



UNIVERSIDAD JAUME I



**E
S
T
U
D
I
O
D
E
E
F
I
C
I
E
N
C
I
A
E
N
S
I**

PROYECTO FINAL DE

MASTER

REALIZADO POR:

ADRIÁN RODRÍGUEZ POVEDA

DIRIGIDO POR:

CARLOS FERRER

**DEPARTAMENTO DE
CONSTRUCCIÓN**

INGENIERÍA MECÁNICA Y

VALENCIA, 2013

ÍNDICE DEL PROYECTO

DOCUMENTO 1.....	MEMORIA
DOCUMENTO 2.....	ESTUDIO DE EFICIENCIA
DOCUMENTO 3.....	PRESUPUESTO
DOCUMENTO 4.....	PLIEGO DE CONDICIONES
Soporte electrónico CD.....	ANEXOS, DATASHEETS, CÁLCULOS, TABLAS, DIRECTIVAS, PDF.

TÍTULO

ESTUDIO DE EFICIENCIA EN SISTEMA DE AIREACIÓN Y ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN Y CONTROL BASADO EN ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES. EDAR DE SANTA POLA

RESUMEN

En la última década el aumento de la población y aumento de la tarifa eléctrica supone para la depuración de aguas un gasto importante tanto para la administración y empresas competentes, con ello le sigue estudios y búsqueda de ahorro en la EDAR. Actualmente, la etapa de aireación supone aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del consumo de energía del proceso biológico además la rentabilidad económica de los procesos de depuración es complicada debido al escaso valor comercial del producto final. Con todo esto expuesto se decide actuar para un mayor control de estos sistemas.

EL objetivo principal de este proyecto es reducir el gasto eléctrico que actualmente genera la EDAR de Santa Pola, para ello se analizan dos puntos clave:

- Implantación de métodos de control de la aireación.
- Sustitución equipos actuales por nuevos equipos de aireación más eficaces.

En primer lugar se analiza el sistema de aireación existentes, realizando un análisis comparativo tanto mínima, media, máxima carga en la necesidades de oxígeno y consumo eléctrico concluyendo con la sustitución de las soplantes por otras mas eficaces.

En segundo lugar se estudia la eficiencia energética que los sistemas de control pueden proporcionar, se pretende conseguir un ahorro importante en cuanto energía eléctrica por dos razones, se actúa a las necesidades de oxígeno necesarias además de proporcionar el oxígeno en horas de tarificación más reducido. Cabe destacar que este sistema consigue:

- Garantizar y fiabilizar los procesos de eliminación biológica de nutrientes.
- Eliminación biológica de fósforo.
- Optimización y eficiencia de los procesos de eliminación de nutrientes.

TITLE

STUDY OF AERATION SYSTEM EFFICIENCY AND CONTROL STRATEGY BASED OPTIMIZATION AND NUTRIENT REMOVAL. SANTA POLA WWTP.

SUMMARY

In the last decade the increase in population and increase in electricity tariff assumed for water purification a major expense for both the administration and competent companies thereby follows saving studies and research in the WWTP. Currently, the aeration stage accounts for approximately three quarters of the energy consumption of the biological process profitability further purification processes is complicated by the low commercial value of the final product. With all this exposure is decided to act for greater control of these systems.

The objective of this project is to reduce electrical waste currently generated by the WWTP of Santa Pola, for this purpose, two key points:

- Implementation of control methods of aeration.
- Replacing existing equipment with new more efficient aeration equipment.

First analyzes the existing aeration system, performing a comparative analysis of minimum, medium and maximum load on the needs of oxygen and power consumption concluding with the substitution of other more efficient blowers.

Secondly studied energy efficiency control systems can provide, is to achieve a significant saving in terms of energy for two reasons, it acts necessary oxygen requirements while providing oxygen to lower charging hours. Note that this system get on:

- Ensure processes and make more reliable biological nutrient removal.
- Biological phosphorus removal.
- Optimization and efficiency of nutrient removal processes.



UNIVERSIDAD JAUME I

**ESTUDIO DE EFICIENCIA EN SISTEMA
DE AIREACIÓN Y ESTRATEGIA DE
OPTIMIZACIÓN Y CONTROL BASADO
EN ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES.
EDAR DE SANTA POLA**

DOCUMENTO 1

MEMORIA

PROYECTO FINAL DE MASTER

REALIZADO POR: ADRIÁN RODRÍGUEZ POVEDA

DIRIGIDO POR: CARLOS FERRER

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN

VALENCIA, 2013

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	3
2. OBJETO DEL PROYECTO	3
3. NECESIDADES DEL PROYECTO.....	4
3.1 NECESIDADES ACADEMICAS.....	4
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE.....	5
5. VIABILIDAD.....	6
5.1 VIABILIDAD ECONÓMICA	6
5.2 VIABILIDAD TECNOLÓGICA.....	6
5.3 VIABILIDAD LEGAL	6
6. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN.....	7
7. POBLACIÓN EQUIVALENTE	9
8. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	9
9. PROCESO DE DEPURACIÓN	12
9.1 PRETRATAMIENTO	13
9.1.1 REJILLAS DESBASTE.....	13
9.1.2 DESARENADOR	15
9.1.3 DESENGRASADOR.....	16
9.1.4 DESARENADOR – DESENGRASADOR	17
9.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO	20
9.2.1 REACTOR BIOLÓGICO	20
9.2.2 DECANTADOR SECUNDARIO.....	21
9.3 TRATAMIENTO TERCIARIO	22
9.3.1 COAGULACIÓN FLOCULACIÓN	23
9.3.2 FILTRACIÓN.....	23
9.3.3 DESINFECCIÓN	24
9.4 LINEAS DE FANGO.....	25
9.4.1 ESPESADOR	25

1. ANTECEDENTES

El municipio de Santa Pola (Comunidad Valenciana) cuenta en la actualidad con una estación depuradora de aguas residuales urbanas ampliada en 2007 con motivo de modernizar la planta, abastecer a la población creciente en épocas de verano y mejorar la calidad del efluente con ello algunos de los procesos que deben ser remodelados para cumplir las normas actuales de eficiencia.

La depuración de aguas residuales es un objetivo ambiental básico de la Unión Europea que en su directiva 9ª/127 de Mayo de 2005 persigue la protección del medio ambiente y la obligatoriedad de la depuración de aguas residuales urbanas de todos los núcleos de población de más de 2000 habitantes.

