - S_i - S_F - S_A - X_i = 202.39 \text{ mg/l}$$

$$X_i = DQO_T - DBO_T - S_i = 75.28 \text{ mg/l}$$

$$S_i = DQO_{sol} - DBO_{sol} = 50.18 \text{ mg/l}$$

$$S_f = DQO_{sol} - S_i - S_A = 109.93 \text{ mg/l}$$

**SA (mgDQO/l):** Es el principal producto de la fermentación, y se modela de forma independiente al resto de los ácidos grasos volátiles. Se considera que sólo es acetato. El valor de **Sa** depende de la longitud de la red de alcantarillado. Este valor puede estar entre 10 y 35 mg/l.

Los valores obtenidos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Fracciones solubles y particuladas de los componentes del modelo.

Componente	Valor	Componente	Valor
<b>Solubles</b>			
<b>SF mgDQO/l</b>	109.93	<b>SNO3 mgN/l</b>	0.768
<b>SI mgDQO/l</b>	50.18	<b>SNH4 mgN/l</b>	33.768
<b>SA mgDQO/l</b>	25	<b>SPO4 mgP/l</b>	6.319
<b>Suspendidos</b>			
<b>XS mgDQO/l</b>	202.39	<b>XSS mgSS/l</b>	237.70
<b>XI mgDQO/l</b>	75.28	<b>XSSNV mgSS/l</b>	47.54

### 5.1.1 Caudal

Con la finalidad de no cometer errores con la simulación, por ajustar demasiado el caudal a los datos tomados, y teniendo en cuenta que el crecimiento poblacional en los últimos 20 años ha sido del 31%, se va a aumentar un 10% el valor del caudal medio. De esta forma se obtiene un caudal de diseño de 16103.6 m<sup>3</sup>/d que se redondeará a 16100 m<sup>3</sup>/d.

El caudal punta vendrá definido por la expresión:

$$Q_p = Q_{med} * \left( 1,15 + \frac{2,575}{(Q_{med})^{1/4}} \right) = 64.78 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo  $Q_p$  el caudal punta y  $Q_{med}$  el caudal medio, medidos ambos en m<sup>3</sup>/día.

El factor punta se calculará con la siguiente expresión:

$$F_{pta} = \frac{Q_{max}}{Q_{med}} = 1.65$$

## 6 SIMULACIÓN DE LA EDAR

Como se puede ver en el apartado de caracterización del agua de entrada al sistema, apartado 5, los valores de conductividad indican un alto contenido en sales. Debido a esto, se partirá, en todas las simulaciones, del supuesto de que el crecimiento de las bacterias autótrofas se encuentra parcialmente inhibido. Con el fin de simular esta inhibición, se ha disminuido la velocidad máxima de crecimiento de las bacterias autótrofas hasta 0,7. Esta disminución provoca que se deban utilizar TRC altos para que se pueda producir el crecimiento de las bacterias autótrofas.

La selección del tiempo de retención celular (TRC) es una de las mayores dificultades relacionadas con el proceso de eliminación simultánea de nitrógeno y fósforo, puesto que influye tanto a las bacterias que oxidan el nitrógeno, como las encargadas de eliminar fósforo. La eliminación de fósforo requiere contar con bajos tiempos de retención celular, y lo contrario ocurre para la eliminación de nitrógeno, que debido a la baja tasa de crecimiento de las bacterias nitrificantes, requiere altos valores de TRC (You S. J., 2003).

### 6.1 DESASS 7.1

Para la simulación de los diferentes esquemas de la EDAR de Benicarló se ha utilizado la herramienta informática DESASS versión 7.1.

DESASS 7.1 (DEsign and Simulation of Activated Sludge Systems) es un simulador de estaciones depuradoras configurado bajo Windows y desarrollado por el grupo de investigación CALAGUA.

DESASS trabaja en un entorno intuitivo y permite evaluar una gran diversidad de sistemas de tratamiento, pudiéndose representar desde esquemas tan sencillos como un proceso de oxidación total para la eliminación de materia orgánica hasta esquemas de tratamiento mucho más complejos diseñados para la eliminación biológica de nitrógeno y fósforo en los que se incorporan los tratamientos de digestión de fangos.

El programa tiene implementado un algoritmo de modelación matemática que representa una ampliación del modelo de eliminación biológica de nutrientes n° 1 (Biological Nutrient Removal Model, No.1 ampliado, BNRM1 ampliado; Seco et al., 2004a) desarrollado por el mismo grupo de investigación. Este modelo permite simular las operaciones básicas más importantes de una EDAR e incluye, además, la posibilidad de considerar los procesos biológicos que tienen lugar en decantadores y espesadores junto con los procesos de sedimentación y compresión del fango.

DESASS está siendo utilizado con éxito en diferentes aplicaciones relacionadas con el tratamiento de aguas residuales. Ha sido diseñado y optimizado para la investigación de procesos de tratamiento de aguas residuales, la evaluación de sistemas de tratamiento existentes, la operación de entrenamiento de personal y para propósitos educativos.

Siendo de uso rápido y sencillo, posee un amplio catálogo de herramientas que permiten experimentar en un amplio intervalo de condiciones de operación, así como realizar estudios de sensibilidad sobre el proceso y comparar alternativas.

## **6.2 ESQUEMAS SIMULADOS**

Aunque el programa de simulación es la herramienta que realizará los cálculos, es el usuario el encargado de definir el diseño y los parámetros para dicho cálculo.

Respecto al diseño, el usuario puede cambiar la distribución del sistema, el número y tipo de zonas (zonas aerobias, anaerobias, anóxicas) y los criterios de diseño como son el tiempo de retención hidráulico y el tiempo de retención celular (TRH, TRC). Entre los parámetros que se permite modificar encontramos el volumen, el caudal de recirculación, la concentración de oxígeno y los parámetros estequiométricos y cinéticos del modelo, indispensables a la hora de diseñar y optimizar el funcionamiento de la EDAR.

Para conseguir mejores resultados en la eliminación conjunta de materia orgánica y de nitrógeno, se va a utilizar un reactor biológico en flujo en pistón. Éste se simula en DESASS mediante una sucesión de tanques de mezcla completa. Este reactor estará compuesto por dos o tres (dependiendo de las necesidades de volumen) tanques anóxicos, donde se va a producir el crecimiento de las bacterias heterótrofas, encargadas de realizar la desnitrificación, y el

resto de tanques, que serán aerobios, donde se producirá la eliminación del amonio por medio de las bacterias autótrofas.

Este sistema cuenta con una recirculación interna, que lleva el agua desde el último tanque de la zona aerobia hasta el primero de la zona anóxica, consiguiendo de esta manera aumentar la desnitrificación. También hay una recirculación externa, esta de fangos, que va desde el decantador secundario hasta el primer tanque de la serie. Con esto se mantiene la masa de microorganismos en el sistema.

Como ya se ha comentado en el primer punto de este mismo apartado, los valores altos de TRC hacen imposible la eliminación de fósforo por vía biológica y necesaria, por tanto, la precipitación química. El modelo matemático implementado en DESASS permite representar los procesos de precipitación química necesarios para la eliminación de fósforo.

La dosis de reactivo será la necesaria para eliminar el fósforo de manera que se cumpla con la Directiva 91/271/CEE, que establece que el límite de vertido de fósforo en zonas sensibles debe ser menor a 2 mg/l. Para determinar esta cantidad de reactivo se realizaron distintas simulaciones hasta lograr el cumplimiento del límite de vertido.

Se ha seleccionado el cloruro férrico como reactivo en todos los esquemas que se van a simular. La adición del reactivo se hará en el reactor biológico, en la zona de aireación. Con esto se pretende conseguir una buena mezcla gracias a la turbulencia que genera el sistema de aireación.

En los siguientes apartados de este punto, se describen los diferentes esquemas adoptados para cada una de las soluciones que se van a simular. A modo de aclaración, las flechas en azul conforman la línea de agua, las marrones las de fango, las rosas las de aire y las de color morado pertenecen a la salida de gas.

### 6.2.1 Tratamiento biológico mediante un proceso convencional, eliminación por vía biológica de nitrógeno, precipitación química de fósforo y digestión aerobia.

La línea de agua de esta planta estará compuesta por una decantación primaria para eliminar parte de los sólidos suspendidos, por el reactor biológico y por una posterior etapa de decantación secundaria. Al trabajar con TRC medios, el fango producido va a necesitar ser estabilizado. Para este fin, se va a introducir en la línea de fangos la digestión aerobia de los mismos. Una vez estabilizado, el fango se bombea al espesador y de ahí a la deshidratación. El sobrenadante del espesador y el agua resultante de la deshidratación se recirculan uniéndose a la entrada de agua residual en el sistema. La figura 13 muestra el esquema del tratamiento biológico y el diagrama de flujo entre los elementos que lo componen.

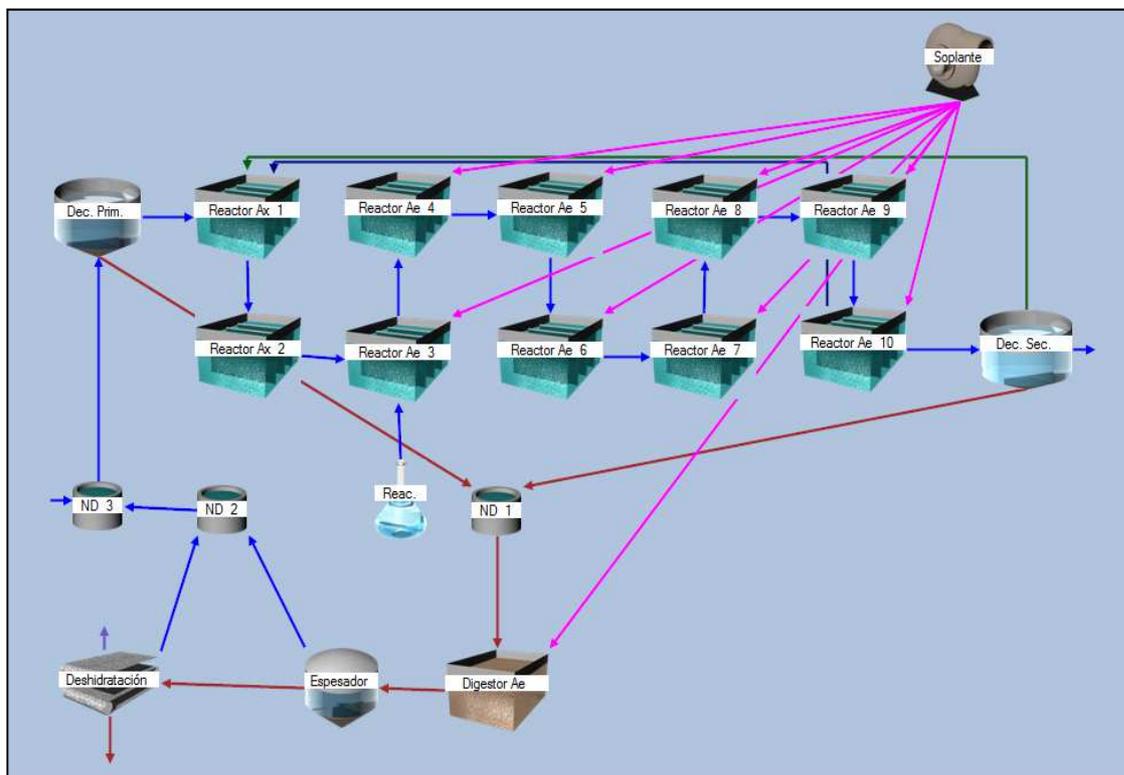


Figura 13. Esquema de tratamiento biológico mediante un proceso convencional, eliminación por vía biológica de nitrógeno, precipitación química de fósforo y digestión aerobia.

Cada uno de los tanques que forman el reactor biológico equivale al 10% del volumen total. Esto supone que la zona anóxica es el 20% y la aerobia el 80% del total.

### 6.2.2 Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.

La configuración de este sistema se simplifica en comparación al anterior. Se ha eliminado el decantador primario en la línea de aguas y la digestión en la línea de fangos. Así pues, la línea de agua estará compuesta por el reactor biológico y por los decantadores secundarios, la línea de fangos por el espesador y la deshidratación. Esto hará que aumente el volumen del reactor biológico de forma considerable, ya que este sistema trabaja con altos TRC, lo que provoca un aumento de la concentración de sólidos suspendidos en el reactor. La figura 14 muestra el esquema del tratamiento biológico y el diagrama de flujo entre los elementos que lo componen.

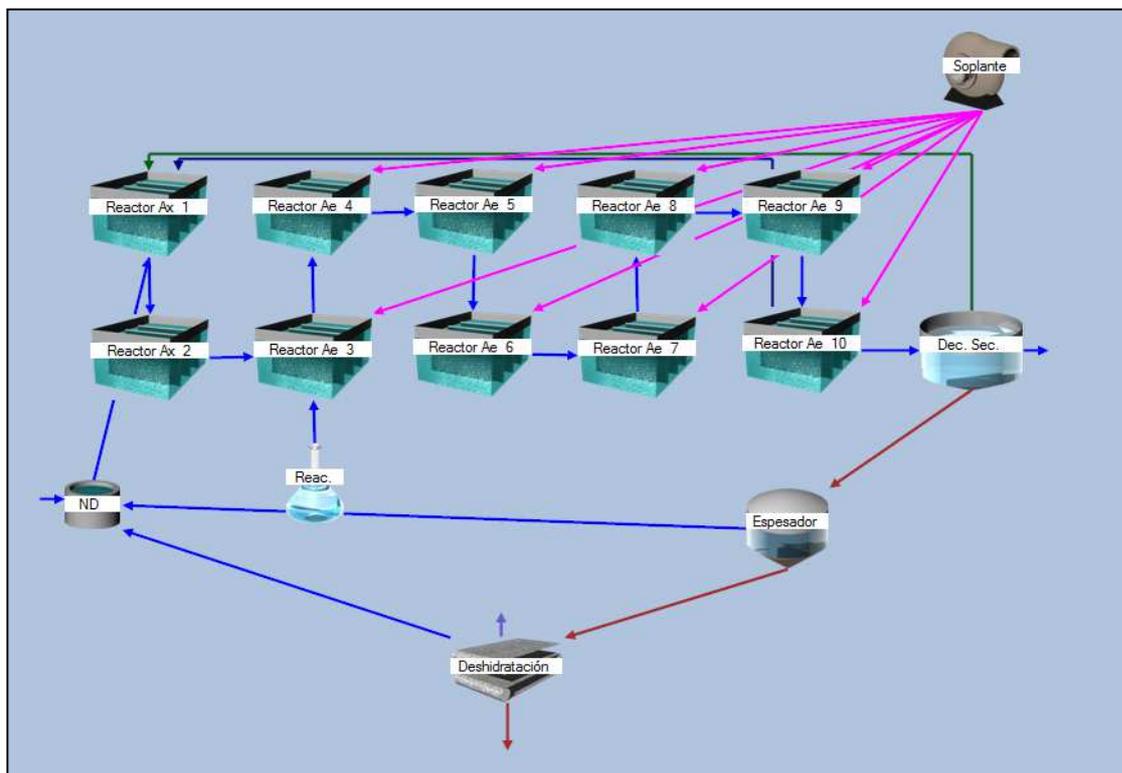


Figura 14. Esquema de tratamiento biológico mediante Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.

Al igual que en el esquema convencional, cada uno de los tanques equivale a un 10% del volumen total, dando como resultado un 20% la zona anóxica y un 80% la aerobia.

**6.2.3 Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno (esquema Nitrificación-Desnitrificación simultánea) y precipitación química de fósforo.**

Este sistema se configura de la misma forma que el de oxidación total antes descrita, salvo que se prescinde de la recirculación interna y la primera parte del reactor biológico, que antes era anóxico, pasa a ser aerobio. Las concentraciones de oxígeno disuelto se van a reducir, de manera que al principio del reactor biológico se tendrán zonas con niveles menores de oxígeno que irán creciendo hacia el final del tanque. Se pretende con esto el ahorro que supone el gasto de bombeo de dicha recirculación y el de aireación. La figura 15 muestra esquema del tratamiento biológico y el diagrama de flujo entre los elementos que lo componen.

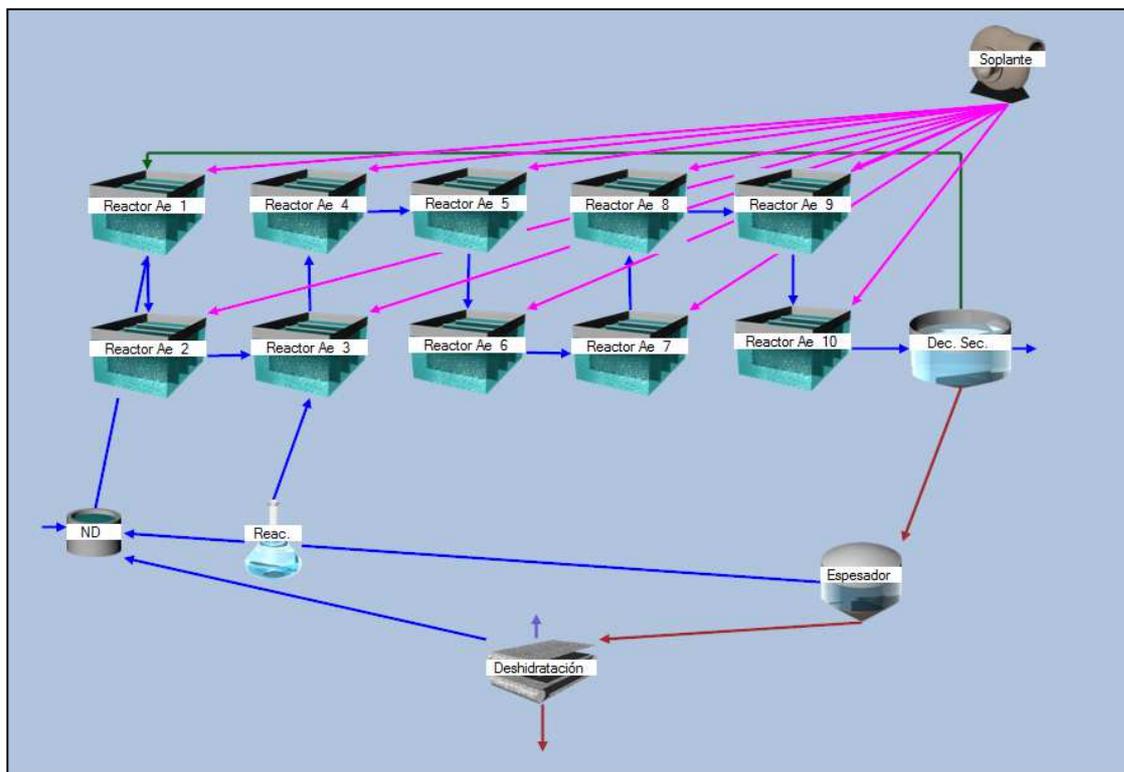


Figura 15. Esquema de tratamiento biológico mediante Nitrificación-Desnitrificación simultánea

**6.2.4 Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana, eliminación biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.**

En este esquema se va a prescindir tanto de la decantación primaria como de la secundaria. En lugar de la decantación se van a introducir en el reactor biológico una serie de membranas. Se va a trabajar con TRC altos para conseguir que el fango salga del tanque de membranas estabilizado. El propósito del espesador en este esquema es el de trabajar como almacén de fangos ya que la deshidratación no trabaja en continuo. La figura 16 muestra el esquema del tratamiento biológico y el diagrama de flujo entre los elementos que lo componen.

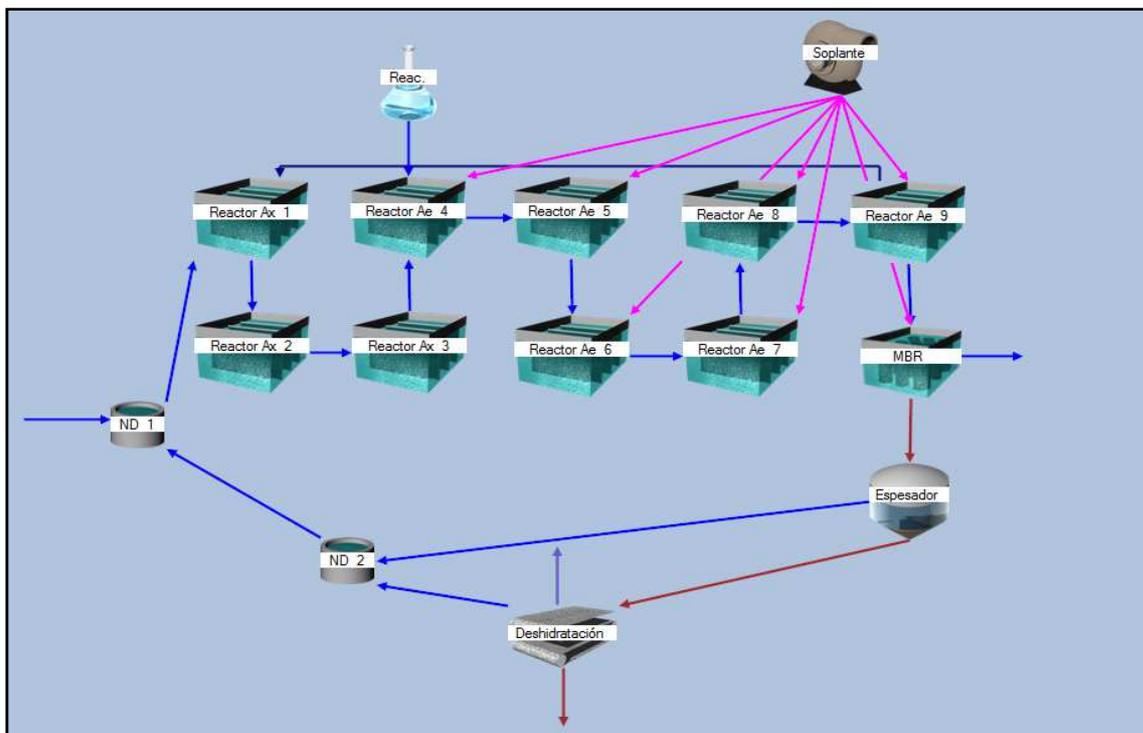


Figura 16. Esquema de tratamiento Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana, eliminación biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.

El reactor biológico en este caso va a estar configurado por 10 reactores en serie. Cada uno de estos reactores equivale al 10 % del volumen total. Los tres primeros son anóxicos, se pretende con esto aumentar el potencial de desnitrificación de la planta. Y el último es el reactor de membrana.

## 7 RESULTADOS

Para cada uno de los esquemas expuestos en el aparatado anterior, se han realizado una serie de simulaciones a fin de seleccionar la configuración más óptima en cada caso. Esta serie de datos son el resultado de variar distintos parámetros de operación entre los que cabe destacar el Tiempo de Retención Celular y el Caudal de Recirculación Interna, dos parámetros importantes a la hora de diseñar y explotar una estación de depuración de aguas residuales.

La importancia del TRC se debe a que afecta, de una forma directa, a los procesos que tienen lugar en el reactor biológico, como son el de eliminación de la materia orgánica y los nutrientes que se encuentran en las aguas residuales. La estabilidad del fango deshidratado también se ve afectada directamente por el TRC y se ve reflejado mediante el porcentaje de Sólidos Suspendidos Volátiles Biodegradables que se encuentran en el fango deshidratado, debiendo ser este valor inferior al 35%.

La función del QRI es aportar nitratos a la zona anóxica del sistema de manera que se pueda agotar su potencial de desnitrificación. El QRI óptimo será el valor mínimo que permita cumplir con los límites de vertido. La importancia de conseguir el ajuste de este parámetro se debe al gran gasto energético y como consecuencia económico, que supone el bombeo de este caudal.

En lugar de eso di, Las simulaciones de las distintas alternativas se han realizado para la situación de invierno porque es la más desfavorable. La diferencia de temperatura asegura que los procesos biológicos que tienen una duración determinada en invierno, se den a mayor velocidad en verano. Esto da a entender que el TRC para conseguir la estabilización del fango y la depuración del agua en invierno hará que se cumpla también en verano.

A continuación, se van a exponer los resultados de dichas simulaciones. En el informe se mostrarán únicamente los resultados más importantes como son las concentraciones de DQO, NT, PT,  $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_3$  en el efluente, los Sólidos Suspendidos ( $X_{\text{TSS}}$ ) en el reactor biológico y el porcentaje de Sólidos Suspendidos Volátiles Biodegradables (SSVB) en la purga. El resto de los resultados se pueden encontrar en los anexos.

## 7.1 Tratamiento biológico mediante un proceso convencional, eliminación por vía biológica de nitrógeno, precipitación química de fósforo y digestión aerobia.

Para la optimización de esta configuración se realizaron simulaciones variando el TRC de para conseguir la nitrificación. Para la estabilización de los fangos se han obteniendo valores de %SSVB del 34.5 % para 14 días de TRC y con 13 días de TRC es de 34.9 % (valor que cumple con la normativa pero que está demasiado ajustado al límite).

Una vez seleccionado el TRC se varió el valor de RI, disminuyéndolo para ver si igualmente podría cumplir con las condiciones de vertido. En este caso se cumplen con una recirculación interna dos veces el caudal de entrada. Como se puede observar en la tabla 8 la concentración de nitratos aumenta al disminuir el caudal de recirculación interna a 2, el valor obtenido de 8.88 no debería dar problemas de flotación en los decantadores secundarios. El P se ha ajustado al límite marcado por la *Directiva 91/271/CEE* para poder calcular el reactivo mínimo necesario para llevar a cabo su precipitación y abaratar su coste.

Tabla 8. Resultados obtenidos en la simulación.

	Conv. III	Conv. I	Conv. II		Conv. IV
<b>TRC</b>	<b>15 días</b>	<b>14 días</b>	<b>13 días</b>	<b>TRC</b>	<b>14 días</b>
<b>RI</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>RI</b>	<b>2</b>
<b>S<sub>NH4</sub> (mg/l)</b>	0.50	0.58	0.77	<b>S<sub>NH4</sub> (mg/l)</b>	0.46
<b>S<sub>NO3</sub> (mg/l)</b>	7.69	7.79	7.81	<b>S<sub>NO3</sub> (mg/l)</b>	8.88
<b>N<sub>T</sub> (mg/l)</b>	9.17	9.41	9.61	<b>N<sub>T</sub> (mg/l)</b>	10.32
<b>P<sub>T</sub> (mg/l)</b>	1.97	1.97	1.92	<b>P<sub>T</sub> (mg/l)</b>	1.96
<b>X<sub>TSS</sub> (mg/l)</b>	3560.5	3294.6	3096.9	<b>X<sub>TSS</sub> (mg/l)</b>	3340.1
<b>DQO<sub>T</sub> (mg/l)</b>	60.7	60.6	60.3	<b>DQO<sub>T</sub> (mg/l)</b>	60.6
<b>%SSVB (mg/l)</b>	34.00	34.50	34.90	<b>%SSVB (mg/l)</b>	34.50

Como se puede observar, el aumento del tiempo de retención celular o la disminución de la recirculación interna, conlleva un aumento en la concentración de sólidos suspendidos en el reactor biológico. Este aumento está dentro de los límites establecidos para el buen funcionamiento de los decantadores secundarios, dando la posibilidad de aumentar el tiempo de retención celular en caso el de que no se pudiera estabilizar el fango.

Tabla 9. Valores de volúmenes obtenidos en las simulaciones.

	Conv. I	Conv. II	Conv. III	Conv. IV
	$m^3$			
<b>Dec 1</b>	2276.8	2279.8	2274.3	<b>2276.8</b>
<b>Reactor Biológico</b>	8000	8000	8000	<b>8000</b>
<b>Dec 2</b>	2589.8	2593.2	2587.1	<b>2589.9</b>
<b>Digestor</b>	4986.3	5264.4	4749.4	<b>4989.2</b>
<b>Espesador</b>	230.1	243.0	219.2	<b>230.3</b>

Como se puede observar en la tabla 9 la diferencia entre el esquema con RI 3 y la de RI 2 en lo que a volúmenes se refiere no es significativa.

## 7.2 Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.

Al igual que el caso anterior, la optimización de esta alternativa se realizó en primer lugar variando el TRC de manera que se ajustase el porcentaje de SSVB para conseguir un fango estabilizado. De esta manera se obtiene que con 20 días el %SSVB es del 34.4% y con 19 días de TRC es de 35.5%. Este caso el TRC es superior a la alternativa anterior porque los fangos ya están estabilizados, incluye el volumen en los resultados. Una vez seleccionado el TRC se varió el valor de RI disminuyéndolo para ver si igualmente podría cumplir con las condiciones de vertido. En este caso se cumplen con una recirculación interna dos veces el caudal de entrada. Los resultados obtenidos con DESASS, como se puede observar el valor de P se ha ajustado, igual que en el caso anterior al límite marcado por la legislación.

Tabla 10. Resultados obtenidos en la simulación.

	OT III	OT	OT II		OT IV
<b>TRC</b>	21 días	20 días	19 días	<b>TRC</b>	<b>20 días</b>
<b>RI</b>	3	3	3	<b>RI</b>	<b>2</b>
<b>S<sub>NH4</sub> (mg/l)</b>	0.37	0.39	0.43	<b>S<sub>NH4</sub> (mg/l)</b>	0.31
<b>S<sub>NO3</sub> (mg/l)</b>	7.46	7.22	7.18	<b>S<sub>NO3</sub> (mg/l)</b>	8.94
<b>N<sub>T</sub> (mg/l)</b>	8.79	8.64	8.65	<b>N<sub>T</sub> (mg/l)</b>	10.29
<b>P<sub>T</sub> (mg/l)</b>	1.97	1.97	1.95	<b>P<sub>T</sub> (mg/l)</b>	1.97
<b>X<sub>TSS</sub> (mg/l)</b>	4003.2	3786.1	3620.8	<b>X<sub>TSS</sub> (mg/l)</b>	3790.5
<b>DQO<sub>T</sub> (mg/l)</b>	62.5	62.5	62.4	<b>DQO<sub>T</sub> (mg/l)</b>	62.5
<b>%SSVB (mg/l)</b>	33.20	34.40	35.50	<b>%SSVB (mg/l)</b>	34.40

Como se puede observar en la tabla 11 los valores de la simulación OT IV y OT I se encuentran, aproximadamente, en la media de las otras dos, dependiendo estos del TRC.

Tabla 11. Valores de volúmenes obtenidos en la simulación.

	<b>OT I</b>	<b>OT II</b>	<b>OT III</b>	<b>OT IV</b>
	$m^3$			
<b>Reactor Biológico</b>	18000	18000	18000	<b>18000</b>
<b>Dec 2</b>	2751.9	2635.4	2906.3	<b>2755.1</b>
<b>Espesador</b>	252.1	265.8	239.8	<b>252.3</b>

### **7.3 Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno (esquema Nitrificación-Desnitrificación simultánea) y precipitación química de fósforo.**

Se han realizado simulaciones variando los valores de oxígeno disuelto en los reactores. Los resultados de estas simulaciones no cumplían con los límites establecidos para el nitrógeno total, cuyo valor estaba por encima de  $15 \text{ mg/m}^3$ . La nitrificación se consiguió llevar a cabo, no así la desnitrificación, no se consiguió rebajar el valor de  $\text{NO}_3$  de  $14 \text{ mg/m}^3$ . Esto puede deberse a la relación que he, como se ha comentado anteriormente, a la inhibición de las bacterias autótrofas por los altos valores de conductividad o a una relación DQO/N baja.

### **7.4 Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana, eliminación biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.**

Siguiendo con la misma metodología que los ejemplos anteriores la optimización de este esquema se ha realizado mediante simulaciones con variaciones del TRC. Los resultados de la tabla 12 indican que con 25 días de TRC se consigue la estabilización de los fangos. Como se puede observar en los resultados, este TRC presenta un porcentaje de SSVB igual a 34.7%.

Un parámetro importante a tener en cuenta en el uso de sistemas de filtración es la concentración de sólidos suspendidos en el licor mezcla, valor que no es aconsejable que

supere los 12 g/l. Esto se debe a que si el valor es muy alto, disminuirá la capacidad de transferencia de oxígeno, incrementando el consumo energético y los costes de aireación del tanque.

Al igual que en los esquemas anteriores, el valor de recirculación interna ha sido modificado disminuyéndolo para ver si es posible reducir los costes que esta recirculación conlleva. Al disminuir este valor se supera mucho, en el reactor biológico de membrana, el valor de 12 g/l de sólidos suspendidos, haciendo que sea necesario incrementar el caudal de recirculación interna. La tabla 12 los valores obtenidos en las simulaciones con DESASS, como se puede observar el reactor de membrana hace que se puede tener una concentración de sólidos suspendidos en el sistema muy alta.

Tabla 12. Resultados obtenidos en la simulación.

	<b>MBR III</b>	<b>MBR</b>	<b>MBR II</b>		<b>MBR IV</b>
<b>TRC (días)</b>	<b>26 días</b>	<b>25 días</b>	<b>24 días</b>	<b>TRC (días)</b>	<b>25 días</b>
<b>RI</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>RI</b>	<b>3</b>
<b>S<sub>NH4</sub> (mg/l)</b>	0.24	0.26	0.28	<b>S<sub>NH4</sub> (mg/l)</b>	0.21
<b>S<sub>NO3</sub> (mg/l)</b>	7.79	7.49	7.48	<b>S<sub>NO3</sub> (mg/l)</b>	9.02
<b>N<sub>T</sub> (mg/l)</b>	8.69	8.44	8.44	<b>N<sub>T</sub> (mg/l)</b>	9.92
<b>P<sub>T</sub> (mg/l)</b>	1.98	1.97	1.95	<b>P<sub>T</sub> (mg/l)</b>	1.96
<b>X<sub>TSS</sub> (mg/l)</b>	10526.5	10067.6	9709.6	<b>X<sub>TSS</sub> (mg/l)</b>	10004.6
<b>X<sub>TSS</sub> MBR (mg/l)</b>	13103.3	12530	12082.8	<b>X<sub>TSS</sub> MBR (mg/l)</b>	13266.2
<b>DQO<sub>T</sub> (mg/l)</b>	54.5	54.6	54.6	<b>DQO<sub>T</sub> (mg/l)</b>	54.6
<b>%SSVB (mg/l)</b>	34.00	34.70	35.40	<b>%SSVB (mg/l)</b>	34.80

En la tabla 13 se puede ver reflejado como la aplicación de un reactor de membrana en el diseño de la planta reduce de manera considerable el tamaño de ésta comparada con los otros dos esquemas.

Tabla 13. Valores de volúmenes obtenidos en la simulación.

	<b>MBR I</b>	<b>MBR II</b>	<b>MBR III</b>	<b>MBR IV</b>
	<b>m<sup>3</sup></b>			
<b>Reactor Biológico</b>	8000	8000	8000	8000
<b>Espesador</b>	154.3	160.8	148.4	146.0

## 8 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS.

Dentro de los costes de una planta depuradora podemos encontrar los costes de construcción y los de explotación. Los costes de explotación se pueden diferenciar entre los costes fijos y los variables. Los costes fijos son aquellos que no dependen del caudal tratado. Los costes variables, por otro lado, serán los que aumentarán o disminuirán dependiendo del caudal que se esté tratando en un determinado momento. A continuación se encuentran, de forma esquemática, los gastos que se generan en una EDAR:

- Costes de ejecución
- Costes fijos:
  - Gastos de mantenimiento y conservación.
  - Gastos de personal.
  - Coste fijo de energía eléctrica.
  - Otros gastos.
    - Seguros varios.
    - Material de oficina.
    - Material de laboratorio.
    - Equipamiento del personal.
    - Formación del personal.
    - Gastos de administración.
    - Material de limpieza.
- Costes variables:
  - Consumo de energía eléctrica.
  - Consumo de reactivos.
  - Gastos de evacuación de lodos deshidratados

Debido a que los gastos de personal, los de mantenimiento y los gastos clasificados como “otros” no van a variar significativamente entre un diseño u otro, y que se trata de elegir la alternativa más óptima, se va a tener en cuenta el cálculo de los siguientes gastos:

- Volúmenes construidos
- Consumo eléctrico
- Reactivos utilizados
- Producción de fangos

## 8.1 Costes de ejecución

Para calcular el gasto de la construcción del sistema de tratamiento biológico, se ha diferenciado entre el gasto de construcción civil y el de la maquinaria necesaria para cada uno de los elementos que componen el sistema de tratamiento. Otro gasto que se debe tener en cuenta es el de expropiación de terrenos para la construcción de la planta, como se puede observar en la Figura 4, en el apartado 4.1 *Localización*, la planta no cuenta con el terreno suficiente.

En el caso de la obra civil se ha llegado a un valor de construcción, en €/m<sup>3</sup>, por medio del análisis de los costes de otros proyectos. El coste de la maquinaria se ha determinado de la misma manera menos en el caso de las membranas del reactor MBR, que se ha utilizado el precio de mercado suministrado por el fabricante. Para el cálculo de los costes de construcción de los espesadores y del tanque de digestión aerobia, se han utilizado los mismos precios que para los decantadores y el reactor biológico respectivamente.

Respecto a la obra civil se tiene en cuenta la excavación, el transporte a vertedero del material sobrante, los materiales y la construcción de los diferentes elementos y la maquinaria. En la Tabla 14 se puede ver la relación de los volúmenes de cada elemento, obtenidos con DESASS 7.1.

Como ya se ha indicado, el sistema de membranas se calcula aparte. El modelo seleccionado para el cálculo de las membranas es el PSH 1500 del fabricante KOCH Membrane systems. Las características de los diferentes modelos se encuentran en los anexos.

$$Sup_{filtración} = \frac{Q_{ent} (l/h)}{q (l/m^2 \cdot h)} = \frac{16100 \cdot 1000}{15 \cdot 24} = 44722,22 m^2$$

Donde:

$Sup_{filtración}$ : Superficie total de membrana

$Q_{ent} (l/h)$ : Caudal de entrada

$q (l/m^2 \cdot h)$ : Caudal que atraviesa la membrana por m<sup>2</sup> de superficie.

El parámetro clave en el diseño de las membranas es el flujo seleccionado  $q$ , se puede llegar hasta 20 l/m<sup>2</sup>/h pero nos hemos quedado en 15 del lado de la seguridad para minimizar ensuciamientos y lavados.