La situación actual se plantea desde un punto de vista ambiental y además económico, en primer lugar la situación geográfica de la depuradora hace imprescindible controlar la salida del efluente ya que se encuentra próxima al Parque Natural les Salines de Santa Pola, por otro lado un mayor control del proceso para reducir gastos de explotación en definitiva actuaciones en mejorar la calidad del agua y un ahorro energético.

Además, se está produciendo un aumento poblacional en el municipio por el gran interés turístico y bienestar, por lo que la EDAR permitirá garantizar a largo plazo la calidad ambiental de su entorno.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de optimización propuesto, consiste, en primer lugar, realizar un estudio donde podamos seleccionar el mejor sistema de oxigenación para el reactor biológico, seleccionando equipos más eficientes en la propulsión y en la difusión con las características de la EDAR, seleccionar el material adecuado de acuerdo con diversos criterios como costes y simplicidad de explotación, mantenimiento, superficie, fiabilidad, rendimientos, etc.

En segundo lugar, implementar módulos de control automático, con esto se pretende garantizar una optimización en la eliminación de nutrientes, mediante sondas se pretende mantener un control más refinado de la demanda de oxígeno pudiendo hacer frente a la demanda de oxígeno fuera de franjas horarias donde el precio del Kw/h es más caro, consiguiendo un mayor control a menor precio.

3. NECESIDADES DEL PROYECTO

3.1 NECESIDADES ACADEMICAS

El presente proyecto tiene como necesidad básica, la obtención del título de MASTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN INSTALACIONES INDUSTRIALES.

El proyecto ha sido realizado en la ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES, de la U.J.I. a cargo del departamento de Ingeniería Mecánica y de Construcción, teniendo como directo al profesor titular D. Carlos Ferrer.

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El hombre no sólo usa el agua para su consumo; también la emplea en distintas actividades industriales, agrícolas, domésticas, ganaderas, etc. En definitiva, en todos los sectores que generan productos de desecho. Como consecuencia hace que se produzcan las aguas residuales; en general, se nombra así toda agua que ha perdido su calidad como resultado de su uso.

Las aguas residuales antiguamente se vertían directamente sin depurar a los ríos y al mar, ya que se confiaba en el poder autodepurador de dichos cauces. Sin embargo, actualmente debido al desarrollo industrial, el crecimiento de las ciudades y la actual escasez mundial de los recursos hídricos se han hecho totalmente necesarios los tratamientos de saneamiento de las aguas residuales.

Por otro lado, las consecuencias de verter el agua sin depurar sobre el Medio Ambiente y sobre la salud humana son de diversa consideración por los numerosos microorganismos patógenos que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar presentes en ciertos residuos industriales

La realización del estudio de remodelación y eficiencia EDAR para Santa Pola se fundamenta en varios puntos:

- La legislación vigente obliga al municipio a acogerse a las nuevas normas en materia del tratamiento de aguas residuales urbanas.
- El avance del nuevo Plan General de Ordenación Urbanística aprobado por el ayuntamiento municipal y redactado en Agosto de 2010 predice un próximo aumento de la población.

- Aumento de precio de la electricidad y el auge de nuevas tecnologías hace posible mantener los márgenes constantes Kwh/m³ y reducción el importe de la factura eléctrica.

4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE

- DIRECTIVA 91/271/CEE de 21 de mayo de 1991, sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas, que tiene por objeto la recogida, el tratamiento y el vertido de las aguas residuales urbanas y el tratamiento y vertido de las aguas residuales procedentes de determinados sectores industriales. La finalidad de esta Directiva es la de proteger al medio ambiente de los efectos negativos de los vertidos de las mencionadas aguas residuales.
- REAL DECRETO-LEY 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 312, 30-12-95). Se trata de la transposición de la Directiva 91/271/CEE y tiene por objeto complementar el título V de la Ley 29/1985 de Aguas, de 2 de agosto, y el título III de la Ley 22/1988 de Costas, de 28 de julio, con el fin de proteger la calidad de las aguas continentales y marítimas de los efectos negativos de los vertidos de las aguas residuales urbanas (art. 1).
- REAL DECRETO 509/1996 de 15/3/96, que desarrolla el REAL DECRETOLEY 11/1995 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 77, 29-3-96).
- Este R.D. completa la incorporación de la citada Directiva, desarrollando lo dispuesto en el R.D.-Ley, para lo cual fija los requisitos técnicos que deberán cumplir los sistemas colectores (art. 2), las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales (art. 3), los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones secundarias (art. 5) o de aquellos que vayan a realizarse en zonas sensibles (art. 6) y regula el tratamiento previo de los vertidos de las aguas residuales industriales cuando éstos se realicen a sistemas colectores (art. 8) o a instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas.
- Así mismo, se determinan los criterios que deberán tomarse en consideración para la declaración de las zonas sensibles y zonas menos sensibles (art. 7), que corresponderá efectuar bien a la Administración General del Estado o a las Comunidades autónomas.
- Por último, se establece que las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán efectuar el seguimiento y los controles precisos para garantizar el cumplimiento de las obligaciones contempladas tanto en el R.D.-Ley como en este R.D. (art. 9) y se fijan los métodos de referencia para el seguimiento y evaluación de los resultados de dichos controles (anexo III).

5. VIABILIDAD

5.1 VIABILIDAD ECONÓMICA

Normalmente, los procesos de depuración de aguas residuales tienen una complicada rentabilidad económica ya que el producto final tiene un escaso valor comercial al ser abundante en la naturaleza. Sin embargo, como hemos explicado antes, el proceso de depuración es necesario para asegurar unas condiciones sanitarias y ambientales adecuadas, disminuyendo así el impacto que la sociedad industrializada produce sobre el medio ambiente. Todo esto concede a las EDARs el carácter de bien público, y la obligación a los organismos públicos competentes para buscar la financiación que estas infraestructuras requieren.

Con todo esto, los estudios recientes avalan, un mayor control en los sistemas de depuración, cumpliendo con la normativa de los organismos competentes a menores costes de explotación, consiguiendo ahorra tanto para las administraciones y privadas además de mantener un entorno más equilibrado.

5.2 VIABILIDAD TECNOLÓGICA

Los objetivos marcados en la depuración de aguas residuales, tienen una fácil consecución, gracias a la tecnología y estudios realizados al respecto en el último siglo. Todos los procesos de optimización seleccionados en el proyecto han sido debidamente contrastados experimentalmente y llevan implantados durante un tiempo suficiente para garantizar el correcto funcionamiento de los mismos.