Según las especificaciones del fabricante, cada módulo de membranas tiene una superficie efectiva de filtración de 1500 m<sup>2</sup>, de esta manera podemos calcular el número de módulos necesarios.

<i>Superf. Filtración</i>	44722,22 m <sup>2</sup>
<i>Superf. Efectiva</i>	1500 m <sup>2</sup>
<i>nº de módulos</i>	30
<i>Disposición de los módulos</i>	5 x 6
<i>Precio de las membranas</i>	40 €/m <sup>2</sup> de membrana
<b><i>Coste total</i></b>	<b>1788888.8 €</b>

En la siguiente tabla se encuentra la relación de los diferentes elementos a construir en cada una de las estaciones, sus volúmenes, los precios por unidad de construcción de obra civil y el total de los costes. Cabe destacar que el precio unitario de construcción es una suposición en base a datos extraídos de otros proyectos. No es importante lo realista que sea el precio, si no el poder comparar los tres sistemas.

Tabla 14. Volúmenes obtenidos en la simulación y cálculo de los costes de construcción.

	<b>Elemento</b>	<b>Volumen Construido m3</b>	<b>Costes obra civil €/m3</b>	<b>Total €</b>
<b>Conv.</b>	Decantador I	2276.83	98	223129.34
	Reactor biológico	8000	93	744000
	DecantadorII	5178.34	98	507477.32
	Digestor aerobio	4989.17	93	463992.81
	Espesdor	230.27	98	22566.46
	<b>Volumen total del</b>	<b>13408.61</b>		<b>1961165.93</b>
<b>OT</b>	Reactor biológico	18000	93	1674000
	DecantadorII	5510.26	98	540005.48
	Espesdor	252.28	98	24723.44
	<b>Volumen total del</b>	<b>23762.54</b>		<b>2238728.92</b>
<b>MBR</b>	Reactor biológico	8000	93	744000
	Espesdor	154.3	98	15121.4
	Membranas			1788888.8
	<b>Volumen total</b>	<b>8154.3</b>		<b>2548010.2</b>

Como ya se ha comentado antes, otro dato a tener en cuenta es el de la expropiación del terreno. Esto se debe al hecho de que una de las principales ventajas de la aplicación de la tecnología MBR en la depuración de aguas, es la reducción de las necesidades de espacio del sistema biológico, que en comparación con los otros dos casos supone alrededor del 50% menos.

Para el cálculo del terreno necesario para cada una de las plantas nos basaremos en la hipótesis de que las necesidades del terreno serán, aproximadamente, 2 veces el terreno de ocupación de los elementos del tratamiento biológico. Como se puede observar en la tabla 15, el precio asumido de expropiación, según datos extraídos de actuaciones ya realizadas por el ayuntamiento de Benicarló, es de 3 €/m<sup>2</sup>.

Tabla 15. Superficie de ocupación del conjunto de los elementos y el coste procedente de la expropiación.

	<b>Sup. sist. Tratamiento m<sup>2</sup></b>	<b>Sup. Adoptada m<sup>2</sup></b>	<b>€/m<sup>2</sup> expropiado</b>	<b>€ Terreno</b>
<b>Conv</b>	5306.71	11000	3	33000
<b>OT</b>	6034.98	12000		36000
<b>MBR</b>	2051.53	4000		12000

El coste total de ejecución de los sistemas biológicos de las estaciones de depuración será:

Tabla 16. Coste total ejecución.

	<b>Coste Total Ejecución</b>
<b>Conv</b>	1994165.9
<b>OT</b>	2274728.9
<b>MBR</b>	2560010.2

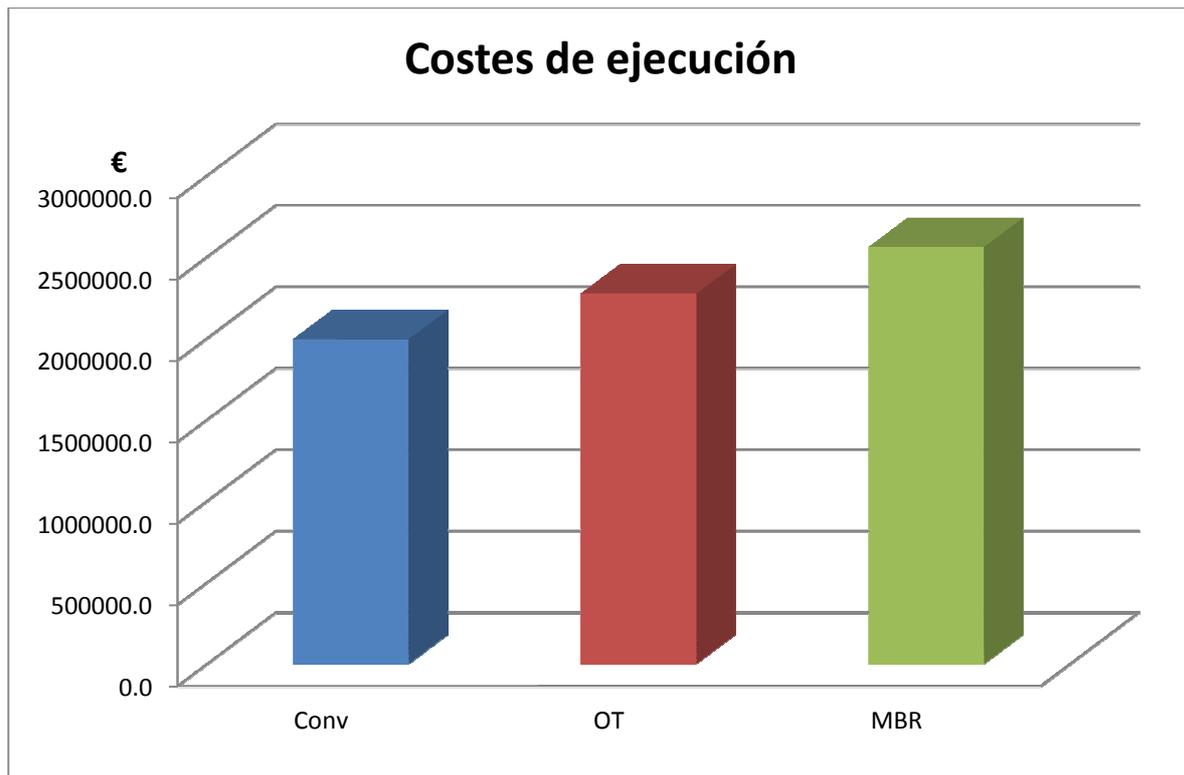


Figura 17. Coste total de la ejecución

Aun siendo una planta más compacta, la estación de depuración con reactor biológico de membrana es la que conlleva un gasto de ejecución mayor, siendo la que tiene un gasto económico menor en obra civil y en terrenos con respecto a las otras dos. Esto se debe al coste del sistema de filtración, que supone alrededor del 70% del coste de ejecución total.

## 8.2 Consumo eléctrico

El consumo eléctrico es uno de los gastos de mayor incidencia en la explotación de una planta depuradora de aguas residuales.

El coste de energía eléctrica se divide en dos términos: uno fijo, debido a la tarifa sobre la potencia instalada, y que es independiente del consumo y del caudal de tratamiento, y otro variable, que es el coste de consumo de energía eléctrica en Kw por hora.

Según la Orden ITC/1659/2009, de 22 de junio, los términos de potencia y de energía para una contratación tipo 3.0.2 (contratación  $\geq 15$  kW) es:

### Tarifa 3.0.2 general, potencia >15kW

- Término de potencia: 2,048996 €/kW/mes
- Término de energía €/kWh:

**Horas llanas** (12): 0,133798 €/Kwh

**Horas punta** (4): 0,165604 €/Kwh

**Horas valle** (8): 0,090852 €/Kwh

Para realizar el cálculo de la potencia y consumo de energía eléctrica de las diferentes estaciones depuradoras, se van a tener en cuenta el sistema de aireación del reactor biológico, el sistema de agitación de los tanques anóxicos y el conjunto de bombas necesario para la circulación de los diferentes caudales. No se van a considerar el resto de elementos que consumen energía ya que no supondrán una gran diferencia entre las distintas depuradoras.

#### 8.2.1 Término de Potencia

La potencia a instalar para el sistema de aireación, así como la del sistema de agitación, viene dado por DESASS 7.1 ya que se calcula en las simulaciones. Por otro lado se hace necesario el cálculo de los grupos de bombeo del tratamiento biológico.

Para poder realizar los cálculos tanto de la potencia como del consumo, primero se ha calculado la potencia necesaria para el bombeo mediante la siguiente expresión:

La expresión que proporciona la potencia de los grupos de bombeo viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_g \left( \frac{J}{s} \right) = q_{imp} \cdot \rho_{liquor} \cdot g \cdot \frac{\left\{ \left[ \left( \frac{(L + L_{eq}) \cdot f \cdot V^2}{D + 2 + g} \right)_{asp} + \left( \frac{(L + L_{eq}) \cdot f \cdot V^2}{D + 2 + g} \right)_{imp} \right] + [Z_1 - Z_2] \right\}}{\mu_{pump}}$$

Figura 18. Fórmula para el cálculo de la potencia de las bombas.

Donde:

$P_g$ , es la potencia requerida en J/s

$\rho_{liquor}$ , es la densidad del licor en kg/m<sup>3</sup>

$q_{imp}$ , es el caudal volumétrico de impulsión en m<sup>3</sup>/s

$g$ , es la gravedad en m/s<sup>2</sup>

$\mu_{pump}$ , es la eficiencia de la bomba que se ha tomado igual a 0,81 al considerar la bomba de alta presión.

$L$ , es la longitud de la tubería en m.

$D$ , es el diámetro en m

$V$ , es la velocidad en m/s

$f$ , es el factor de fricción (adimensional)

$L_{eq}$ , la longitud de tubería equivalente de las caídas de presión puntuales en m

Al no conocer la topografía del terreno, ni la disposición de los diferentes elementos, se va a suponer la pérdida de carga para los diferentes tramos.

Para la potencia de los agitadores se ha calculado con un valor de 20 W/m<sup>3</sup>. El valor de la potencia necesaria para la aireación en cada caso lo da DESASS.

Tabla 17. Cálculo de la potencia a instalar para los sistemas de tratamiento biológico.

Elemento	Caudal a impulsar m <sup>3</sup> /s			Pérdida de carga m	Potencia J/s			Potencia kW		
	Conv	OT	MBR		Conv	OT	MBR	Conv	OT	MBR
Bomba Fango I	0.0015			1	18.45			0.02		
Bomba Fango II	0.1835	0.1815		1.5	3329.99	3294.70		3.33	3.29	
Bomba Purga	0.0029	0.0049	0.0030	0.5	17.60	29.40	18.01	0.02	0.03	0.02
Bomba Fango Digerido	0.0044			0.5	26.87			0.03		
Bomba Fango Espesado	0.0022	0.0024	0.0015	0.5	13.44	14.72	9.00	0.01	0.01	0.01
Bombas RI simulada	0.3786	0.3826	0.7574	1	4581.14	4628.45	9163.73	4.58	4.63	9.16
Bomba Agua Espesador	0.0022	0.0024	0.0015	0.5	13.44	14.72	9.00	0.01	0.01	0.01
Bomba Permeado			0.1864	1			2254.92			2.25
Bombeo tot					8000.93	7981.99	9199.74	8.00	7.98	9.20
Aireación								200	250	315
Agitación								32	72	48
Potencia Total								240.00	329.98	372.20
TOTAL	Valor €/kW/mes			2.048996				5901.13	8113.58	9151.63

Tabla 18. Potencia total instalada de los elementos de bombeo, aireación y agitación.

Potencia kW			
	Conv	OT	MBR
<b>Bombeo total</b>	8.00	7.98	9.20
<b>Aireación</b>	200	250	315
<b>Agitación</b>	32	72	48
<b>Total</b>	240.00	329.98	372.20

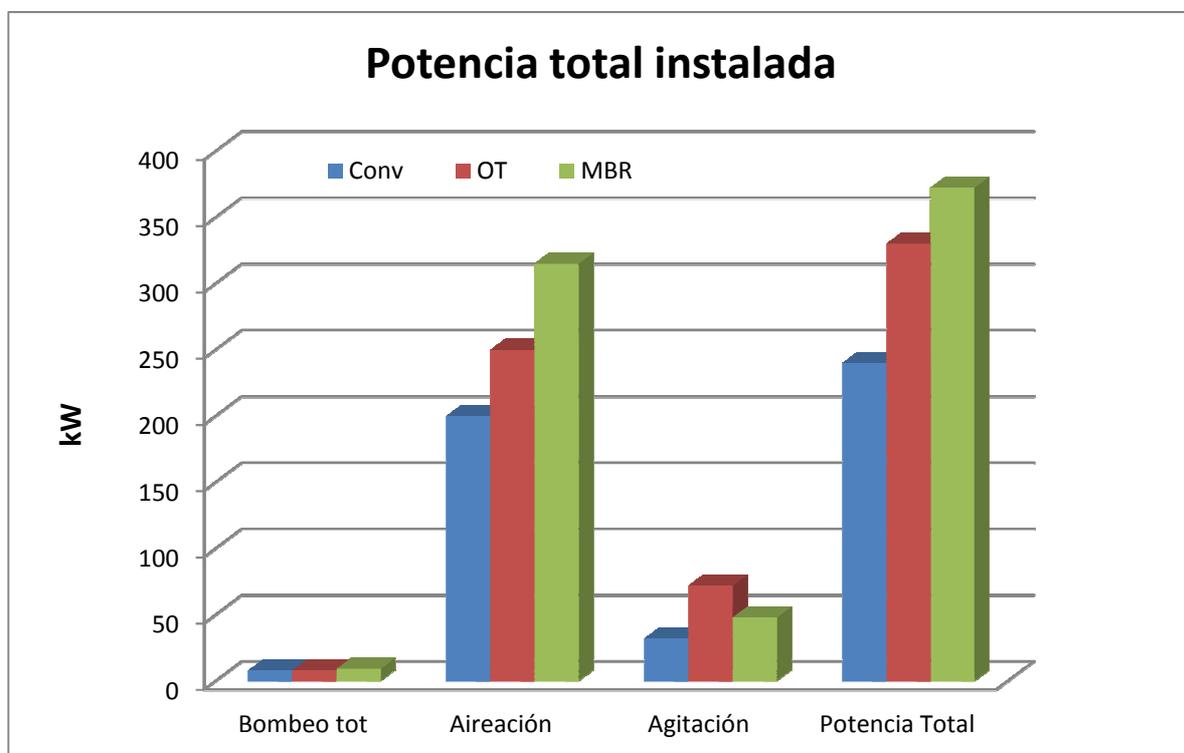


Figura 19. Potencia total instalada.

En la figura 19 se puede observar como la necesidad de potencia recae en los sistemas de bombeo y de aireación. En el caso de los esquemas Convencional y de Oxidación Total, el bombeo es mayor que en el esquema MBR. Esto se debe a que en el esquema de depuración mediante sistema MBR la recirculación interna y externa es la misma.

En el caso de la aireación el RBM es el que más potencia exige. Esto se debe a que aun siendo una planta de menor tamaño, el reactor de membrana necesita una aireación mayor ya que la

concentración de sólidos suspendidos en él es muy alta. Y a que la aireación se utiliza también para agitar la membrana y minimizar ensuciamientos.

Multiplicando por el valor del término de potencia se obtiene un coste anual:

Tabla 19. Coste anual del término de potencia.

	Conv	OT	MBR
<b>TOTAL €/año</b>	5901.13	8113.58	9151.63

### 8.2.2 Término de Energía

Hay aparatos en los que no se puede influir debido a que su funcionamiento dependerá de la demanda, es el caso de la recirculación de fango o la recirculación interna. Por otro lado también están los aparatos sobre los que es posible seleccionar el horario de funcionamiento como es la deshidratación de fangos. De esta manera se puede optimizar el consumo energético aprovechando las horas en valle y llano. En este trabajo, sin embargo, se han distinguido los tramos horarios para todos los aparatos de la misma forma ya que se trata de hacer una comparación de los gastos.

Tabla 20. Cálculo de los costes de energía para cada sistema de tratamiento.

	Equipo	Potencia (kW)	Tiempo (horas)				Energía (kWh)			Costes (€/día)			
			Valle	Llano	Punta	Total	Valle	Llano	Punta	Valle	Llano	Punta	Total
Altrnativa I	Bomba Fango I	0.002	8	12	4	24	0.012	0.018	0.006	0.001	0.002	0.001	0.005
	Bomba Fango II	0.183	8	12	4	24	1.468	2.202	0.734	0.133	0.295	0.122	0.550
	Bomba Purga	0.003	8	12	4	24	0.023	0.035	0.012	0.002	0.005	0.002	0.009
	Bomba Fango Digerido	0.004	8	12	4	24	0.036	0.053	0.018	0.003	0.007	0.003	0.013
	Bomba Fango Espesado	0.002	8	12	4	24	0.018	0.027	0.009	0.002	0.004	0.001	0.007
	Bombas RI simulada	0.379	8	12	4	24	3.029	4.544	1.515	0.275	0.608	0.251	1.134
	Bomba Agua Espesador	0.002	8	12	4	24	0.018	0.027	0.009	0.002	0.004	0.001	0.007
	Aireación		8	12	4	24	2836.621						353.964
	Agitación		8	12	4	24	32.000			2.907	4.282	5.299	12.488
	Subtotal	214.575											368.175
	<b>Total Consumo Eléctrico €/año</b>											<b>134384.0</b>	
Altrnativa II	Bomba Fango II	0.182	8	12	4	24	1.452	2.179	0.726	0.132	0.291	0.120	0.544
	Bomba Purga	0.005	8	12	4	24	0.039	0.058	0.019	0.004	0.008	0.003	0.015
	Bomba Fango Espesado	0.002	8	12	4	24	0.019	0.029	0.010	0.002	0.004	0.002	0.007
	Bombas RI simulada	0.383	8	12	4	24	3.060	4.591	1.530	0.278	0.614	0.253	1.146
	Bomba Agua Espesador	0.002	8	12	4	24	0.019	0.029	0.010	0.002	0.004	0.002	0.007
	Aireación		8	12	4	24	2624.134						327.449
	Agitación		8	12	4	24	72.000			6.541	9.633	11.923	28.098
	Subtotal	456.149											357.266
	<b>Total Consumo Eléctrico €/año</b>											<b>130402.0</b>	
Altrnativa III	Bomba a Espesador	0.003	8	12	4	24	0.024	0.036	0.012	0.002	0.005	0.002	0.009
	Bomba Fango Espesado	0.001	8	12	4	24	0.012	0.018	0.006	0.001	0.002	0.001	0.004
	Bombas RI simulada	0.757	8	12	4	24	6.059	9.089	3.030	0.550	1.216	0.502	2.268
	Bomba Agua Espesador	0.001	8	12	4	24	0.012	0.018	0.006	0.001	0.002	0.001	0.004
	Bomba Permeado	0.186	8	12	4	24	1.491	2.237	0.746	0.135	0.299	0.123	0.558
	Aireación		8	12	4	24	3320.965						414.402
	Agitación		8	12	4	24	48.000			4.361	6.422	7.949	18.732
	Subtotal	306.950											435.970
	<b>Total Consumo Eléctrico €/año</b>											<b>159132.2</b>	

Tabla 21. Coste anual del consumo energético.

	€/año
Conv.	134384.03
OT	130402.05
MBR	159132.21

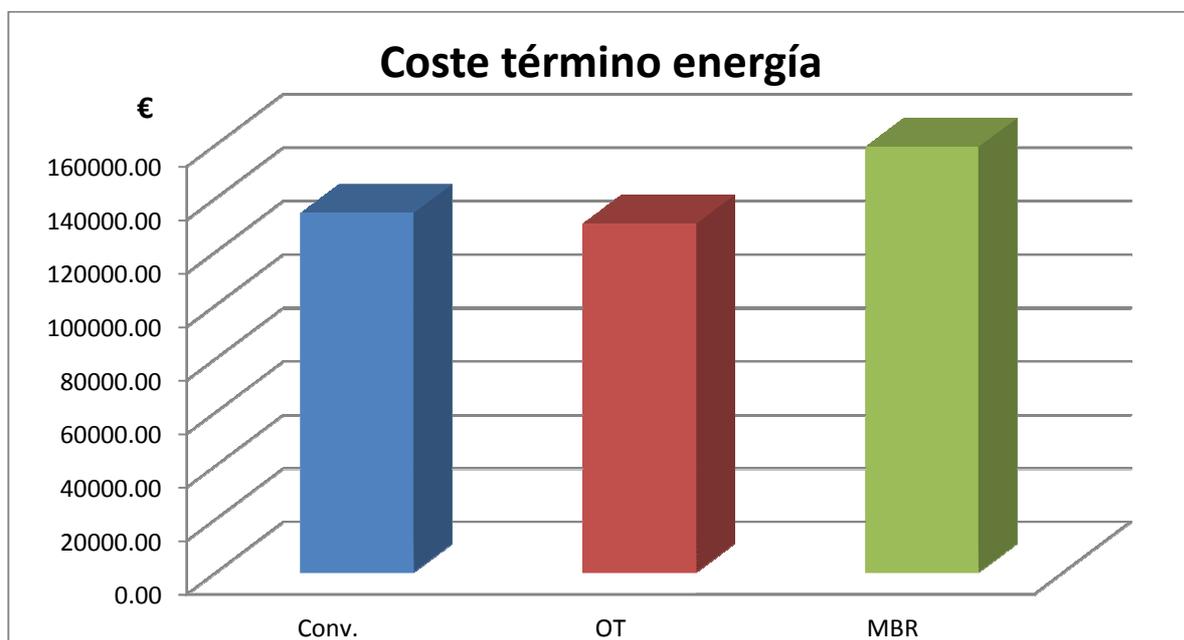


Figura 20. Término de energía.

La gran diferencia que se aprecia entre el consumo energético del sistema de depuración mediante membranas y los otros dos casos, se debe a la necesidad de aireación del tanque donde se encuentran los filtros de membrana para el buen funcionamiento de estos y al consumo derivado de la recirculación interna.

Debido a los altos TRC, resultado de la inhibición de las bacterias autótrofas, causada por los altos niveles de sales en el agua, y por la baja temperatura, se necesita un gran volumen de digestor aerobio en el tratamiento convencional. Como consecuencia de esto, aumenta en gran medida el caudal de aire necesario para airear el fango aumentando a su vez el consumo energético.

### 8.3 Gestión de fangos

Otro de los resultados que proporciona el programa DESASS es la producción de fango en cada una de las alternativas. Como se puede observar en la Tabla 22, la producción de fango en las tres plantas es prácticamente igual. Esto hará que los costes de gestión de los residuos, procedentes de la deshidratación, no sean significativos.

Tabla 22. Producción de fangos.

	<b>Caudal de fango deshidratado</b>	<b>Concentración de sólidos Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Producción de fangos Kg/día</b>
<b>Conv</b>	12.73	250	<b>3182.5</b>
<b>OT</b>	12.57		<b>3142.5</b>
<b>MBR</b>	12.81		<b>3202.5</b>

Para el cálculo de los costes de evacuación del fango producido, se ha optado por la reutilización de éste para agricultura. Según datos bibliográficos se ha elegido el precio de gestión de 0.012 €/Kg de residuo seco.

Tabla 23. Coste anual de la evacuación de los lodos deshidratados.

	<b>Prod Kg/día</b>	<b>Precio gestión €/kg</b>	<b>Coste de Gestión €/año</b>
<b>Conv</b>	3198.50	0.012	14009.41
<b>OT</b>	3158.31		13833.38
<b>MBR</b>	3218.57		14097.34

Al no haber una gran diferencia entre los valores de fango producido, no hay una diferencia significativa de los costes de gestión de estos.

## 8.4 Reactivos utilizados

### 8.4.1 Cloruro férrico para la precipitación del fósforo

Al no poder realizar la eliminación de fósforo por vía biológica, el consumo de  $\text{FeCl}_3$  será un gasto económico importante a la hora de gestionar cualquiera de las alternativas planteadas. La tabla 24 muestra los cálculos de los costes. Como se puede observar se ha fijado una concentración del precipitante común para las tres plantas, se ha ido probando caudales de precipitantes en DESASS hasta conseguir ajustar el valor de P al límite permitido.

Tabla 24. Coste anual de reactivo.

	Concentración $\text{FeCl}_3$ mg/l	Caudal precipitante m <sup>3</sup> /día	Consumo reactivo Kg/día	Coste reactivo €/Tn	Coste reactivo €/día	Coste reactivo €/año
<b>Conv.</b>	50000	18.2	910	175	159.25	<b>58126.25</b>
<b>OT</b>		18.5	925		161.87	<b>59084.38</b>
<b>MBR</b>		15.7	785		137.37	<b>50141.88</b>

Como se ve reflejado la tabla 24, la diferencia mayor se da entre la es sistema de oxidación total, que utiliza 925 Kg/día y el sistema con MBR, que utiliza 785 Kg/día. Esta diferencia de 140 Kg de  $\text{FeCl}_3$  al día equivale a 8942.5 € menos de gasto anual para el MBR. También es importante la diferencia entre el convencional y el MBR que da un gasto anual de 7984.37 € más para el convencional.

### 8.4.2 Polielectrolito para la deshidratación de fango

En la siguiente tabla se encuentra el cálculo del polielectrolito necesario para la deshidratación de los fangos.

Tabla 25. Coste anual de polielectrolito.

	Fango Espesado Kg/día	Consumo Polielectrolito Kg/TMS	Consumo Polie. Kg/día	Coste de Polielec. €/Tn	Coste anual Polielec. €/año
<b>Conv</b>	3199.3	5	16.0	2360	<b>13779.39</b>
<b>OT</b>	3161.4		15.8		<b>13616.15</b>
<b>MBR</b>	3214.3		16.1		<b>13843.99</b>

Al ser muy parecidos los valores de los fangos producidos en los tres sistemas de depuración, sus diferencias en el coste de polielectrolito para la su deshidratación será, igual que el coste de gestión de estos fangos, no significativo a la hora de tomar una decisión.

### 8.5 Resumen de los costes y análisis de los resultados

A continuación se va a analizar los costes en conjunto para poder seleccionar la planta depuradora para el término municipal de Benicarló. El criterio principal para realizar esta selección será el económico. Al tener una parcela suficientemente grande para la construcción de cualquiera de los tres esquemas, la reubicación de la planta no será una opción, ya que esto conllevaría un gasto mucho mayor debido a la necesidad de construcción de un nuevo colector y una estación de bombeo para el agua residual del municipio.

Para el coste total de ejecución se calcula la amortización a 20 años con el método de amortización francés, con un interés del 4.5.

$$I_k = \frac{i_k}{100 \cdot k}$$

$$M_k = 1 + I_k.$$

Cuota periodica:

$$a = C \cdot \frac{I_k \cdot M_k^{nk}}{M_k^{nk} - 1}$$

La tabla 26 muestra los resultados de los cálculos de la amortización a 20 años:

Tabla 26. Amortización a 20 años de las plantas. Cuotas mensuales y anuales

Cuota mensual	Cuota anual €/año
12616.0737	151392.884
14391.0582	172692.698
16195.8886	194350.663

De esta forma, como se resume en la tabla 27, los costes anuales de la planta durante los primeros 20 años serán:

Tabla 27. Valor de los costes anuales de ejecución y de explotación de cada planta.

	Costes €/año					
	Total Ejecución	Energía	Reactivos	Gestión fangos	Total Explotación	Total
<b>Conv</b>	151392.88	140285.16	71905.6	14009.4	226200.2	377593.1
<b>OT</b>	172692.69	138515.63	72700.5	13833.4	225049.5	397742.2
<b>MBR</b>	194350.66	168283.84	63985.9	14097.3	246367.0	440717.7

Para la comparación de las tres alternativas se va a tener en cuenta los costes de ejecución y de explotación. En lo que a gastos de explotación se refiere, se va a centrar la atención en los costes que generan la energía y los reactivo, ya que los de gestión de fangos son prácticamente iguales, como ya se ha comentado anteriormente.

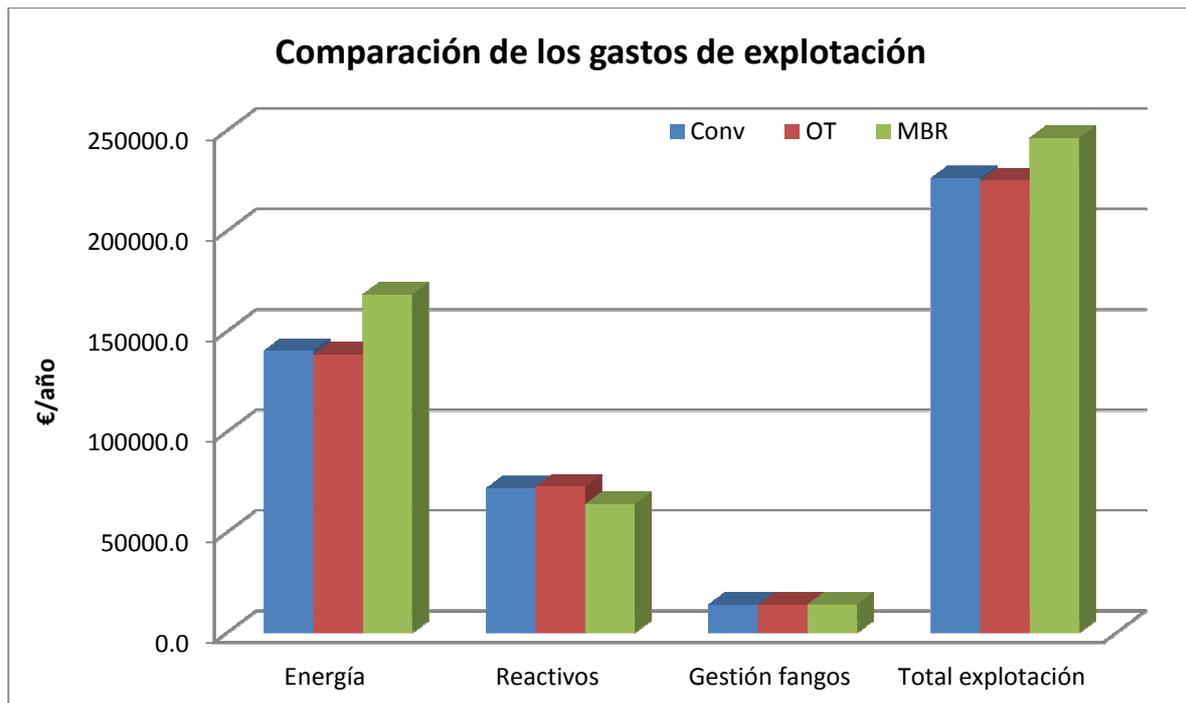


Figura 21. Comparación de los gastos de explotación.

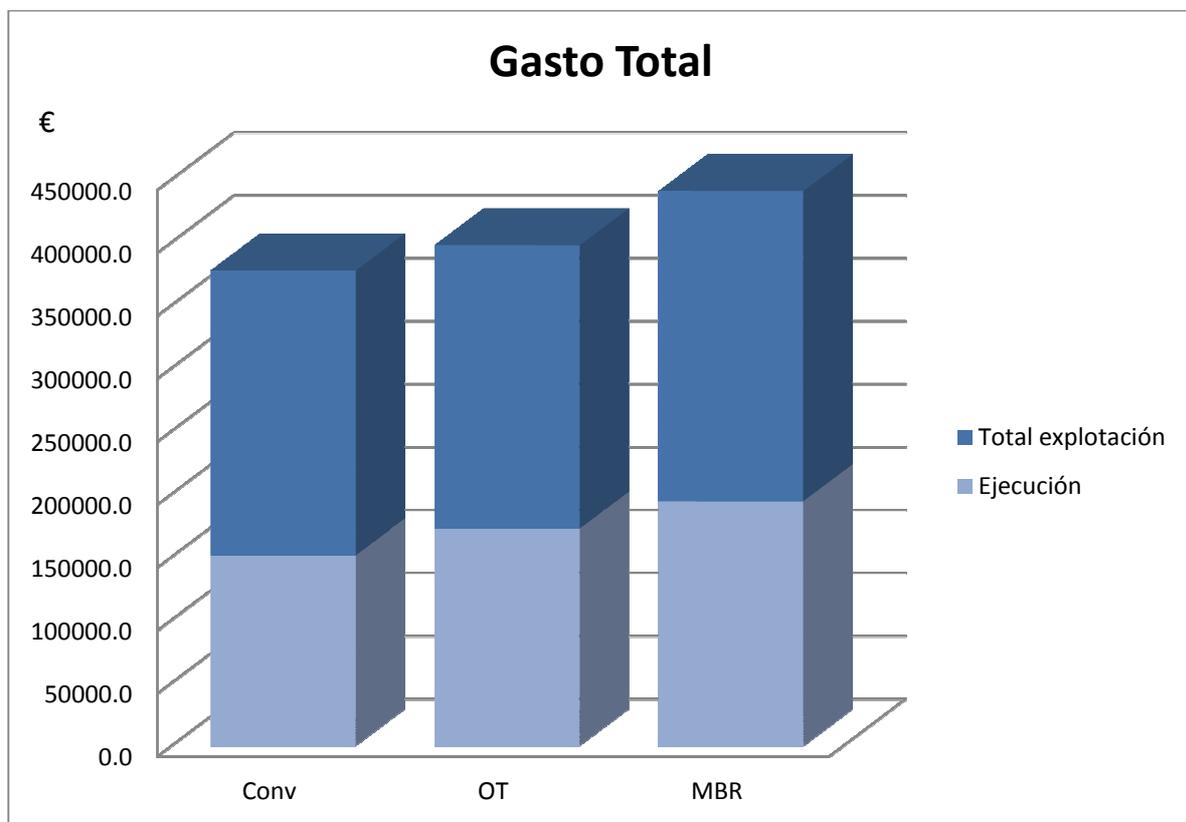


Figura 22. Gasto de explotación y de ejecución.

Debido a que los costes, tanto de ejecución como de explotación, del **Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana** son más elevados que los otros dos esquemas (42957.78 € para la ejecución de la obra y 21317.5 € anuales en su explotación), se va a descartar esta opción.

Como puede verse en la tabla 27, la diferencia en el valor de ejecución entre la planta de **Tratamiento Biológico Convencional** y la de **Oxidación Total** es de 21299.81 € más cara la segunda. Por otro lado el gasto económico de explotación es 1150.7 € más al año en la **Estación Depuradora Convencional**. La diferencia entre estas dos depuradoras se debe sobre todo al consumo de energía que es 1770 € mayor en la estación con esquema convencional. La diferencia en el consumo de reactivos es 794.9 € más en la oxidación total.

Teniendo en cuenta que la diferencia en la ejecución de los proyectos es 21299.81 € y que la diferencia en el valor de explotación es de 1150.7 €, resulta que para que sea más económica la EDAR con **Oxidación Total** que la **Convencional** tendrían que pasar cerca de 18 años.

Es por todo esto que se decide proponer como solución de diseño a la EDAR de Benicarló el esquema de **Tratamiento biológico mediante un proceso convencional, eliminación por vía biológica de nitrógeno, precipitación química de fósforo y digestión aerobia**.

## 9 CONCLUSIONES

Para cumplir con lo establecido en la *Directiva 91/271/CEE del consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas*, donde se recoge los límites de vertido de los diferentes compuestos contaminantes de las aguas residuales urbanas; se hace necesario y obligatorio el diseño y construcción de una planta de depuración de aguas residuales para la población de Benicarló.

La ubicación de la planta depuradora será la misma que la que está construida actualmente en Benicarló. La reubicación de la EDAR conllevaría a un gasto mucho mayor debido a la necesidad de construcción de un nuevo colector hasta la nueva ubicación y de una estación de bombeo.

Los datos de entrada no muestran una estacionalidad en ninguno de los parámetros, los valores más altos y más bajos no se producen siempre los mismos meses del año. La conductividad será un parámetro a tener en cuenta, los altos niveles de sales en el agua de entrada condicionarán el funcionamiento de la EDAR. Este funcionamiento ha sido simulado en DESASS mediante la disminución de la velocidad máxima de crecimiento de las bacterias autótrofas.

El MBR da como resultado una mejor calidad del efluente pero a unos costes que superan los de los otros dos esquemas simulados. El gasto que conlleva la implantación del sistema de membranas es mayor al ahorro que supone la obra civil de una EDAR con este sistema. La necesidad de aireación del reactor de membrana y la necesidad de tener un valor alto de recirculación interna, incrementan mucho el consumo de energía.

El MBR sería una buena solución si hubiese problemas de espacio en esta planta o se pudieran dar en un futuro ya que como se ha comentado con anterioridad, reducen el espacio necesario para la EDAR.