El control mediante software facilita a los operarios la toma de decisiones.

5.3 VIABILIDAD LEGAL

El Real Decreto-Ley 11/1995 de Diciembre de 1995, referente al tratamiento de aguas residuales urbanas, especifica que las poblaciones que cuenten con más de 15.000 habitantes equivalentes deberán aplicar a las aguas residuales que entren en los sistemas colectores un tratamiento secundario o proceso equivalente antes de enero de 2001.

Además, la misma normativa establece unos niveles máximos para el efluente de dicho tratamiento, además de unos porcentajes mínimos de reducción de los agentes contaminantes (Tabla 1).

	Valor máximo permitido	% mínimo de reducción
SS (mgSS/l)	35(*)(**)	90(*)
DBO5 (mgO2/l)	25	70 – 90
DQO (mgO2/l)	125	75

(**) El valor límite de sólidos en suspensión en el efluente de los sistemas de lagunaje no debe sobrepasar los 150 mg/l.
(*) Criterio optativo

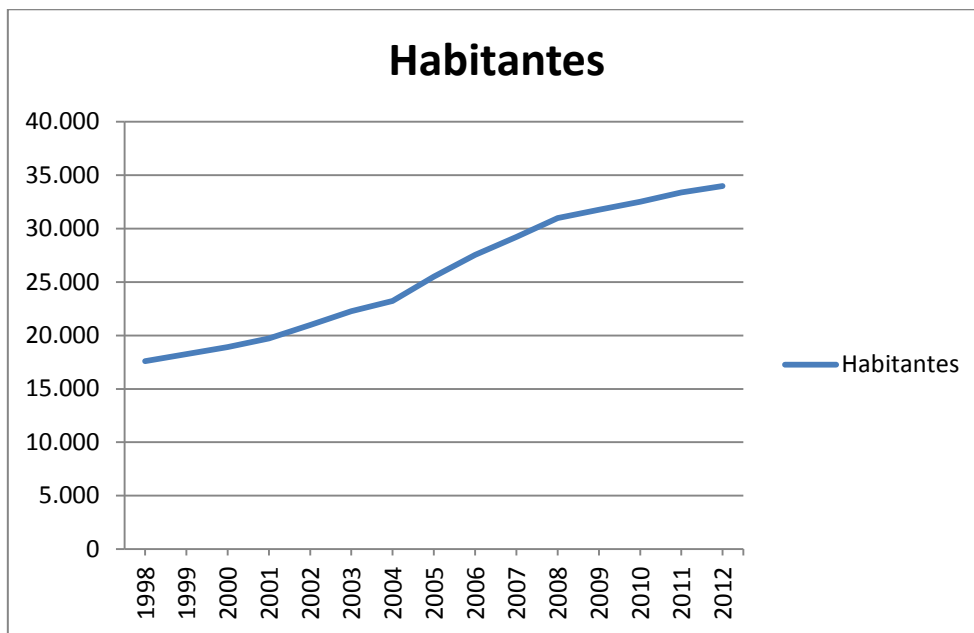
Tabla 1: Valores y porcentajes de reducción permitidos según el R.D. 11/1995.

6. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN

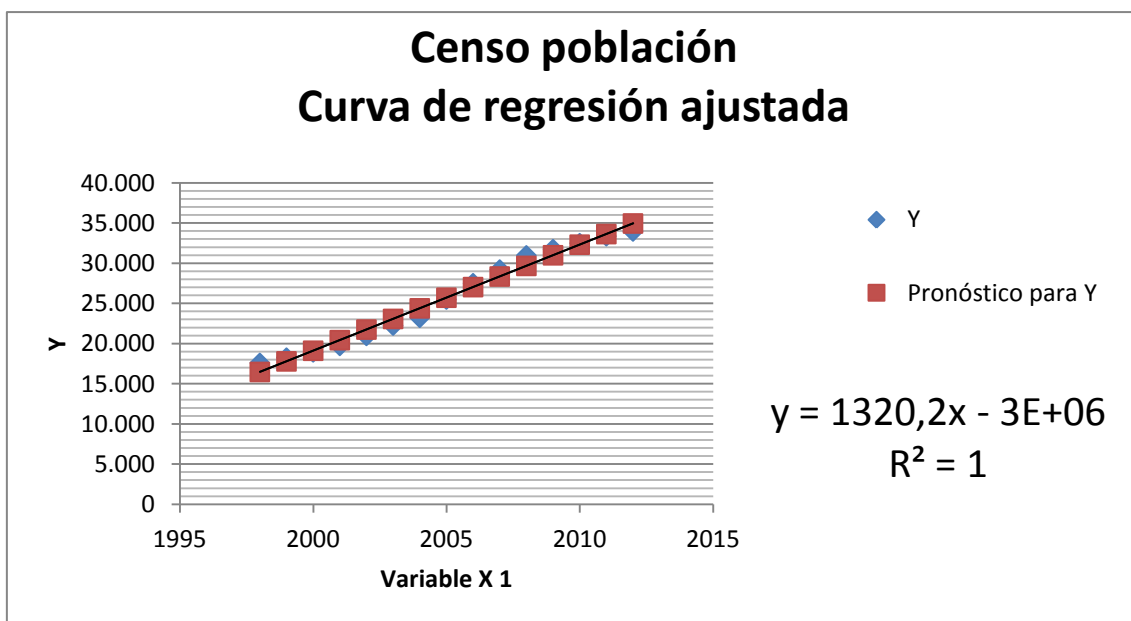
El estudio del crecimiento demográfico y la previsión de la población futura del municipio es imprescindible para realizar un dimensionamiento adecuado de la estación depuradora que le dará servicio. Este dato de población nos permitirá calcular el caudal de agua a tratar, ya que están relacionados directamente mediante la dotación de agua residual por habitante.

Conocemos los datos demográficos del municipio de Medina del Campo mediante los datos del Nomenclátor de unidades poblacionales del Instituto Nacional de Estadística (INE).

AÑO	HABITANTES
1998	17.600
1999	18.253
2000	18.922
2001	19.720
2002	20.965
2003	22.253
2004	23.220
2005	25.494
2006	27.521
2007	29.221
2008	30.987
2009	31.760
2010	32.507
2011	33.372
2012	33.965



Si observamos la evolución de la población en la siguiente figura vemos que sigue una progresión lineal.



Para calcular la población futura aproximada en 2033, sustituimos $x = 2033$ en la recta de regresión lineal:

$$y = 1320,2 * 2033 - 2621290,8 = 62675,8 \text{ habitantes}$$

7. POBLACIÓN EQUIVALENTE

Para calcular el nº de habitantes equivalentes habrá que utilizar los datos de caudal medio de entrada ($Q_m = 6926 \text{ m}^3/\text{d}$), de concentración de DBO5 en la entrada de la planta ($\text{DBO5} = 305 \text{ mg/l}$), obtenida del estudio de cargas contaminantes realizado en los puntos de vertido del municipio, y por último, la relación ($\text{mg DBO5/d} / \text{hab-eq} = 60$).

$$\text{hab - eq} = (Q_m \cdot \text{DBO5}) / 60 = (6926 \cdot 305) / 60 = 35207 \text{ hab-eq}$$

8. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La EDAR está situada según diversos criterios que se tomaron en el momento de ejecución inicial de la obra, por ello toda actuación deben estar sujetos dentro de los límites y criterios establecidos.

1. Mínima distancia de bombeo entre los puntos de recogida de vertido y la EDAR
2. Lejano de las zonas urbanas, por la posible generación de olores, entre otros motivos.
3. Situado preferiblemente en suelo municipal para evitar expropiación de terrenos.
4. Situado fuera de terrenos con interés turístico, debido a la devaluación que sufre el terreno periférico a la EDAR, una vez se conoce su emplazamiento.
5. Cercano a los puntos de reutilización, para minimizar la potencia de bombeo.
6. Situado donde el viento predominante se aleje del núcleo urbano.

Ubicación:

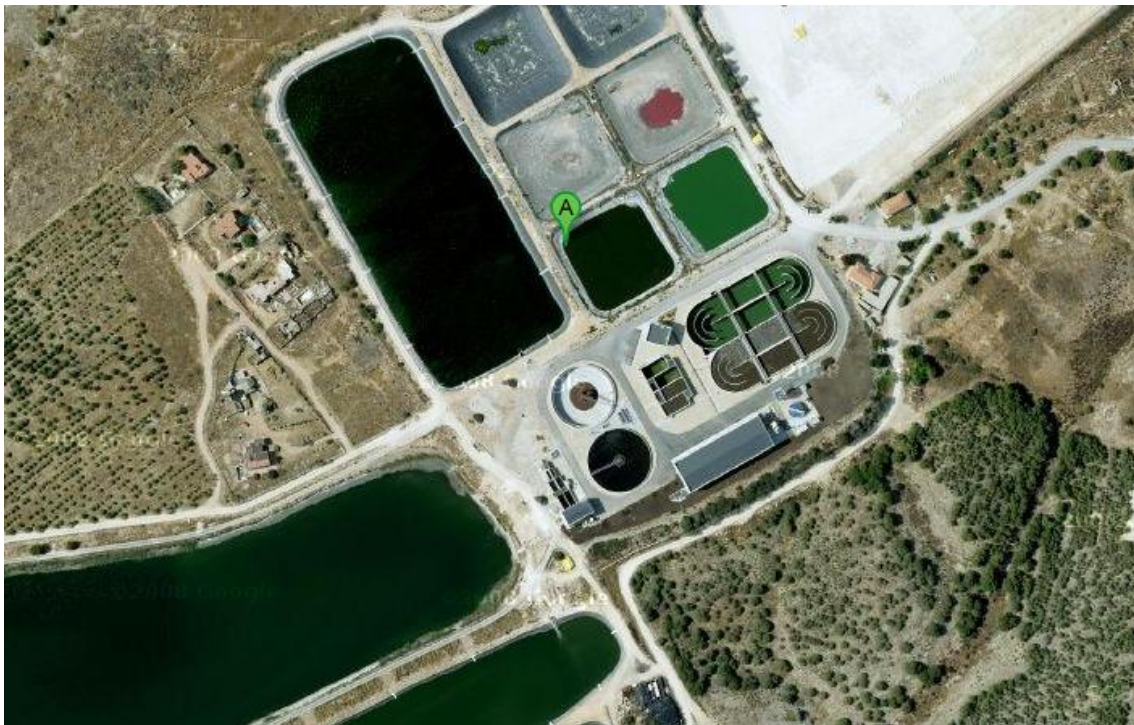


Figura1, 2: Mapa del emplazamiento

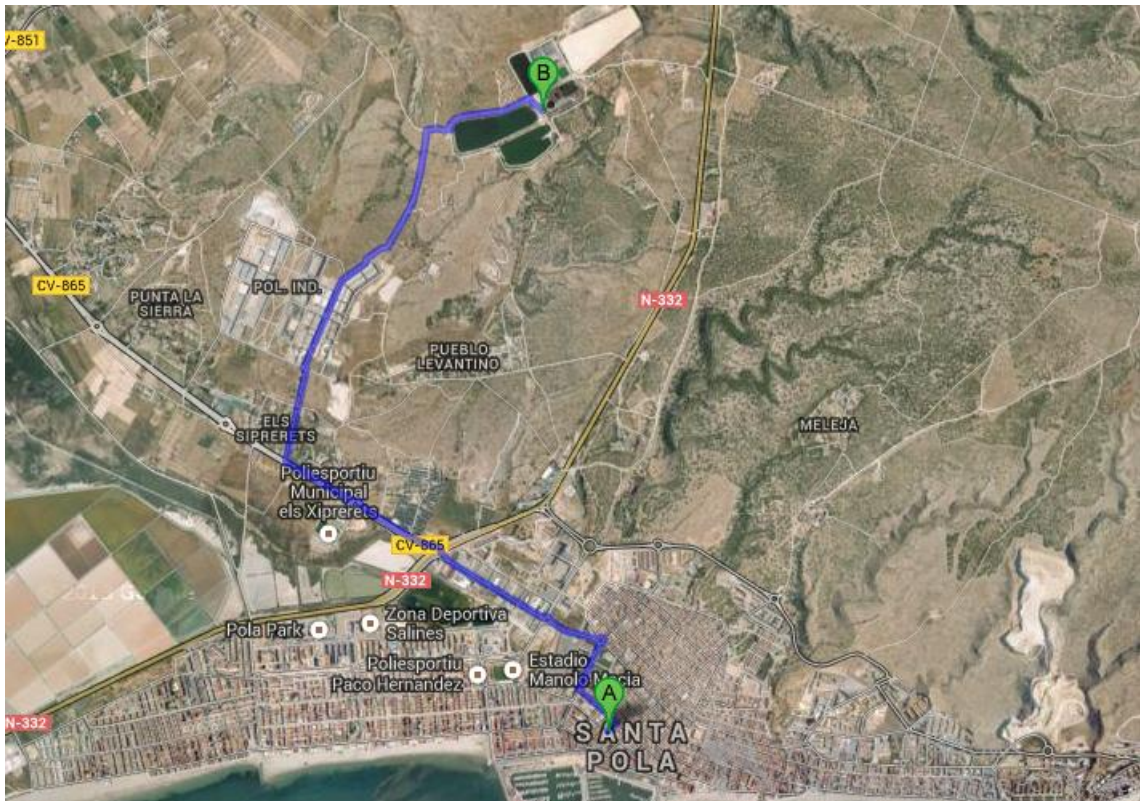


Figura 3, 4: Superior. Como llegar. Inferior. Mapa ampliado de la EDAR



9. PROCESO DE DEPURACIÓN

Operaciones unitarias a los métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, y como procesos unitarios a los métodos que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos. En la actualidad esta operación y procesos se agrupan entre sí llamados tratamientos primario, secundario y terciario.

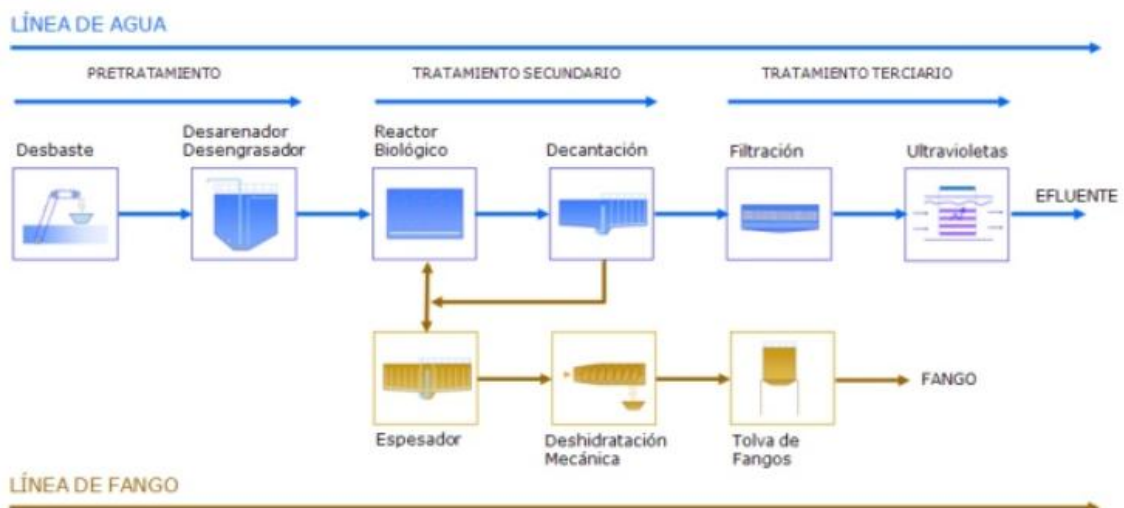
El tratamiento primario contempla el uso de operaciones físicas tales como la sedimentación y el desbaste para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual. En el tratamiento secundario se realizan procesos biológicos y químicos, los cuales se emplean para la eliminar la mayor parte de la materia orgánica. Y por último el tratamiento terciario se emplea combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias para remover esencialmente nutrientes cuya reducción con tratamiento secundario no es significativa.

Características del efluente:

Caudal del proyecto (m3/d)	24.000
Potencia instalada (kw)	1.868
Cordenadas UTM	X: 713391 Y:4232969 Z:68
Caudal (m3/día)	6.926
Población servida (he)	41.659
Rendimiento (%)	SS:98 DBO5: 99 DQO: 94

CARGA CONTAMINANTE DE ENTRADA	
Concentración media DBO5	305 mg/l
Materia en suspensión(SS)	225 mg/l

Diagrama de bloques:



9.1 PRETRATAMIENTO

El primer lugar en la depuración del agua residual ha de consistir, lógicamente, en una eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos, que están presentes en el efluente que perjudicaría el tratamiento total y dañaría el funcionamiento y eficiencia de las máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora.

Los elementos que forman parte del pretratamiento de la EDAR en estudio:

- Bombeo del agua residual hasta una cota que posibilite su flujo por gravedad en el resto de la planta.
- Desbaste, para la eliminación de las sustancias de tamaño excesivamente grueso.
- Aliviadero de agua en exceso, para evitar sobrecargas hidráulicas en el proceso.
- Desarenado, para la eliminación de arenas y sustancias sólidas densas en suspensión.
- Desengrasado, para la eliminación de los distintos tipos de grasas y aceites presentes en el agua residual, así como de elementos flotantes.

9.1.1 REJILLAS DESBASTE

El desbaste se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas), y tiene como objeto retener y separarlos cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual. Se consigue así:

- Eludir posteriores depósitos.
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general
- Interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores (desarenador, medidor de caudal, decantadores, etc.).
- Aumentar la eficiencia de los tratamientos posteriores.
- Indirectamente, el consumo tal de oxígeno necesario para la depuración.

Puede decirse que, salvo excepciones, la instalación de rejillas de desbaste es indispensable en cualquier depuradora, retirando al máximo las impurezas del agua para su eliminación directa, compactadas o no, en vertederos de residuos sólidos, o por incineración.

Tipos de rejillas:

Criterio de inclinación de la rejilla:

- Horizontales
- Verticales
- Inclınadas
- Curvas

Criterio de la separación libre entre barras:

- Finas
- Medias
- Gruesas

Aunque no existe un criterio único para la delimitación de los distintos tipos, se pueden considerar como rejillas finas aquellas en que la separación libre de aberturas es inferior a 1,5 cm.

Se recomienda colocar al menos dos unidades de rejas, de modo que sea posible dejar una de ellas fuera de servicio para realizar las labores de mantenimiento o una raja de seguridad manual para que en caso de fallo del sistema de limpieza automática de la reja no se produzcan inundaciones.