Aun siendo más económico el proceso de oxidación total a nivel energético, deberán pasar 28 años hasta igualarse los costes de ésta EDAR con la convencional.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

1. CEDEX. *XXIV Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras (Tomos I y II)*. Madrid, 2006.
2. Ferrer, J; Seco A. *Tratamientos de las Aguas residuales. Introducción a los Tratamientos de Aguas (tomo I)*. Valencia. España: Servicios de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, 1997.
3. Ferrer, J; Seco A. *Tratamientos de las Aguas residuales. Tratamientos físico químicos (tomo II)*. Valencia, España: Servicios de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia 1997b.
4. Ferrer, J; Seco A. *Tratamientos de las Aguas residuales. Tratamientos biológicos (tomo III)*. Valencia, España: Servicios de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia 1997c.
5. García, F., Ribes, J., Aguado, D., Serralta, J., Ruana, M.V., Seco, A., Ferrer, J. *Diseño y simulación de EDAR mediante el software DESASS*. 1ª Ed. España: Servicios de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, 2011.
6. Judd, Simon. *The MBR Book. Principles and Applications of Membrane Biorreactors in Water and Waste water Treatment*. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford, UK: Elsevier. 2007.
7. Metcalf & Eddy.. *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. 3ª Ed. Madrid: editorial McGraw Hill.,1995.
8. Peral, Pedro. *Diseño de una estación depuradora de aguas residuales con aprovechamiento de energía solar en el Alto Iregua*. La Rioja: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Rioja. 2012
9. Rodríguez, Diego. *Construcción y explotación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Arzúa*. Madrid: Universidad Pontífica Comillas. 2009
10. Stensel, H. D. *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and practice*. 2º Ed., Richard I. Sedlak Editions. 1991. ISBN 0- 87371-683-3
11. Trapote, Arturo. *Depuración de Aguas Residuales Urbanas*. 1ª Ed. España: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2011
12. You S. J., Hsu C. L., Chuang S. H. and Ouyang C. F. *Nitrification efficiency and nitrifying bacteria abundance in combined AS-RBC and A2O systems*. En: Water Research. Vol. 37, 2003; p. 2281-22

Las páginas principales de internet que se han consultado durante la fase de documentación del proyecto se indican a continuación. La última fecha de consulta ha sido agosto de 2013

<http://cartoweb.cma.gva.es/visor/>

<http://www.burela.org/agenda21/04-06.htm>

<http://www.miliarium.com/Proyectos/Depuradoras/introduccion/edar.asp>

<http://www.ajuntamentdebenicarlo.org/>

[http://www.holidaycheck.es/climate-wetter\\_Benicarlo-ebene\\_oid-id\\_2575.html](http://www.holidaycheck.es/climate-wetter_Benicarlo-ebene_oid-id_2575.html)



## **Anexo I Datos EPSAR**

**MEDIAS MENSUALES DE PARTES DE ANALÍTICA (CONTROL)**  
 DEL 01/01/2007 AL 31/12/2007

	VOLUMEN TOTAL m <sup>3</sup>	pH		TURBIDEZ		COND S µs/cm	V60 Eu ml/l	SS			DBO			DQO			NT			PT			FANGOS			
		Eu Ud	S Ud	Eu Unt	S Unt			Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	pH	MV	MS	
<b>U.C.: E.S. BENICARLO</b>																										
<b>2007</b>																										
Ene	320.307	7,70		183		11.510	6	310				220			508			51,00			19,00					
Feb	494.445	7,70		130		19.020	5	338				190			372			27,00			10,00					
Mar	682.017	7,40		64		26.300	2	157				80			287			25,00			8,80					
Abr	594.654	7,60		54		25.500	2	115				100			481			32,00			5,50					
May	522.153	7,80		102		21.000	2	198				200			369			44,00			8,60					
Jun	311.217	7,88		78		7.750	3	146				160			388			36,00			17,00					
Jul	330.966	8,10		130		9.030	4	274				190			484			48,00			15,00					
Ago	373.188	7,60		112		4.890	5	223				240			540			50,00			17,00					
Sep	346.416	8,00		128		4.130	7	243				210			464			44,00			11,00					
Oct	566.559	7,70		75		5.310	3	228				200			328			51,00			7,30					
Nov	503.031	7,90		137		12.860	7	252				240			453			51,00			11,00					
Dic	439.365	8,30				2.280	8	307				460			763			89,00			11,00					
TOTAL POR U.C.	5.484.318																									
MEDIA	457.027	7,77		102		13.911	4	226				199			440			44,38			10,89					
M. DIARIA (m <sup>3</sup> /día)	15.026																									

**MEDIAS MENSUALES DE PARTES DE ANALÍTICA (CONTROL)**  
 DEL 01/01/2008 AL 31/12/2008

	VOLUMEN TOTAL m <sup>3</sup>	pH		TURBIDEZ		COND S µs/cm	V60 Eu ml/l	SS			DBO			DQO			NT			PT			FANGOS			
		Eu Ud	S Ud	Eu Unt	S Unt			Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	Eu	S	Ru	pH	MV	MS	
<b>U.C.: E.S. BENICARLO</b>																										
<b>2008</b>																										
Ene	426.312	7,80		59		6.830	5	176				160			267			38,00			8,20					
Feb	445.800	8,00		66		6.680	4	185				90			283			29,00			4,50					
Mar	600.630	7,60		38		6.470	1	109				110			257			29,00			6,60					
Abr	504.927	7,80		244		9.850	8	637				280			489			48,00			8,90					
May	479.337	7,90		131		8.230	5	255				190			456			42,00			9,72					
Jun	471.975	8,10		97		6.900	5	215				250			497			58,00			9,93					
Jul	478.970	8,10		120		5.810	6	212				200			479			52,00			11,50					
Ago	480.804	7,80		161		2.510	10	280				300			641			60,00			9,30					
Sep	402.714	8,00		152		5.050	7	463				290			528			47,00			12,70					
Oct	510.711	7,90		95		2.590	2	110				120			271			35,00			8,70					
Nov	472.662	8,00		128		4.690	5	222				270			493			47,00			1,97					
Dic	469.257	7,70		104		7.940	0	178				210			410			49,00			9,89					
TOTAL POR U.C.	5.744.099																									
MEDIA	478.675	7,88		115		6.135	5	250				204			419			44,23			8,43					
M. DIARIA (m <sup>3</sup> /día)	15.694																									

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALCIÓN: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: enero de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO					
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)			
1	13.620																											
2	14.982																											
3	12.939																											
4	19.536																											
5	12.258																											
6	13.620																											
7	13.620																											
8	15.663																											
9	16.800																											
10	15.663																											
11	12.939																											
12	12.258	8,00		3.130	135		6	233			230			463			71,00			9,76								
13	13.620																											
14	14.301																											
15	13.620																											
16	14.982																											
17	14.301																											
18	15.663																											
19	12.939																											
20	14.982																											
21	14.982																											
22	14.301																											
23	13.620																											
24	13.620																											
25	15.663																											
26	16.800																											
27	15.663																											
28	14.982																											
29	14.982																											
30	14.982																											
31	16.344																											
MEDIA	14.653	8,00	0,00	3.130	135	0	6	233	0	0	230	0	0	463	0	0	71,00	0,00	0	9,76	0,00	0						
TOTAL	454.245																											

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALCIÓN: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: febrero de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO					
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)			
1	18.168																											
2	19.080																											
3	16.800																											
4	18.624																											
5	18.168																											
6	17.256																											
7	18.168																											
8	15.663																											
9	14.301																											
10	15.663																											
11	14.301																											
12	14.982																											
13	15.663																											
14	16.344																											
15	14.301																											
16	14.982																											
17	14.982																											
18	14.982																											
19	14.301																											
20	14.301																											
21	14.301																											
22	12.939																											
23	12.939																											
24	14.301																											
25	13.620																											
26	14.982	8,20		5.510	171		8	258			360			617			55,00			12,60								
27	16.344																											
28	14.982																											
MEDIA	15.551	8,20	0,00	5.510	171	0	8	258	0	0	360	0	0	617	0	0	55,00	0,00	0	12,60	0,00	0						
TOTAL	435.438																											

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALACIÓN: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: marzo de 2009

Día	CAUDAL		pH		CONDUCT.		TURBIDEZ		V60			SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO		
	Vol. Diario (m³)	E (Ud)	S (Ud)	S (µs/cm)	E (Unt)	S (Unt)	E (ml/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)		
1	16.344																												
2	12.939																												
3	16.344																												
4	19.536																												
5	16.344																												
6	13.620																												
7	14.301																												
8	15.663																												
9	15.663																												
10	14.982																												
11	12.939																												
12	13.620																												
13	13.620																												
14	14.301																												
15	15.663																												
16	14.301																												
17	14.301																												
18	12.939																												
19	12.939																												
20	12.939																												
21	14.301																												
22	15.663																												
23	14.301																												
24	13.620																												
25	14.982	7,70			3.420	185			11	318				420				725				73,00			25,00				
26	14.301																												
27	13.620																												
28	14.982																												
29	16.344																												
30	16.344																												
31	23.640																												
MEDIA	15.013	7,70	0,00		3.420	185	0	11	318	0	0	420	0	0	725	0	0	73,00	0,00	0	25,00	0,00	0						
TOTAL	465.396																												

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALACIÓN: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: abril de 2009

Día	CAUDAL		pH		CONDUCT.		TURBIDEZ		V60			SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO		
	Vol. Diario (m³)	E (Ud)	S (Ud)	S (µs/cm)	E (Unt)	S (Unt)	E (ml/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)		
1	18.168																												
2	18.624																												
3	19.080																												
4	14.982																												
5	14.301	7,70			2.750	150			6	255				320				548				69,00			8,82				
6	14.982																												
7	13.620																												
8	25.920																												
9	14.301																												
10	16.800																												
11	19.992																												
12	19.992																												
13	12.939																												
14	15.663																												
15	15.663																												
16	16.800																												
17	14.982																												
18	14.301																												
19	16.344																												
20	16.344																												
21	16.344																												
22	15.663																												
23	14.301																												
24	14.301																												
25	17.256																												
26	15.663																												
27	14.982																												
28	14.982																												
29	15.663																												
30	14.301																												
MEDIA	16.242	7,70	0,00		2.750	150	0	6	255	0	0	320	0	0	548	0	0	69,00	0,00	0	8,82	0,00	0						
TOTAL	487.254																												

**PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)**

INSTALCIÓ: E.S. BENICARLO

MES/AÑO: mayo de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DQO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO		
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)
1	17.256																								
2	13.620																								
3	13.620																								
4	13.620																								
5	14.982																								
6	13.620																								
7	14.301																								
8	11.577																								
9	13.620																								
10	12.939																								
11	13.620																								
12	14.982																								
13	8.853																								
14	9.534																								
15	10.896																								
16	10.896																								
17	10.896																								
18	10.215																								
19	10.896	7,80		3.980	123		7	255			260			462			48,00			9,14					
20	8.853																								
21	10.896																								
22	10.215																								
23	10.896																								
24	10.896																								
25	9.534																								
26	12.258																								
27	8.172																								
28	8.172																								
29	8.853																								
30	6.810																								
31	8.172																								
MEDIA	11.409	7,80	0,00	3.980	123	0	7	255	0	0	260	0	0	462	0	0	48,00	0,00	0	9,14	0,00	0			
TOTAL	353.670																								

**PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)**

INSTALCIÓ: E.S. BENICARLO

MES/AÑO: junio de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DQO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO		
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)
1	6.810																								
2	8.172																								
3	8.853																								
4	6.810																								
5	8.172																								
6	10.215																								
7	12.258																								
8	6.810	8,00		3.210	123		6	217			240			424			40,00			8,32					
9	12.258																								
10	12.258																								
11	12.258																								
12	12.939																								
13	12.939																								
14	12.939																								
15	10.896																								
16	9.534																								
17	9.534																								
18	10.215																								
19	8.853																								
20	10.896																								
21	8.853																								
22	9.534																								
23	8.172																								
24	11.577																								
25	6.810																								
26	7.491																								
27	9.534																								
28	9.534																								
29	9.534																								
30	6.810																								
MEDIA	9.716	8,00	0,00	3.210	123	0	6	217	0	0	240	0	0	424	0	0	40,00	0,00	0	8,32	0,00	0			
TOTAL	291.468																								

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALACIÓN: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: julio de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FOSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO			
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)	
1	8.853																									
2	9.534	8,00		4.340	523		26	1.030				460			1.120			59,00			33,40					
3	10.896																									
4	11.577																									
5	7.491																									
6	8.172																									
7	8.172																									
8	10.215																									
9	11.577																									
10	10.896																									
11	11.577																									
12	12.258																									
13	8.853																									
14	10.215																									
15	8.172																									
16	5.448																									
17	7.491																									
18	12.939																									
19	9.534																									
20	8.853																									
21	9.534																									
22	10.896																									
23	9.534																									
24	10.215																									
25	10.896																									
26	8.853																									
27	8.172																									
28	9.534																									
29	12.258																									
30	8.172																									
31	16.800																									
MEDIA	9.922	8,00	0,00	4.340	523	0	26	1.030	0	0	460	0	0	1.120	0	0	59,00	0,00	0	33,40	0,00	0				
TOTAL	307.587																									

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALACIÓN: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: agosto de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FOSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO			
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)	
1	9.534																									
2	13.620																									
3	12.939																									
4	17.712																									
5	12.939																									
6	14.301																									
7	12.258																									
8	12.939																									
9	11.577																									
10	12.258																									
11	11.577																									
12	10.896	7,80		1.980	212		12	322			340			609			55,00			7,88						
13	11.577																									
14	12.258																									
15	12.939																									
16	11.577																									
17	11.577																									
18	10.896																									
19	12.939																									
20	10.896																									
21	11.577																									
22	12.258																									
23	12.258																									
24	10.896																									
25	11.577																									
26	14.301																									
27	10.896																									
28	12.258																									
29	11.577																									
30	12.939																									
31	11.577																									
MEDIA	12.236	7,80	0,00	1.980	212	0	12	322	0	0	340	0	0	609	0	0	55,00	0,00	0	7,88	0,00	0				
TOTAL	379.323																									

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALCIÓ: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: septiembre de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m³)	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DQO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO			
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)	
1	12.939																									
2	12.939																									
3	14.301																									
4	14.301																									
5	14.982																									
6	12.258																									
7	12.939																									
8	16.344																									
9	12.939																									
10	13.620																									
11	13.620																									
12	14.982																									
13	12.939																									
14	14.301																									
15	14.301																									
16	14.982																									
17	16.800																									
18	17.712																									
19	17.256																									
20	14.301																									
21	13.620																									
22	12.939																									
23	9.534	7,19		4.640	110		3	164				190			388			60,00			11,60					
24	8.172																									
25	12.258																									
26	12.939																									
27	12.939																									
28	10.896																									
29	20.448																									
30	34.932																									
MEDIA	14.581	7,19	0,00	4.640	110	0	3	164	0	0	190	0	0	388	0	0	60,00	0,00	0	11,60	0,00	0				
TOTAL	437.433																									

PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)  
 INSTALCIÓ: E.S. BENICARLO  
 MES/AÑO: octubre de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m³)	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DQO			NITRÓGENO T.			FÓSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO			
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)	
1	24.552																									
2	16.344																									
3	12.258																									
4	14.301																									
5	13.620																									
6	14.301	6,72		6.150	110		6	126			190			437			52,00			9,00						
7	12.258																									
8	12.258																									
9	13.620																									
10	10.896																									
11	10.215																									
12	9.534																									
13	12.258																									
14	11.577																									
15	12.939																									
16	17.712																									
17	11.577																									
18	13.620																									
19	12.258																									
20	13.620																									
21	12.939																									
22	15.663																									
23	17.256																									
24	14.301																									
25	13.620																									
26	12.258																									
27	12.258																									
28	12.939																									
29	13.620																									
30	13.620																									
31	13.620																									
MEDIA	13.607	6,72	0,00	6.150	110	0	6	126	0	0	190	0	0	437	0	0	52,00	0,00	0	9,00	0,00	0				
TOTAL	421.812																									

**PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)**

INSTALCIÓN: E.S. BENICARLO

MES/AÑO: noviembre de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FOSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO		
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)
1	12.258																								
2	12.258																								
3	11.577																								
4	10.896																								
5	12.258																								
6	10.896																								
7	11.577																								
8	14.301																								
9	10.896																								
10	10.896																								
11	8.853																								
12	13.620																								
13	10.215																								
14	13.620																								
15	12.258																								
16	10.215																								
17	12.258																								
18	12.258																								
19	14.982																								
20	12.258																								
21	12.258																								
22	12.258																								
23	10.896																								
24	12.258																								
25	11.577																								
26	12.939																								
27	11.577																								
28	11.577																								
29	8.853	7,28		1.895	76		0	70			180			427			60,00			5,60					
30	12.939																								
MEDIA	11.849	7,28	0,00	1.895	76	0	0	70	0	0	180	0	0	427	0	0	60,00	0,00	0	5,60	0,00	0			
TOTAL	355.482																								

**PARTE MENSUAL DE ANALÍTICA (CONTROL)**

INSTALCIÓN: E.S. BENICARLO

MES/AÑO: diciembre de 2009

Día	CAUDAL Vol. Diario (m <sup>3</sup> )	pH		CONDUCT. S (µs/cm)	TURBIDEZ		V60 E (ml/l)	SS			DBO5			DOO			NITRÓGENO T.			FOSFORO T.			FANGO DESHIDRATADO		
		E (Ud)	S (Ud)		E (Unt)	S (Unt)		E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	E (mg/l)	S (mg/l)	R (%)	pH (Ud)	MV (%)	MS (%)
1	12.258																								
2	11.577																								
3	17.712																								
4	20.904																								
5	17.256																								
6	14.982																								
7	12.939																								
8	16.344																								
9	16.344																								
10	10.896																								
11	10.896																								
12	10.896																								
13	10.215	8,00		5.800	150		1	270			220			589			38,00			7,60					
14	14.982																								
15	10.896																								
16	20.448																								
17	16.800																								
18	13.620																								
19	11.577																								
20	12.258																								
21	11.577																								
22	12.939																								
23	8.172																								
24	14.301																								
25	14.301																								
26	15.663																								
27	13.620																								
28	13.620																								
29	12.939																								
30	8.853																								
31	7.491																								
MEDIA	13.461	8,00	0,00	5.800	150	0	1	270	0	0	220	0	0	589	0	0	38,00	0,00	0	7,60	0,00	0			
TOTAL	417.276																								



## **Anexo III Otros datos**

## V. Anuncios

### A. Anuncios de licitaciones públicas y adjudicaciones

#### OTROS PODERES ADJUDICADORES

**7886** *Anuncio de Aguas del Añarbe-Añarbeko Urak, S.A., sobre la adjudicación de los contratos de suministro de reactivos químicos con destino a la EDAR de Loiola.*

1. Entidad adjudicadora:
  - a) Organismo: Aguas del Añarbe-Añarbeko Urak, S.A. (AGASA).
2. Objeto del contrato:
  - a) Tipo: Suministro.
  - b) Descripción: Suministro de reactivos químicos.
  - c) Lote: Sí. 1) Hidróxido sódico; 2) hipoclorito sódico; 3) ácido sulfúrico; 4) cloruro férrico; 5) polielectrolito para la deshidratación de lodos; 6) polielectrolito para el espesamiento de lodos.
4. Presupuesto base de licitación. Importe total: (Anual): 478.209,16 € (IVA incluido). euros.
5. Adjudicación:
  - a) Fecha: 24 de febrero de 2011.
  - b) Contratista: Acideka, S.A. (lotes 1, 2 y 3); Kemira Ibérica Sales & Marketing, S.L. (lote 4); SNF Floerger Ibérica, S.L. (lotes 5 y 6).
  - c) Importe o canon de adjudicación. Importe total: 217,30 €/tonelada (lote 1); 167,50 €/tonelada (lote 2); 268,00 €/tonelada (lote 3); 175,00 €/tonelada (lote 4); 2.360,00 €/tonelada (lote 5); 2.360,00 €/tonelada (lote 6). (En todos los casos, IVA excluido).

San Sebastián, 24 de febrero de 2011.- Enrique Noain Cendoya, Presidente de AGASA.

ID: A110013780-1



# PURON<sup>®</sup> HOLLOW FIBER MODULES

*Hollow Fiber Submerged Membrane Modules for MBR Applications*

## PRODUCT DESCRIPTION

Membrane Chemistry:	Proprietary PVDF
Membrane Type:	PVDF-1 braided hollow fiber for outside-in operation
Fiber Support Chemistry:	Polyester
Nominal Pore Size:	0.03 µm
Outside Fiber Diameter:	0.1 inch (2.6 mm)
Potting Material:	Proprietary epoxy compound
Module Frame Material:	316 Stainless Steel
Permeate Collection Tube Material:	PVC, PN 10 and PE manifolds
Storage Solution:	Glycerin

## PRODUCT SPECIFICATIONS

Model	Part Number	Membrane Area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
PSH 250	PUR-PSH31-8	2,690 (250)
PSH 500	PUR-PSH31-16	5,380 (500)
PSH 1500	PUR-PSH34-44	16,150 (1500)

## OPERATING & DESIGN INFORMATION\*

Temperature Range:	41 - 104°F (5 - 40°C)
Maximum Filtration Transmembrane Pressure:	9 psi (0.6 bar)
Maximum Backflush Transmembrane Pressure:	9 psi (0.6 bar)
Allowable pH Range for Cleaning	2.0 – 10.5
Maximum Allowed Total Chlorine @ 95°F (35°C) or Lower:	1,000 ppm @ pH 9 or higher during backflush
Maximum Allowed Total Chlorine @ 95°F (35°C) or Lower:	2,000 ppm @ pH 9 or higher during recovery cleaning
Maximum Allowed Total Chlorine Contact:	500,000 ppm-hrs cumulative

\* Consult Process Technology Group for specific applications.

## NOMINAL DIMENSIONS & WEIGHT\*

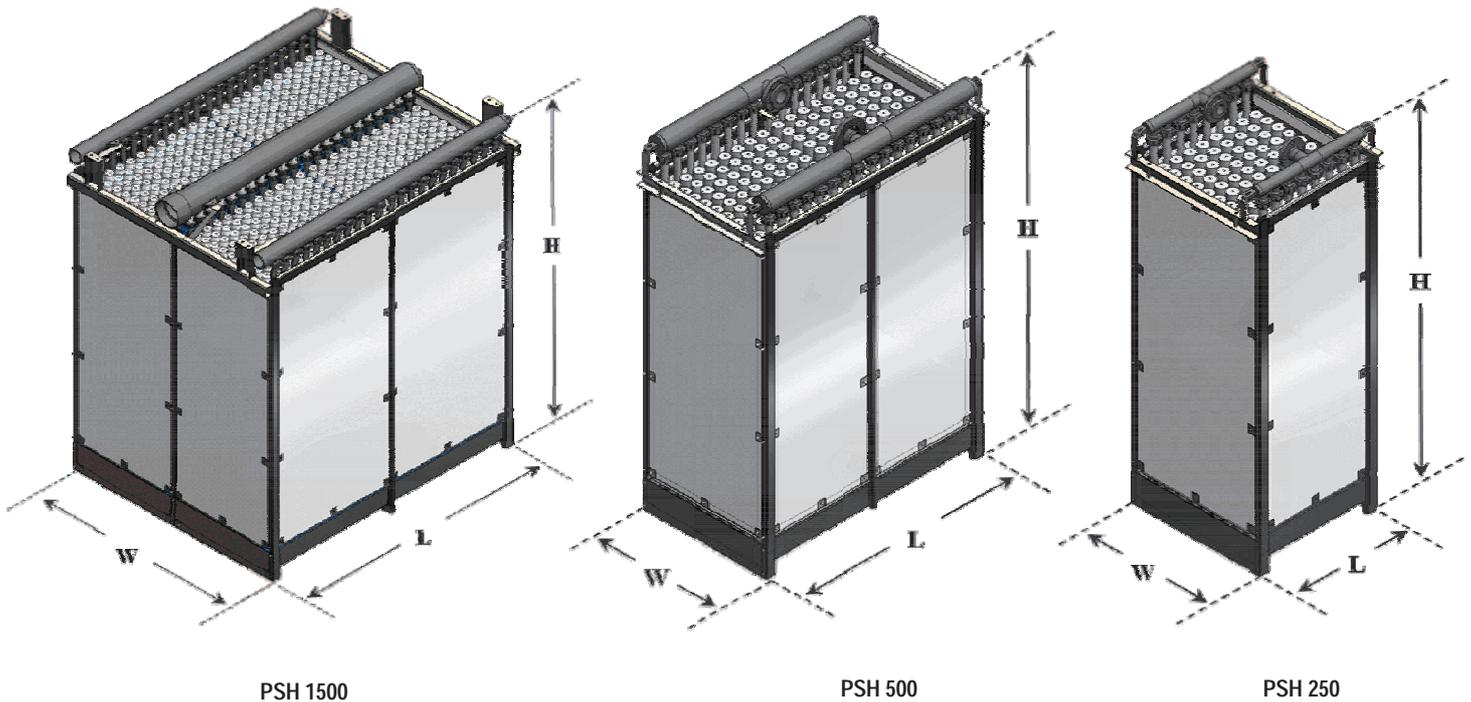
Model	L		W		H		Dry Weight	
	Inches (mm)	(mm)	Inches (mm)	(mm)	Inches (mm)	(mm)	Pounds (kg)	(kg)
PSH 250	35.67	(906)	35.16	(893)	93.82	(2,384)	660	(300)
PSH 500	65.43	(1,662)	35.16	(893)	95.35	(2,422)	1,210	(550)
PSH 1500	88.35	(2,244)	69.10	(1,755)	99.61	(2,530)	2,860	(1,300)

\* See schematic diagrams next page.

## CONNECTIONS

Model	Permeate		Air	
	Type	Outside Diameter (mm)	Type	Outside Diameter (mm)
PSH 250	Flange	DN 50 (2")	Flange	DN 50 (2")
PSH 500	Flange	DN 80 (3")	Flange	DN 80 (3")
PSH 1500	Pipe	Ø 200	Pipe	Ø 110

## PURON® HOLLOW FIBER MODULES



### Module Transport and Storage Conditions:

#### Storage of PURON Modules

Storage of PURON modules should be carried out at ambient temperature (41 to 77°F / 5 to 25°C). Extended exposure to UV source must be avoided. The PURON modules must not be stored for longer than 3 months on site.

#### Transport of PURON Modules

Transport of PURON modules should be carried out at ambient temperature (23 to 113°F / -5 to 45°C).

When the PURON modules are being transported by ship, the PURON module should be placed in seaworthy packaging and stored at ambient temperature, provided that such temperature is between 23 and 113°F (-5 and 45°C).

#### Dry-up Protection

Once the PURON hollow fiber module has been commissioned with an aqueous medium, it should never be stored dry. If the membrane plant is not operated for 7 days or less, the module may be kept wet by keeping it submerged in the biomass, provided the following conditions are met:

- The biomass is healthy and is aerated and the recirculation of biomass over the membrane chamber is functioning properly.
- The module is fully submerged in the biomass.
- The module aeration is switched on every 30 minutes for a period of 1 minute to assure mixing of sludge inside the module.

#### Storage of Used Modules

If the idle period is longer than 7 days, immersion in a storage solution is required. Proceed as follows:

- Submerge the module fully in potable water. Start the aeration for at least 3 to 4 hours, drain the tank and finally refill with fresh water again.
- Add sodium hypochlorite to form a solution of concentration of 10 mg/l total chlorine at pH between 5.5 and 7.5.
- Check the chlorine concentration daily. If the concentration of total chlorine drops below 5 mg/l additional dosage of sodium hypochlorite is necessary.

#### Long-term Storage

If a dry-up cannot be avoided due to transport or if the idle period is longer than 21 days, the module has to be conditioned. Please consult KMS for more details.

#### Proper Handling

Utmost care at any time should be taken when handling the module. Collisions, impact or hitting the ground in a rough manner may damage modules or connections.

#### Precautions When Working Near the Hollow Fiber Module

Keep the hollow fiber modules free from contact with sharp objects or exposure to heat sources. Actions that may cause sparks (e.g. welding, grinding) should be strictly prohibited.

*The information contained in this publication is believed to be accurate and reliable, but is not to be construed as implying any warranty or guarantee of performance. We assume no responsibility, obligation or liability for results obtained or damages incurred through the application of the information contained herein. Refer to Standard Terms and Conditions of Sale and Performance Warranty documentation for additional information*

Koch Membrane Systems, Inc., [www.kochmembrane.com](http://www.kochmembrane.com)

Corporate Headquarters: 850 Main Street, Wilmington, Massachusetts 01887-3388, US, Tel. Toll Free: 1-888-677-5624, Telephone: 1-978-694-7000, Fax: 1-978-657-5208  
European Headquarters: Koch Chemical Technology Group Ltd., Units 3-6, Frank Foley Way, Stafford ST16 2ST, GB, Telephone: +44-178-527-2500, Fax: +44-178-522-3149

• San Diego US • Aachen DE • Lyon FR • Madrid ES • Milan IT • Wijnegem BE • Beijing & Shanghai CN • Mumbai & Chennai IN • Melbourne & Sydney AU • Singapore • Sao Paulo BR • Manama BH •

The STYLIZED K and KOCHKLEEN trademarks are registered in the US and other countries; the FLOW LINES DESIGN is registered in the US; and PURON is a registered trademark of Koch Membrane Systems, GmbH in Germany and other countries.

Koch Membrane Systems, Inc. is a Koch Chemical Technology Group, LLC company.

© 2012 Koch Membrane Systems, Inc. All rights reserved worldwide.

06/12 Rev.12-1

## **Anexo II Datos de las simulaciones de las EDAR comparadas**

## 1. DECANTADOR PRIMARIO

### 1. Características Geométricas

Unidades: 1  
Forma: CIRCULAR  
Volumen (m<sup>3</sup>): 2276.8  
Altura (m): 3.5  
Calado (m): 3.0  
Diámetro (m): 28.8

### 2. Características de Operación

	Invierno	Crit. Diseño
Carga Hidráulica a Qmedio (m/h)	1.05	1.30
Carga Hidráulica a Qpunta (m/h)	1.73	2.50
Tiempo de Retención a Qmedio (h)	2.84	2.00
Tiempo de Retención a Qpunta (h)	1.74	1.00
Carga Sobre Vertedero a Qmedio (m <sup>2</sup> /h)	7.59	10.00
Carga sobre Vertedero a Qpunta (m <sup>2</sup> /h)	12.41	40.00

### 3. Fangos

	Invierno
Producción (kg/día)	2745.0
Concentración (kg/m <sup>3</sup> )	20.8
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	131.8

## 2. REACTOR DE FANGOS

### 1. Características Geométricas

Unidades: 10  
Volumen (m<sup>3</sup>): 8000  
Altura (m): 4.5  
Calado (m): 4.0

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.08
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	1.2
Tiempo de Retención Celular (día)	14.0

### 3. Sistema de agitación (reactores anóxicos)

Marca: FLYGT  
Modelo: 4680.410.1  
Potencia del motor (kW): 25.0  
Nº agitadores por tanque: 1  
Nº de tanques: 2

### 4. Sistema de aireación por: DIFUSORES

#### REACTOR Nº 3

Número: 288

#### RESTO DE REACTORES

Número: 196

### 3. DECANTADOR SECUNDARIO

#### 1. Características Geométricas

Unidades:	2
Forma:	CIRCULAR
Volumen (m <sup>3</sup> ):	2589.9
Diámetro (m):	29.5

#### 2. Características de Operación

	Invierno	Crit. Diseño
Carga Hidráulica a Qmedio (m/h)	0.50	0.50
Carga Hidráulica a Qpunta (m/h)	0.82	0.90
Carga de sólidos a Qmedio (Kg/m <sup>2</sup> /h)	1.67	1.80
Carga de sólidos a Qpunta (Kg/m <sup>2</sup> /h)	2.74	3.20
Carga Sobre Vertedero a Qmedio (m <sup>2</sup> /h)	6.60	4.00
Carga sobre Vertedero a Qpunta (m <sup>2</sup> /h)	4.03	1.00
Tiempo de Retención a Qmedio (h)	3.68	12.00
Tiempo de Retención a Qpunta (h)	6.03	20.00

#### 3. Fangos

	Invierno
Producción (kg/día)	105512.8
Caudal a purgar (m <sup>3</sup> /día)	252.0

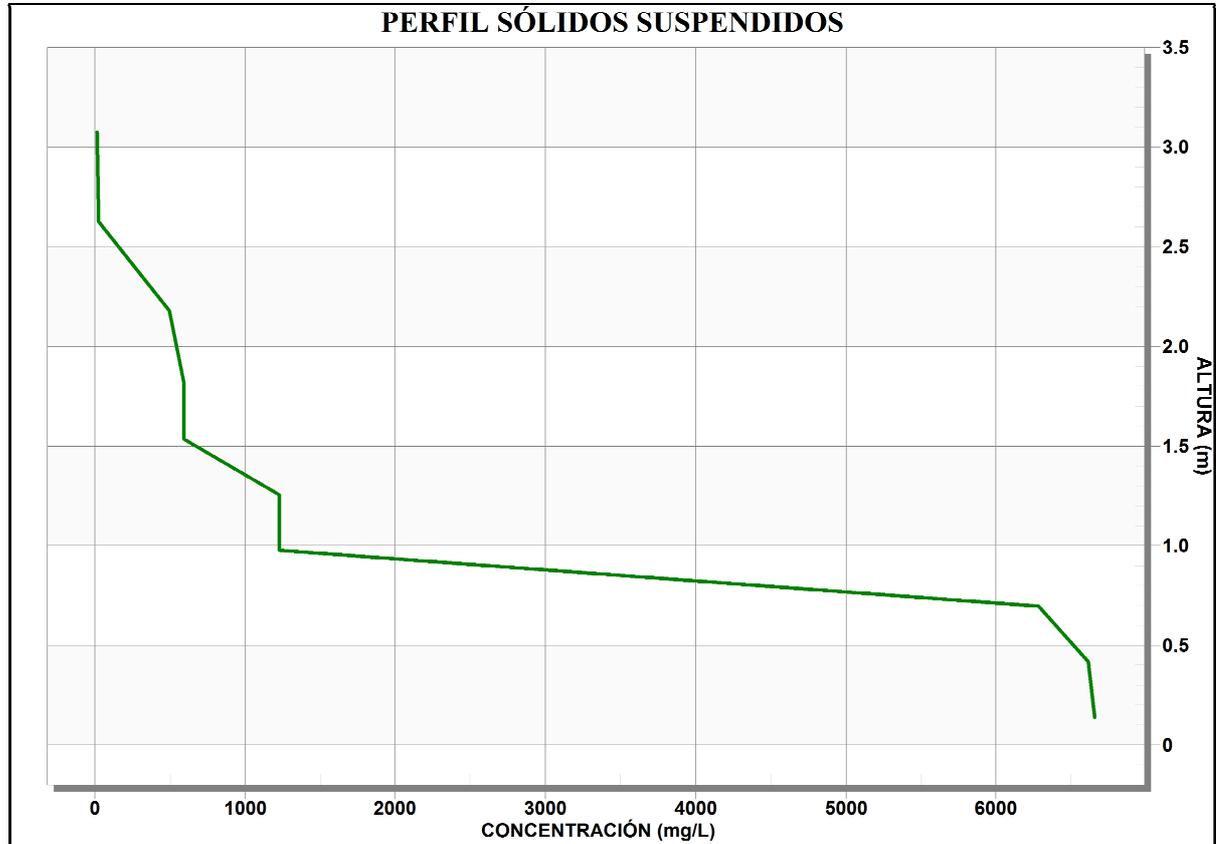


Figura 1. Perfil de Sólidos suspendidos en el decantador secundario.

#### 4. DIGESTOR AEROBIO

##### 1. Características Geométricas

Unidades:	1
Volumen (m <sup>3</sup> ):	4989.2
Altura (m):	5.0
Calado (m):	4.5
Longitud (m):	33.3
Ancho (m):	33.3

##### 2. Características de Operación

	Invierno
Tiempo de Retención Hidráulico (días)	13.0

#### 4. Sistema de aireación por: DIFUSORES

Número: 1122

#### 5. ESPESADOR

##### 1. Características Geométricas

Unidades:	1
Forma:	CIRCULAR
Volumen (m <sup>3</sup> ):	230.3
Altura (m):	3.0
Calado (m):	2.5
Diámetro (m):	9.9

##### 2. Características de Operación

	Invierno
Tiempo Retención Hidráulico (h)	12.00
Tiempo Retención Celular (días)	0.41

##### 3. Fangos

	Invierno
Producción (kg/día)	3199.3
Concentración (kg/m <sup>3</sup> )	16.7
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	191.9

#### 6. DESHIDRATACION

##### 2. Características de Operación

	Invierno
Tiempo de Retención Hidráulico (min.)	12.0

##### Caudales (m<sup>3</sup>/día)

	Invierno		
	Entrada	Salida Fango	Salida Agua
Medio	191.89	12.73	179.17
Punta	191.89	12.73	179.17

#### 7. SOPLANTE

##### 1. Características de Operación

Unidades:	2
Marca-Modelo:	LIGP - 28.20
Potencia del motor (kW):	200.00
Potencia adsorbida (kW):	164.00
Potencia Instalada (kW):	400.00
Potencia máx. utilizada (kW):	164.00

	Invierno
Consumo aproximado (kW·h/día)	2836.62

**Proceso de oxidación total con reactor biológico de membrana, eliminación biológica de nitrógeno y precipitación química de fósforo.**

**(MBR)**

**REACTOR DE FANGOS 1 (ANÓXICO)**

**1. Características Geométricas**

Unidades: 1  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 800.0  
 Altura (m): 4.5  
 Calado (m): 4.0  
 Longitud (m): 14.1  
 Ancho (m): 14.1

**2. Características de Operación**

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.15
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	1.2
Tiempo de Retención Celular (día)	25.0

**3. Sistema de agitación (sólo para reactores anóxicos y anaerobios)**

Marca: FLYGT  
 Modelo: 4680.410.1  
 Potencia del motor (kW): 25.0  
 Nº agitadores por tanque: 1

**5. Calidad del Agua**

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	16344.36	81784.60
Punta	26809.36	92249.60
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	65440.24	-----

Concentraciones (mg/l)								
S <sub>O2</sub>	0.04	0.04	X <sub>S</sub>	199.4	163.5	DQO <sub>T</sub>	462.4	8249.2
S <sub>F</sub>	108.36	3.74	X <sub>H</sub>	0.3	2551.0	DQO <sub>Sol.</sub>	188.1	55.5
S <sub>A</sub>	24.63	1.16	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	274.3	8193.8
S <sub>NH4</sub>	33.31	6.65	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	10.11	417.77
S <sub>NO3</sub>	0.82	2.49	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	7.34	1.95
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	0.0	169.1	P <sub>Susp.</sub>	2.78	415.82
S <sub>NH3</sub>	0.00	0.05	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	48.11	366.01
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	37.9	9.8
S <sub>PO4</sub>	6.25	1.91	X <sub>MEOH</sub>	0.1	508.1	N <sub>Susp.</sub>	10.2	356.3
S <sub>I</sub>	50.18	50.14	X <sub>MEP</sub>	0.2	1492.3	Mg <sub>Sol.</sub>	60.2	60.3
S <sub>ALK</sub>	347.96	239.09	X <sub>NV</sub>	47.1	2344.5	Mg <sub>Susp.</sub>	0.4	12.3
S <sub>N2</sub>	16.55	20.44	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.13	30.17
S <sub>PRO</sub>	4.93	0.42	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	0.22	6.56
S <sub>CO2</sub>	0.25	0.32	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	100.00	99.74
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	0.00	9.52
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.0	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	0.2	1597.6	X <sub>TSS</sub>	239.3	10080.6	pH	7.78	7.53