Bombeo del agua residual

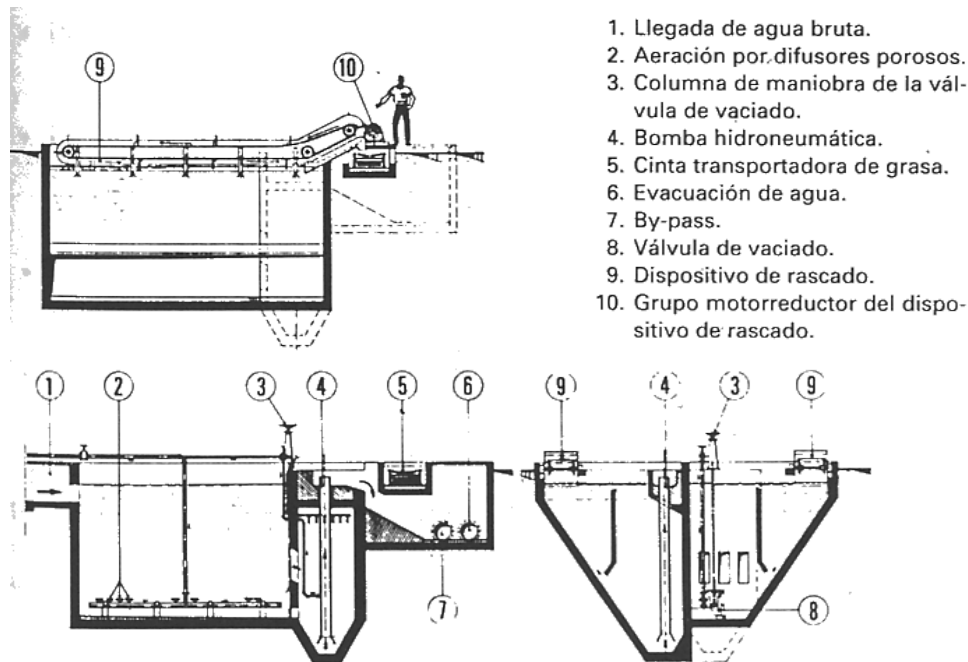
La necesidad de bombeo del agua viene dada por las condiciones topográficas y por transportar las aguas residuales de un punto a otro, entre los que no existe la necesaria diferencia de cotas para que pueda realizarse el vertido por gravedad.

Actualmente se precisa de dos tanques de tormentas rectangulares con la función de procesar aguas en momentos punta o cambios meteorológicos donde el caudal de entrada aumenta considerablemente. Estos tanques albergan $Q=5520\text{m}^3$ y dos bombas sumergibles $Q= 1600\text{m}^3/\text{h}$

ELEVACIÓN AGUA BRUTA	
4 (3+1) Bombas sumergibles	3.375 m ³ /h
2 Bombas sumergibles	1.600 m ³ /h

9.1.2 DESARENADOR

El desarenador es un sistema basado en la eliminación por sedimentación de sólidos de dimensiones superiores a 0,25 mm de diámetro esférico equivalente y densidad de 2,65 kg/L (materia inorgánica arrastrada por el agua). Consiste en ampliar la sección de canal consiguiendo una velocidad del efluente (tiempo de retención hidráulico) mucho menor con la capacidad de que las partículas de arena queden sedimentadas en el fondo.

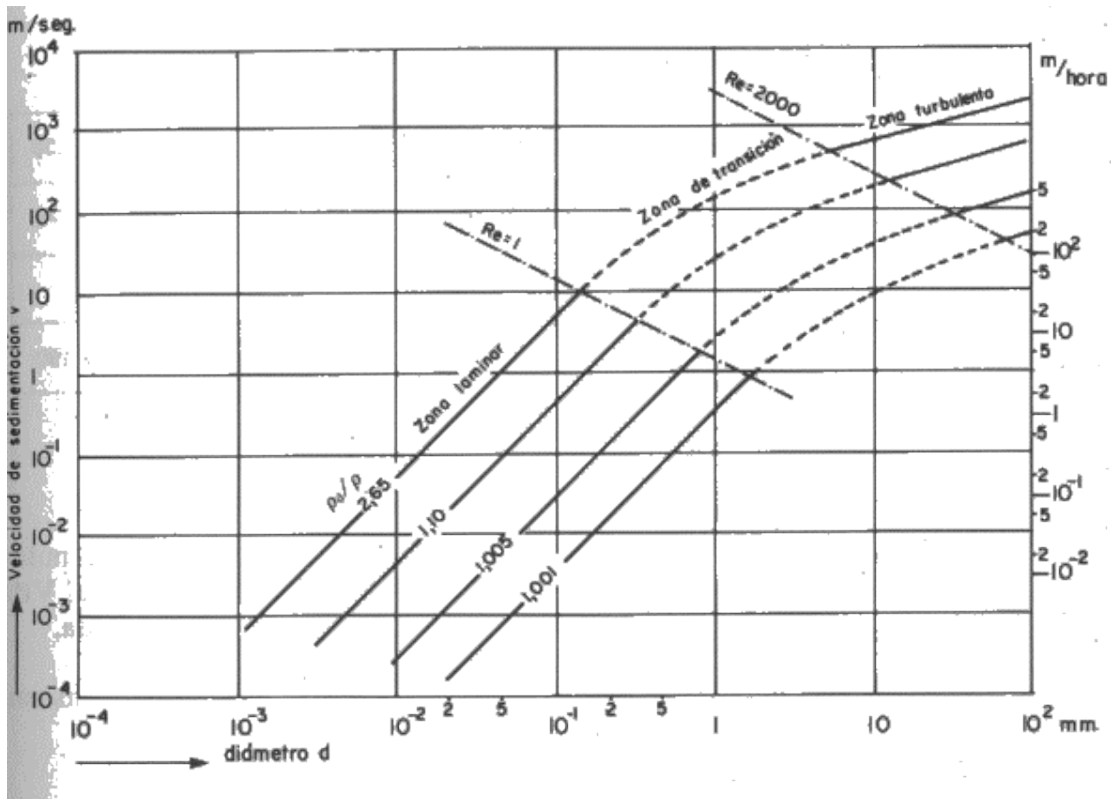


Esquema de un desarenador.

La eficiencia de un desarenador medida como función del tamaño mínimo de partícula que va a separar y denominada carga hidráulica (CH), es proporcional al caudal de agua a tratar e inversamente proporcional a la superficie de la lámina de agua de dicho desarenador y viene dada en $m^3/m^2 \cdot s$. El valor de carga hidráulica para las partículas de tamaño igual o mayor al de las arenas ($\varnothing \geq 0,25$ mm) es superior a $0,03m^3/m^2 \cdot s$; teniendo en cuenta que la materia orgánica comienza a depositarse por debajo de los $0,04m^3/m^2 \cdot s$, se comprende que para obtener una completa eliminación de las arenas, estas estarán parcialmente mezcladas con materia orgánica sedimentable fácilmente putrescible y que puede favorecer la proliferación de organismos patógenos, lo cual hace que en vez de ser RSI's pasen a ser Residuos Tóxicos y Peligrosos (RTP's). Las arenas extraídas del desarenador son bombeadas al concentrador de arenas.

En el diseño de desarenadores como el actual hay que tener en cuenta la velocidad del afluente ya que podemos arrastrar las partículas por la corriente de agua.

La velocidad del agua v_H ha de estar comprendida entorno a los $0,30 \pm 0,06$ m/s para evitar este efecto.



9.1.3 DESENGRASADOR

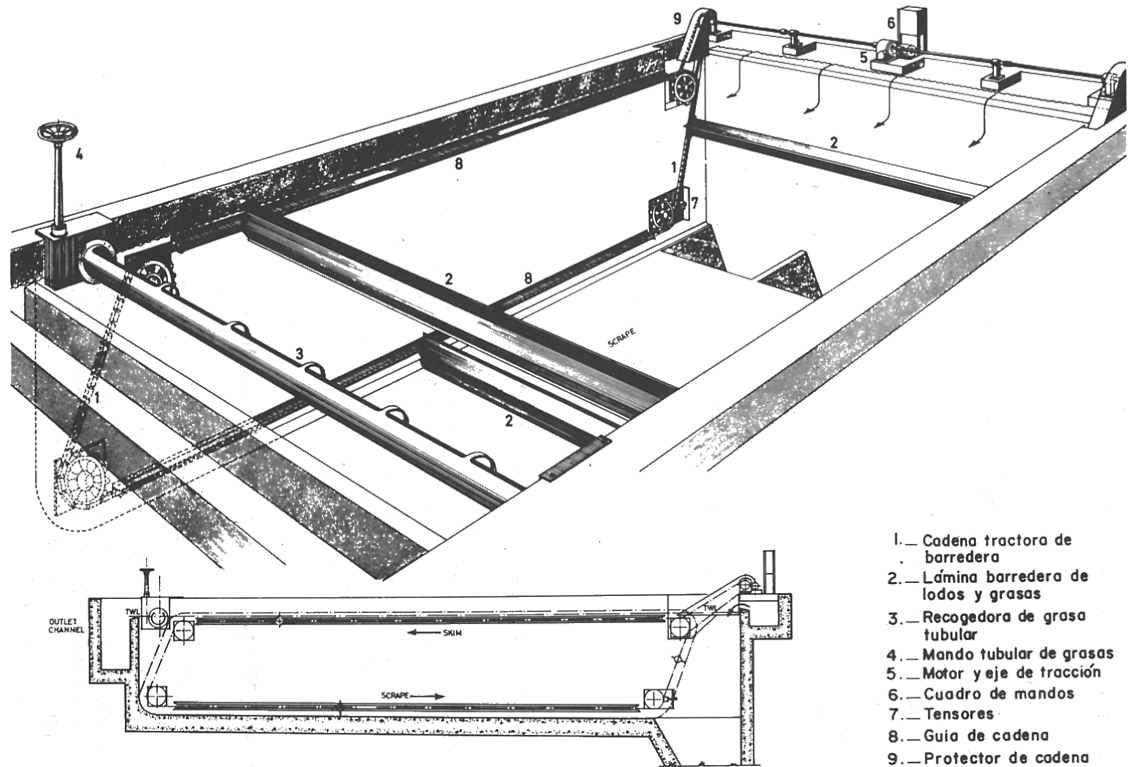
Las aguas residuales contienen en pequeñas proporciones materia orgánica no soluble (hidrofílica) y de menor densidad que el agua, constituida mayoritariamente por ester. Estas sustancias conocidas como grasas (sólidos o pastas) y aceites (líquidos), se pueden encontrar en tres formas en el agua:

- Solubilizadas: es la forma menos común de que se encuentren en el agua dada su baja solubilidad en la misma.
- Emulsionadas: formando pequeñas gotículas rodeadas de agua, que dan lugar a suspensiones, en algunos casos muy estables.
- Libres: formando gotas de tamaño medio y grande del orden de la micra.

Para la eliminación de grasas y aceites del agua es necesario que se encuentren no solubilizadas y romper las emulsiones para su mejor separación.

La separación de grasas y aceites se efectúa mediante un proceso de flotación, donde las gotículas de grasa de diámetro entorno a $150 \mu\text{m}$ ascienden con una velocidad comprendida entre 1 y 4 mm/s. Las grasas y aceites son retirados de la superficie de la balsa de flotación bien manualmente, bien mediante un sistema de rasquetas accionadas