## REACTOR DE FANGOS 2 (ANÓXICO)

### 1. Características Geométricas

Unidades: 1  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 1600.0  
 Altura (m): 4.5  
 Calado (m): 4.0  
 Longitud (m): 14.1  
 Ancho (m): 28.3

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.15
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	2.3
Tiempo de Retención Celular (día)	25.0

### 3. Sistema de agitación (sólo para reactores anóxicos y anaerobios)

Marca: FLYGT  
 Modelo: 4680.410.1  
 Potencia del motor (kW): 25.0  
 N° agitadores por tanque: 2

### 5. Calidad del Agua

		Invierno							
		Entrada	Salida						
		Caudales (m <sup>3</sup> /día)							
Medio		81784.60	81784.60						
Punta		92249.60	92249.60						
Rec. Fangos		-----	-----						
Rec. Interna		-----	-----						
Concentraciones (mg/l)									
S <sub>O2</sub>	0.04	0.00	X <sub>S</sub>	163.5	166.2	DQO <sub>T</sub>	8249.2	8243.0	
S <sub>F</sub>	3.74	1.17	X <sub>H</sub>	2551.0	2544.7	DQO <sub>Sol.</sub>	55.5	51.8	
S <sub>A</sub>	1.16	0.30	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	8193.8	8191.2	
S <sub>NH4</sub>	6.65	7.02	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	417.77	417.77	
S <sub>NO3</sub>	2.49	0.38	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.95	1.80	
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	169.1	168.9	P <sub>Susp.</sub>	415.82	415.96	
S <sub>NH3</sub>	0.05	0.05	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	366.01	363.88	
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	9.8	7.9	
S <sub>PO4</sub>	1.91	1.79	X <sub>MEOH</sub>	508.1	507.3	N <sub>Susp.</sub>	356.3	355.9	
S <sub>I</sub>	50.14	50.14	X <sub>MEP</sub>	1492.3	1493.5	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3	
S <sub>ALK</sub>	239.09	248.59	X <sub>NV</sub>	2344.5	2344.5	Mg <sub>Susp.</sub>	12.3	12.3	
S <sub>N2</sub>	20.44	22.45	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.17	30.17	
S <sub>PRO</sub>	0.42	0.16	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	6.56	6.55	
S <sub>CO2</sub>	0.32	0.31	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.74	99.76	
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	9.52	9.50	
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00	
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00	
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00	
X <sub>I</sub>	1597.6	1598.9	X <sub>TSS</sub>	10080.6	10079.1	pH	7.53	7.56	

## REACTOR DE FANGOS 3 (AEROBIO)

### 1. Características Geométricas

Unidades: 1  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 800.0  
 Altura (m): 4.5  
 Calado (m): 4.0  
 Longitud (m): 14.1  
 Ancho (m): 14.1

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.15
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	1.2
Tiempo de Retención Celular (día)	25.0

### 4. Sistema de aireación por:

### DIFUSORES

Número: 324  
 Marca-Modelo-Long (mm): FLYGT-MEMBRANA- 23  
 Nº Tramos Tubería Fina: 18  
 Long. Tramos Tub. Fina (m): 14.1  
 Diámetro Tubería fina (mm): 100  
 Nº Tramos Tubería Gruesa: 1  
 Long. Tramos Tub. Gruesa (m): 14.1  
 Diámetro Tubería Gruesa (mm): 250

### 5. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	81784.60	81800.30
Punta	92249.60	92249.60
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	-----	-----

<b>Concentraciones (mg/l)</b>								
S <sub>O2</sub>	0.00	2.00	X <sub>S</sub>	166.2	159.7	DQO <sub>T</sub>	8243.0	8236.8
S <sub>F</sub>	1.17	0.52	X <sub>H</sub>	2544.7	2546.2	DQO <sub>Sol.</sub>	51.8	50.8
S <sub>A</sub>	0.30	0.07	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	8191.2	8186.1
S <sub>NH4</sub>	7.02	5.59	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	417.77	417.69
S <sub>NO3</sub>	0.38	1.82	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.80	1.76
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	168.9	169.1	P <sub>Susp.</sub>	415.96	415.92
S <sub>NH3</sub>	0.05	0.03	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	363.88	363.72
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	7.9	7.9
S <sub>PO4</sub>	1.79	1.76	X <sub>MEOH</sub>	507.3	513.2	N <sub>Susp.</sub>	355.9	355.8
S <sub>I</sub>	50.14	50.13	X <sub>MEP</sub>	1493.5	1493.5	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	248.59	231.00	X <sub>NV</sub>	2344.5	2344.1	Mg <sub>Susp.</sub>	12.3	12.3
S <sub>N2</sub>	22.45	19.12	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.17	30.17
S <sub>PRO</sub>	0.16	0.05	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	6.55	6.55
S <sub>CO2</sub>	0.31	0.38	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.76	99.73
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	9.50	9.50
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	1598.9	1599.2	X <sub>TSS</sub>	10079.1	10081.1	pH	7.56	7.44

## REACTOR DE FANGOS 4 (AEROBIO)

### 1. Características Geométricas

Unidades:	1
Volumen (m <sup>3</sup> ):	800.0
Altura (m):	4.5
Calado (m):	4.0
Longitud (m):	14.1
Ancho (m):	14.1

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.15
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	1.2
Tiempo de Retención Celular (día)	25.0

### 4. Sistema de aireación por:

### DIFUSORES

Número:	196
Marca-Modelo-Long (mm):	FLYGT-MEMBRANA- 23
Nº Tramos Tubería Fina:	14
Long. Tramos Tub. Fina (m):	14.1
Diámetro Tubería fina (mm):	100
Nº Tramos Tubería Gruesa:	1
Long. Tramos Tub. Gruesa (m):	14.1
Diámetro Tubería Gruesa (mm):	200

### 5. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>		
Medio	81800.30	81800.30
Punta	92249.60	92249.60
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	-----	-----

#### Concentraciones (mg/l)

S <sub>O2</sub>	2.00	2.00	X <sub>S</sub>	159.7	153.5	DQO <sub>T</sub>	8236.8	8232.7
S <sub>F</sub>	0.52	0.43	X <sub>H</sub>	2546.2	2547.6	DQO <sub>Sol.</sub>	50.8	50.6
S <sub>A</sub>	0.07	0.02	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	8186.1	8182.1
S <sub>NH4</sub>	5.59	4.24	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	417.69	417.69
S <sub>NO3</sub>	1.82	3.19	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.76	1.76
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	169.1	169.3	P <sub>Susp.</sub>	415.92	415.93
S <sub>NH3</sub>	0.03	0.02	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	363.72	363.62
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	7.9	8.0
S <sub>PO4</sub>	1.76	1.75	X <sub>MEOH</sub>	513.2	513.1	N <sub>Susp.</sub>	355.8	355.7
S <sub>I</sub>	50.13	50.13	X <sub>MEP</sub>	1493.5	1493.6	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	231.00	221.71	X <sub>NV</sub>	2344.1	2344.1	Mg <sub>Susp.</sub>	12.3	12.3
S <sub>N2</sub>	19.12	17.85	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.17	30.17
S <sub>PRO</sub>	0.05	0.02	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	6.55	6.55
S <sub>CO2</sub>	0.38	0.37	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.73	99.73
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	9.50	9.51
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	1599.2	1599.8	X <sub>TSS</sub>	10081.1	10078.3	pH	7.44	7.43

## REACTOR DE FANGOS 8 (AEROBIO)

### 1. Características Geométricas

Unidades:	1
Volumen (m <sup>3</sup> ):	800.0
Altura (m):	4.5
Calado (m):	4.0
Longitud (m):	14.1
Ancho (m):	14.1

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.15
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	1.2
Tiempo de Retención Celular (día)	25.0

### 4. Sistema de aireación por:

### DIFUSORES

Número:	196
Marca-Modelo-Long (mm):	FLYGT-MEMBRANA- 23
Nº Tramos Tubería Fina:	14
Long. Tramos Tub. Fina (m):	14.1
Diámetro Tubería fina (mm):	100
Nº Tramos Tubería Gruesa:	1
Long. Tramos Tub. Gruesa (m):	14.1
Diámetro Tubería Gruesa (mm):	200

### 5. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>		
Medio	81800.30	81800.30
Punta	92249.60	92249.60
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	-----	-----

<b>Concentraciones (mg/l)</b>									
S <sub>O2</sub>	2.00	2.00	X <sub>S</sub>	137.0	132.1	DQO <sub>T</sub>	8220.9	8217.1	
S <sub>F</sub>	0.37	0.37	X <sub>H</sub>	2550.0	2550.5	DQO <sub>Sol.</sub>	50.5	50.5	
S <sub>A</sub>	0.01	0.00	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	8170.4	8166.6	
S <sub>NH4</sub>	1.13	0.60	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	417.69	417.69	
S <sub>NO3</sub>	6.43	7.01	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.76	1.76	
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	169.8	169.9	P <sub>Susp.</sub>	415.93	415.93	
S <sub>NH3</sub>	0.01	0.00	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	363.34	363.26	
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	8.1	8.1	
S <sub>PO4</sub>	1.75	1.75	X <sub>MEOH</sub>	512.9	512.7	N <sub>Susp.</sub>	355.3	355.1	
S <sub>I</sub>	50.13	50.13	X <sub>MEP</sub>	1494.0	1494.2	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3	
S <sub>ALK</sub>	199.89	196.04	X <sub>NV</sub>	2344.1	2344.1	Mg <sub>Susp.</sub>	12.3	12.3	
S <sub>N2</sub>	16.84	16.78	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.18	30.18	
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	6.54	6.53	
S <sub>CO2</sub>	0.36	0.36	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.72	99.71	
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	9.52	9.52	
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00	
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00	
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00	
X <sub>I</sub>	1601.7	1602.3	X <sub>TSS</sub>	10070.3	10067.6	pH	7.40	7.40	

## MBR AEROBIO (AEROBIO)

### 1. Características Geométricas

Unidades:	1
Volumen (m <sup>3</sup> ):	800.0
Altura (m):	4.5
Calado (m):	4.0
Longitud (m):	14.1
Ancho (m):	14.1

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.15
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	1.2
Tiempo de Retención Celular (día)	25.0

### 4. Sistema de aireación por:

### DIFUSORES

Número:	462
Marca-Modelo-Long (mm):	FLYGT-MEMBRANA- 23
Nº Tramos Tubería Fina:	21
Long. Tramos Tub. Fina (m):	14.1
Diámetro Tubería fina (mm):	100
Nº Tramos Tubería Gruesa:	1
Long. Tramos Tub. Gruesa (m):	14.1
Diámetro Tubería Gruesa (mm):	300

### 5. Calidad del Agua

	Invierno							
	Entrada	Salida						
	Caudales (m <sup>3</sup> /día)							
Medio	81800.30	16102.89						
Punta	92249.60	26552.19						
Rec. Fangos	7090.08	-----						
Rec. Interna	-----	65440.24						
<b>Concentraciones (mg/l)</b>								
S <sub>O2</sub>	2.00	5.00	X <sub>S</sub>	132.1	0.1	DQO <sub>T</sub>	8217.1	54.6
S <sub>F</sub>	0.37	0.39	X <sub>H</sub>	2550.5	1.3	DQO <sub>Sol.</sub>	50.5	50.5
S <sub>A</sub>	0.00	0.00	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	8166.6	4.1
S <sub>NH4</sub>	0.60	0.26	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	417.69	1.97
S <sub>NO3</sub>	7.01	7.49	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.76	1.76
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	169.9	0.1	P <sub>Susp.</sub>	415.93	0.21
S <sub>NH3</sub>	0.00	0.00	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	363.26	8.44
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	8.1	8.3
S <sub>PO4</sub>	1.75	1.76	X <sub>MEOH</sub>	512.7	0.3	N <sub>Susp.</sub>	355.1	0.2
S <sub>I</sub>	50.13	50.13	X <sub>MEP</sub>	1494.2	0.7	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	196.04	193.12	X <sub>NV</sub>	2344.1	1.2	Mg <sub>Susp.</sub>	12.3	0.0
S <sub>N2</sub>	16.78	16.70	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.18	30.19
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	6.53	0.00
S <sub>CO2</sub>	0.36	0.33	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.71	99.71
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	9.52	0.00
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	1602.3	0.8	X <sub>TSS</sub>	10067.6	5.0	pH	7.40	7.42

## ESPESADOR

### 1. Características Geométricas

Unidades: 1  
 Forma: CIRCULAR  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 154.3  
 Altura (m): 3.0  
 Calado (m): 2.5  
 Diámetro (m): 8.1

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tiempo Retención Hidráulico (h)	12.00
Tiempo Retención Celular (días)	0.11

### 3. Fangos

	Invierno
Producción (kg/día)	3214.3
Concentración (kg/m <sup>3</sup> )	25.0
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	128.6

### 4. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	257.17	128.59
Punta	257.17	128.59
Purga	-----	128.59

			<b>Concentraciones (mg/l)</b>					
S <sub>O2</sub>	5.00	3.72	X <sub>S</sub>	157.1	0.4	DQO <sub>T</sub>	10212.0	82.0
S <sub>F</sub>	0.39	0.36	X <sub>H</sub>	3175.8	9.9	DQO <sub>Sol.</sub>	50.5	50.5
S <sub>A</sub>	0.00	0.00	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	10161.5	31.5
S <sub>NH4</sub>	0.26	0.18	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	519.58	3.37
S <sub>NO3</sub>	7.49	7.59	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.76	1.76
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	211.4	0.7	P <sub>Susp.</sub>	517.82	1.61
S <sub>NH3</sub>	0.00	0.00	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	450.17	9.65
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	8.3	8.3
S <sub>PO4</sub>	1.76	1.76	X <sub>MEOH</sub>	638.2	2.0	N <sub>Susp.</sub>	441.9	1.4
S <sub>I</sub>	50.13	50.13	X <sub>MEP</sub>	1860.5	5.8	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.4
S <sub>ALK</sub>	193.12	192.21	X <sub>NV</sub>	2918.3	9.1	Mg <sub>Susp.</sub>	15.2	0.0
S <sub>N2</sub>	16.70	16.71	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.19	30.19
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	8.13	0.03
S <sub>CO2</sub>	0.33	0.38	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.71	99.71
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	11.86	0.04
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	1995.8	6.2	X <sub>TSS</sub>	12530.0	38.9	pH	7.42	7.37

## DESHIDRATACION

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tiempo de Retención Hidráulico (min.)	12.0

#### Caudales (m<sup>3</sup>/dia)

	Invierno		
	Entrada	Salida Fango	Salida Agua
Medio	128.59	12.81	115.77
Punta	128.59	12.81	115.77

### 5. Calidad del Agua

			Concentraciones (mg/l)		
S <sub>O2</sub>	0.00	0.00	N <sub>Sol.</sub>	6.4	6.4
S <sub>F</sub>	10.50	10.50	N <sub>Susp.</sub>	876.5	8765.6
S <sub>A</sub>	0.00	0.00	Mg <sub>Sol.</sub>	60.4	60.4
S <sub>NH4</sub>	5.56	5.56	Mg <sub>Susp.</sub>	30.4	303.8
S <sub>NO3</sub>	0.01	0.01	K <sub>Sol.</sub>	30.22	30.22
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	K <sub>Susp.</sub>	16.20	162.05
S <sub>NH3</sub>	0.03	0.03	Ca <sub>Sol.</sub>	100.22	100.22
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	Ca <sub>Susp.</sub>	23.17	231.73
S <sub>PO4</sub>	1.77	1.77	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>I</sub>	50.13	50.13	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>ALK</sub>	236.51	237.91	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
S <sub>N2</sub>	24.50	14.61	pH	7.40	7.46
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00			
S <sub>CO2</sub>	0.43	0.37			
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0			
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0			
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1			
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0			
X <sub>I</sub>	4002.6	40029.9			
X <sub>S</sub>	403.7	4037.7			
X <sub>H</sub>	6201.2	62017.7			
X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0			
X <sub>PP</sub>	0.0	0.0			
X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0			
X <sub>AUT</sub>	419.0	4190.7			
X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0			
X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0			
X <sub>MEOH</sub>	1268.5	12686.5			
X <sub>MEP</sub>	3723.4	37236.8			
X <sub>NV</sub>	5827.6	58280.9			
X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0			
X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0			
X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0			
X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0			
X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0			
X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0			
X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0			
X <sub>TSS</sub>	24997.8	250000.0			
DQO <sub>T</sub>	20315.3	202625.0			
DQO <sub>Sol.</sub>	60.6	60.6			
DQO <sub>Susp.</sub>	20254.6	202564.3			
P <sub>T</sub>	1035.79	10341.88			
P <sub>Sol.</sub>	1.88	1.88			
P <sub>Susp.</sub>	1033.91	10340.00			
N <sub>T</sub>	882.88	8772.04			

## **SOPLANTE**

### **1. Características de Operación**

Unidades: 2  
Marca-Modelo: LIGP - 29.10  
Potencia del motor (kW): 315.00  
Potencia adsorbida (kW): 256.00  
Potencia Instalada (kW): 630.00  
Potencia máx. utilizada (kW): 256.00

		Invierno
Consumo aproximado (kW·h/día)		3320.96

**Proceso de oxidación total, eliminación por vía biológica de nitrógeno  
(desnitrificación preconnectada) y precipitación química de fósforo.  
(OT IV)**

**REACTOR DE FANGOS 1 (ANÓXICO)**

**1. Características Geométricas**

Unidades: 1  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 1800.0  
 Altura (m): 4.5  
 Calado (m): 4.0  
 Longitud (m): 21.2  
 Ancho (m): 21.2

**2. Características de Operación**

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.05
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	2.6
Tiempo de Retención Celular (día)	20.0

**3. Sistema de agitación (sólo para reactores anóxicos y anaerobios)**

Marca: FLYGT  
 Modelo: 4680.410.1  
 Potencia del motor (kW): 25.0  
 N° agitadores por tanque: 2

**5. Calidad del Agua**

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	16507.91	65246.18
Punta	26972.91	75711.18
Rec. Fangos	15685.46	-----
Rec. Interna	33052.81	-----

Concentraciones (mg/l)											
S <sub>O2</sub>	0.01	0.01	X <sub>S</sub>	197.4	90.4	DQO <sub>T</sub>	459.4	3088.6			
S <sub>F</sub>	108.09	10.61	X <sub>H</sub>	0.3	944.6	DQO <sub>Sol.</sub>	187.5	64.3			
S <sub>A</sub>	24.38	2.74	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	271.9	3024.3			
S <sub>NH4</sub>	33.11	9.10	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	10.04	160.45			
S <sub>NO3</sub>	0.76	0.51	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	7.28	1.61			
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	0.0	61.8	P <sub>Susp.</sub>	2.77	158.83			
S <sub>NH3</sub>	0.00	0.08	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	47.76	142.32			
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	37.6	10.4			
S <sub>PO4</sub>	6.20	1.51	X <sub>MEOH</sub>	0.1	255.4	N <sub>Susp.</sub>	10.1	131.9			
S <sub>I</sub>	50.18	50.14	X <sub>MEP</sub>	0.2	576.8	Mg <sub>Sol.</sub>	60.2	60.3			
S <sub>ALK</sub>	347.15	249.76	X <sub>NV</sub>	46.7	852.3	Mg <sub>Susp.</sub>	0.4	4.5			
S <sub>N2</sub>	16.64	22.92	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.13	30.17			
S <sub>PRO</sub>	4.88	0.81	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	0.22	2.42			
S <sub>CO2</sub>	0.25	0.28	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	100.01	99.78			
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	0.00	3.52			
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00			
S <sub>SO4</sub>	50.0	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00			
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00			
X <sub>I</sub>	0.2	577.9	X <sub>TSS</sub>	237.3	3801.4	pH	7.78	7.60			

## REACTOR DE FANGOS 2 (ANÓXICO)

### 1. Características Geométricas

Unidades:	1
Volumen (m <sup>3</sup> ):	1800.0
Altura (m):	4.5
Calado (m):	4.0
Longitud (m):	21.2
Ancho (m):	21.2

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.05
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	2.6
Tiempo de Retención Celular (día)	20.0

### 3. Sistema de agitación (sólo para reactores anóxicos y anaerobios)

Marca:	FLYGT
Modelo:	4680.410.1
Potencia del motor (kW):	25.0
Nº agitadores por tanque:	2

### 5. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>		
Medio	65246.18	65246.18
Punta	75711.18	75711.18
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	-----	-----

			<b>Concentraciones (mg/l)</b>					
S <sub>O2</sub>	0.01	0.00	X <sub>S</sub>	90.4	93.8	DQO <sub>T</sub>	3088.6	3087.0
S <sub>F</sub>	10.61	10.08	X <sub>H</sub>	944.6	940.0	DQO <sub>Sol.</sub>	64.3	63.3
S <sub>A</sub>	2.74	2.37	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	3024.3	3023.6
S <sub>NH4</sub>	9.10	9.28	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	160.45	160.45
S <sub>NO3</sub>	0.51	0.03	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.61	1.49
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	61.8	61.6	P <sub>Susp.</sub>	158.83	158.96
S <sub>NH3</sub>	0.08	0.08	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	142.32	141.83
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	10.4	10.1
S <sub>PO4</sub>	1.51	1.39	X <sub>MEOH</sub>	255.4	254.7	N <sub>Susp.</sub>	131.9	131.7
S <sub>I</sub>	50.14	50.14	X <sub>MEP</sub>	576.8	577.6	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	249.76	252.60	X <sub>NV</sub>	852.3	852.3	Mg <sub>Susp.</sub>	4.5	4.5
S <sub>N2</sub>	22.92	23.22	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.17	30.17
S <sub>PRO</sub>	0.81	0.76	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	2.42	2.42
S <sub>CO2</sub>	0.28	0.27	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.78	99.80
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	3.52	3.51
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	577.9	578.6	X <sub>TSS</sub>	3801.4	3801.2	pH	7.60	7.62

## REACTOR DE FANGOS 3 (AEROBIO)

### 1. Características Geométricas

Unidades: 1  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 1800.0  
 Altura (m): 4.5  
 Calado (m): 4.0  
 Longitud (m): 21.2  
 Ancho (m): 21.2

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.05
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	2.6
Tiempo de Retención Celular (día)	20.0

### 4. Sistema de aireación por: DIFUSORES

Número: 440  
 Marca-Modelo-Long (mm): FLYGT-MEMBRANA- 23  
 Nº Tramos Tubería Fina: 20  
 Long. Tramos Tub. Fina (m): 21.2  
 Diámetro Tubería fina (mm): 100  
 Nº Tramos Tubería Gruesa: 1  
 Long. Tramos Tub. Gruesa (m): 21.2  
 Diámetro Tubería Gruesa (mm): 300

### 5. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	65246.18	65264.68
Punta	75711.18	75711.18
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	-----	-----

### Concentraciones (mg/l)

S <sub>O2</sub>	0.00	2.00	X <sub>S</sub>	93.8	83.3	DQO <sub>T</sub>	3087.0	3076.1
S <sub>F</sub>	10.08	1.30	X <sub>H</sub>	940.0	950.6	DQO <sub>Sol.</sub>	63.3	51.9
S <sub>A</sub>	2.37	0.33	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	3023.6	3024.1
S <sub>NH4</sub>	9.28	7.51	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	160.45	160.40
S <sub>NO3</sub>	0.03	1.48	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.49	1.33
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	61.6	61.9	P <sub>Susp.</sub>	158.96	159.07
S <sub>NH3</sub>	0.08	0.04	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	141.83	141.60
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	10.1	9.5
S <sub>PO4</sub>	1.39	1.32	X <sub>MEOH</sub>	254.7	263.8	N <sub>Susp.</sub>	131.7	132.1
S <sub>I</sub>	50.14	50.12	X <sub>MEP</sub>	577.6	577.6	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	252.60	231.58	X <sub>NV</sub>	852.3	852.0	Mg <sub>Susp.</sub>	4.5	4.5
S <sub>N2</sub>	23.22	18.92	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.17	30.16
S <sub>PRO</sub>	0.76	0.18	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	2.42	2.42
S <sub>CO2</sub>	0.27	0.38	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.80	99.73
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	3.51	3.54
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	578.6	579.1	X <sub>TSS</sub>	3801.2	3810.4	pH	7.62	7.45

## REACTOR DE FANGOS 4 (AEROBIO)

### 1. Características Geométricas

Unidades: 1  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 1800.0  
 Altura (m): 4.5  
 Calado (m): 4.0  
 Longitud (m): 21.2  
 Ancho (m): 21.2

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.05
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	2.6
Tiempo de Retención Celular (día)	20.0

### 4. Sistema de aireación por: DIFUSORES

Número: 440  
 Marca-Modelo-Long (mm): FLYGT-MEMBRANA- 23  
 Nº Tramos Tubería Fina: 20  
 Long. Tramos Tub. Fina (m): 21.2  
 Diámetro Tubería fina (mm): 100  
 Nº Tramos Tubería Gruesa: 1  
 Long. Tramos Tub. Gruesa (m): 21.2  
 Diámetro Tubería Gruesa (mm): 200

### 5. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>		
Medio	65264.68	65264.68
Punta	75711.18	75711.18
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	-----	-----

#### Concentraciones (mg/l)

S <sub>O2</sub>	2.00	2.00	X <sub>S</sub>	83.3	74.1	DQO <sub>T</sub>	3076.1	3070.3
S <sub>F</sub>	1.30	0.61	X <sub>H</sub>	950.6	954.2	DQO <sub>Sol.</sub>	51.9	50.9
S <sub>A</sub>	0.33	0.07	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	3024.1	3019.5
S <sub>NH4</sub>	7.51	6.01	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	160.40	160.40
S <sub>NO3</sub>	1.48	2.96	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.33	1.32
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	61.9	62.2	P <sub>Susp.</sub>	159.07	159.08
S <sub>NH3</sub>	0.04	0.03	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	141.60	141.47
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	9.5	9.5
S <sub>PO4</sub>	1.32	1.32	X <sub>MEOH</sub>	263.8	263.8	N <sub>Susp.</sub>	132.1	132.0
S <sub>I</sub>	50.12	50.12	X <sub>MEP</sub>	577.6	577.7	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	231.58	221.54	X <sub>NV</sub>	852.0	852.0	Mg <sub>Susp.</sub>	4.5	4.5
S <sub>N2</sub>	18.92	17.65	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.16	30.16
S <sub>PRO</sub>	0.18	0.05	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	2.42	2.42
S <sub>CO2</sub>	0.38	0.37	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.73	99.72
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	3.54	3.56
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	579.1	579.7	X <sub>TSS</sub>	3810.4	3807.2	pH	7.45	7.44

## REACTOR DE FANGOS 10 (AEROBIO)

### 1. Características Geométricas

Unidades:	1
Volumen (m <sup>3</sup> ):	1800.0
Altura (m):	4.5
Calado (m):	4.0
Longitud (m):	21.2
Ancho (m):	21.2

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tipo de proceso	Convencional
Carga másica (1/día)	0.05
Tiempo de Retención Hidráulico (horas)	2.6
Tiempo de Retención Celular (día)	20.0

### 4. Sistema de aireación por: DIFUSORES

Número:	440
Marca-Modelo-Long (mm):	FLYGT-MEMBRANA- 23
Nº Tramos Tubería Fina:	20
Long. Tramos Tub. Fina (m):	21.2
Diámetro Tubería fina (mm):	100
Nº Tramos Tubería Gruesa:	1
Long. Tramos Tub. Gruesa (m):	21.2
Diámetro Tubería Gruesa (mm):	150

### 5. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	65264.68	32211.87
Punta	75711.18	42658.37
Rec. Fangos	-----	-----
Rec. Interna	-----	33052.81

#### Concentraciones (mg/l)

S <sub>O2</sub>	2.00	2.00	X <sub>S</sub>	44.3	40.8	DQO <sub>T</sub>	3049.2	3045.7
S <sub>F</sub>	0.33	0.33	X <sub>H</sub>	959.1	958.5	DQO <sub>Sol.</sub>	50.5	50.5
S <sub>A</sub>	0.00	0.00	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	2998.7	2995.3
S <sub>NH4</sub>	0.65	0.34	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	160.40	160.40
S <sub>NO3</sub>	8.51	8.90	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.33	1.33
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	63.0	63.0	P <sub>Susp.</sub>	159.07	159.07
S <sub>NH3</sub>	0.00	0.00	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	140.96	140.88
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	9.7	9.8
S <sub>PO4</sub>	1.32	1.32	X <sub>MEOH</sub>	263.3	263.1	N <sub>Susp.</sub>	131.3	131.1
S <sub>I</sub>	50.12	50.12	X <sub>MEP</sub>	578.4	578.6	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	184.09	181.69	X <sub>NV</sub>	852.0	852.0	Mg <sub>Susp.</sub>	4.5	4.5
S <sub>N2</sub>	16.71	16.72	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.18	30.18
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	2.40	2.40
S <sub>CO2</sub>	0.36	0.38	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.70	99.70
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	3.58	3.58
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	583.1	583.7	X <sub>TSS</sub>	3792.8	3790.5	pH	7.37	7.34

## DECANTADOR SECUNDARIO

### 1. Características Geométricas

Unidades: 2

Forma: CIRCULAR

Volumen (m<sup>3</sup>): 2755.1

Altura (m): 0.0

Calado (m): 0.0

Diámetro (m): 30.4

### 2. Características de Operación

	Invierno	Crit. Diseño
Carga Hidráulica a Qmedio (m/h)	0.47	0.50
Carga Hidráulica a Qpunta (m/h)	0.78	0.90
Carga de sólidos a Qmedio (Kg/m <sup>2</sup> /h)	1.80	1.80
Carga de sólidos a Qpunta (Kg/m <sup>2</sup> /h)	2.94	3.20
Carga Sobre Vertedero a Qmedio (m <sup>2</sup> /h)	6.95	4.00
Carga sobre Vertedero a Qpunta (m <sup>2</sup> /h)	4.26	1.00
Tiempo de Retención a Qmedio (h)	3.61	12.00
Tiempo de Retención a Qpunta (h)	5.89	20.00

### 3. Fangos

	Invierno
Producción (kg/día)	3174.2
Caudal a purgar (m <sup>3</sup> /día)	420.5

### 4. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	32211.87	16105.93
Punta	42658.37	26552.43
Recirc.	-----	15685.46
Purga	-----	420.47

#### Concentraciones (mg/l)

S <sub>O2</sub>	2.00	1.41	X <sub>S</sub>	40.8	0.1	DQO <sub>T</sub>	3045.7	62.5
S <sub>F</sub>	0.33	0.31	X <sub>H</sub>	958.5	3.9	DQO <sub>Sol.</sub>	50.5	50.4
S <sub>A</sub>	0.00	0.00	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	2995.3	12.1
S <sub>NH4</sub>	0.34	0.31	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	160.40	1.97
S <sub>NO3</sub>	8.90	8.94	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.33	1.33
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	63.0	0.3	P <sub>Susp.</sub>	159.07	0.64
S <sub>NH3</sub>	0.00	0.00	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	140.88	10.29
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	9.8	9.8
S <sub>PO4</sub>	1.32	1.33	X <sub>MEOH</sub>	263.1	1.1	N <sub>Susp.</sub>	131.1	0.5
S <sub>I</sub>	50.12	50.12	X <sub>MEP</sub>	578.6	2.3	Mg <sub>Sol.</sub>	60.3	60.3
S <sub>ALK</sub>	181.69	181.51	X <sub>NV</sub>	852.0	3.4	Mg <sub>Susp.</sub>	4.5	0.0
S <sub>N2</sub>	16.72	16.73	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.18	30.18
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	2.40	0.01
S <sub>CO2</sub>	0.38	0.39	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.70	99.70
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	3.58	0.01
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	583.7	2.4	X <sub>TSS</sub>	3790.5	15.3	pH	7.34	7.32

## ESPESADOR

### 1. Características Geométricas

Unidades: 1  
 Forma: CIRCULAR  
 Volumen (m<sup>3</sup>): 252.3  
 Altura (m): 3.0  
 Calado (m): 2.5  
 Diámetro (m): 10.3

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tiempo Retención Hidráulico (h)	12.00
Tiempo Retención Celular (días)	0.34

### 3. Fangos

	Invierno
Producción (kg/día)	3161.4
Concentración (kg/m <sup>3</sup> )	15.0
Caudal (m <sup>3</sup> /día)	210.2

### 4. Calidad del Agua

	Invierno	
	Entrada	Salida
	<b>Caudales (m<sup>3</sup>/día)</b>	
Medio	420.47	210.24
Punta	420.47	210.24
Purga	-----	210.24

#### Concentraciones (mg/l)

S <sub>O2</sub>	0.00	0.00	X <sub>S</sub>	86.1	0.2	DQO <sub>T</sub>	6003.9	60.4
S <sub>F</sub>	0.38	0.39	X <sub>H</sub>	1878.7	3.1	DQO <sub>Sol.</sub>	50.5	50.5
S <sub>A</sub>	0.00	0.00	X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	DQO <sub>Susp.</sub>	5953.4	9.9
S <sub>NH4</sub>	2.31	2.34	X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	P <sub>T</sub>	318.83	1.87
S <sub>NO3</sub>	0.91	0.81	X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0	P <sub>Sol.</sub>	1.34	1.34
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>AUT</sub>	124.6	0.2	P <sub>Susp.</sub>	317.49	0.53
S <sub>NH3</sub>	0.01	0.01	X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0	N <sub>T</sub>	263.33	4.09
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0	N <sub>Sol.</sub>	3.7	3.7
S <sub>PO4</sub>	1.34	1.34	X <sub>MEOH</sub>	523.1	0.9	N <sub>Susp.</sub>	259.6	0.4
S <sub>I</sub>	50.12	50.12	X <sub>MEP</sub>	1157.8	1.9	Mg <sub>Sol.</sub>	60.4	60.4
S <sub>ALK</sub>	216.09	216.56	X <sub>NV</sub>	1700.6	2.8	Mg <sub>Susp.</sub>	8.9	0.0
S <sub>N2</sub>	24.85	24.96	X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.20	30.20
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00	X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0	K <sub>Susp.</sub>	4.76	0.01
S <sub>CO2</sub>	0.45	0.45	X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	99.83	99.83
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Susp.</sub>	7.01	0.01
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>I</sub>	1171.1	2.0	X <sub>TSS</sub>	7549.0	12.6	pH	7.34	7.34

## DESHIDRATACION

### 2. Características de Operación

	Invierno
Tiempo de Retención Hidráulico (min.)	12.0

#### Caudales (m<sup>3</sup>/día)

	Invierno		
	Entrada	Salida Fango	Salida Agua
Medio	210.24	12.57	197.67
Punta	210.24	12.57	197.67

### 5. Calidad del Agua

			Concentraciones (mg/l)		
S <sub>O2</sub>	0.00	0.00	X <sub>SRB-PRO</sub>	0.0	0.0
S <sub>F</sub>	72.42	72.42	X <sub>SRB-AC</sub>	0.0	0.0
S <sub>A</sub>	0.00	0.00	X <sub>SRB-H2</sub>	0.0	0.0
S <sub>NH4</sub>	12.35	12.35	X <sub>TSS</sub>	15037.1	250000.0
S <sub>NO3</sub>	0.00	0.00	DQO <sub>T</sub>	11944.5	196669.2
S <sub>NO2</sub>	0.00	0.00	DQO <sub>Sol.</sub>	122.6	122.5
S <sub>NH3</sub>	0.08	0.09	DQO <sub>Susp.</sub>	11822.0	196546.6
S <sub>HNO2</sub>	0.00	0.00	P <sub>T</sub>	635.79	10537.83
S <sub>PO4</sub>	1.36	1.36	P <sub>Sol.</sub>	2.08	2.08
S <sub>I</sub>	50.12	50.12	P <sub>Susp.</sub>	633.71	10535.74
S <sub>ALK</sub>	253.26	254.03	N <sub>T</sub>	521.55	8436.27
S <sub>N2</sub>	25.77	14.61	N <sub>Sol.</sub>	15.0	15.0
S <sub>PRO</sub>	0.00	0.00	N <sub>Susp.</sub>	506.5	8421.2
S <sub>CO2</sub>	0.37	0.32	Mg <sub>Sol.</sub>	60.5	60.5
S <sub>H2</sub>	0.0	0.0	Mg <sub>Susp.</sub>	17.7	294.8
S <sub>CH4</sub>	0.0	0.0	K <sub>Sol.</sub>	30.26	30.26
S <sub>SO4</sub>	50.1	50.1	K <sub>Susp.</sub>	9.46	157.24
S <sub>H2S</sub>	0.0	0.0	Ca <sub>Sol.</sub>	100.87	100.87
X <sub>I</sub>	2370.3	39406.9	Ca <sub>Susp.</sub>	12.97	215.62
X <sub>S</sub>	364.9	6066.9	Fe <sub>Sol.</sub>	0.00	0.00
X <sub>H</sub>	3462.2	57560.3	Fe <sub>Susp.</sub>	0.00	0.00
X <sub>PAO</sub>	0.0	0.0	T <sup>a</sup>	13.00	13.00
X <sub>PP</sub>	0.0	0.0	pH	7.49	7.55
X <sub>PHA</sub>	0.0	0.0			
X <sub>AUT</sub>	243.2	4043.0			
X <sub>AMM</sub>	0.0	0.0			
X <sub>NIT</sub>	0.0	0.0			
X <sub>MEOH</sub>	1035.1	17208.6			
X <sub>MEP</sub>	2328.1	38706.2			
X <sub>NV</sub>	3398.4	56500.9			
X <sub>ACID</sub>	0.0	0.0			
X <sub>PRO</sub>	0.0	0.0			
X <sub>MAC</sub>	0.0	0.0			
X <sub>MH2</sub>	0.0	0.0			

## SOPLANTE

### 1. Características de Operación

Unidades: 2  
Marca-Modelo: LIGP - 27.20  
Potencia del motor (kW): 250.00  
Potencia adsorbida (kW): 191.00  
Potencia Instalada (kW): 500.00  
Potencia máx. utilizada (kW): 191.00

		Invierno
Consumo aproximado (kW·h/día)		2624.13