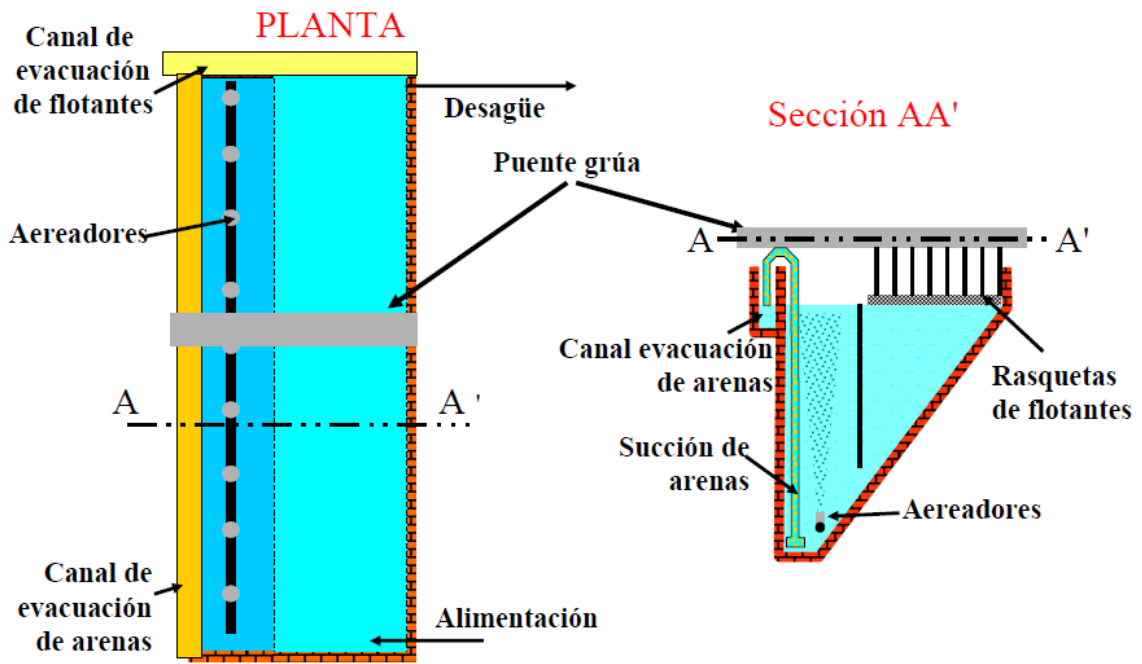
automáticamente. El agua retirada, con alto contenido en flotantes, es canalizada hasta el desnatador; sistema similar al desengrasador; pero en el que, al tener que tratar un caudal menor, los tiempos de retención son mayores aumentando la eficiencia de eliminación de flotantes.



- 1.— Cadena tractora de barredera
- 2.— Lámina barredera de lodos y grasas
- 3.— Recogedora de grasa tubular
- 4.— Mando tubular de grasas
- 5.— Motor y eje de tracción
- 6.— Cuadro de mandos
- 7.— Tensores
- 8.— Guía de cadena
- 9.— Protector de cadena

9.1.4 DESARENADOR - DESENGRASADOR

Uno de los problemas para el diseño de sistemas que eliminen eficientemente grasas y arenas simultáneamente, es que las velocidades características de desplazamiento de ambos tipos de sustancias es diferente, siendo unas diez veces más rápido el desplazamiento de las arenas que el de las grasas. Los tiempos de retención hidráulica óptimos para la eliminación de arenas, son insuficientes para separar las grasas presentes en el agua, y por el contrario si se aumenta el tr hasta valores que permitan una separación eficiente de las grasas, la cantidad de materia orgánica depositada junto con las arenas es muy importante; el residuo sólido retirado del fondo de la balsa dejaría de ser considerado como RSI's para ser un RTP's. La forma de acelerar la velocidad ascensional de las grasas hasta igualarla a la de caída de las arenas (6 cm/s) es insuflar aire en forma de burbujas de diámetro medio (2-5 mm). El volumen de gas necesario es de una cuarta parte del agua a tratar.



Esquema de desarenador-desengrasador por aire asistido



Las ventajas del desarenador aireado son las siguientes:

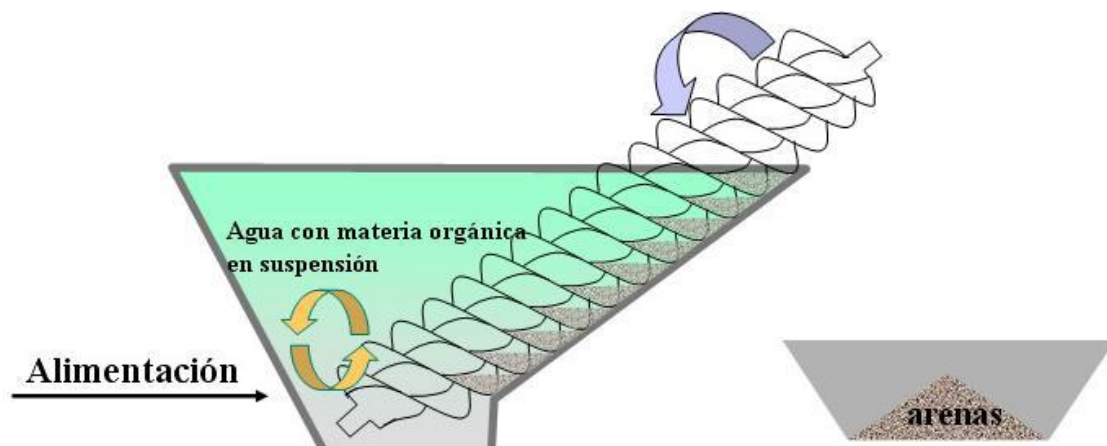
- La eficiencia de eliminación de arenas se mantiene para amplios rangos de caudal.
- La arena sale libre de materia orgánica.
- Previene las condiciones sépticas.

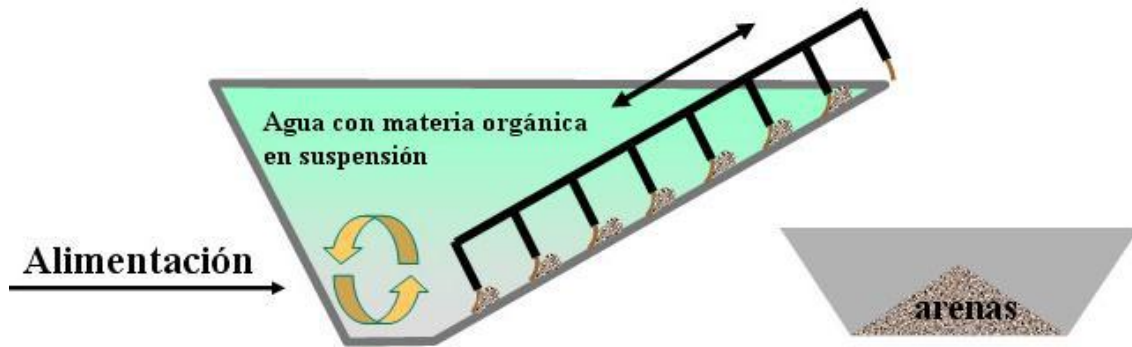
Las desventajas son:

- Mayor consumo de energía.
- Requiere un sistema de aireación.
- El diseño es más complicado.
- Requiere mayor inversión.

Las arenas que se depositan en el fondo escurren debido a la pendiente de las paredes de la balsa, hasta la primera cámara. La eliminación de arenas del fondo se efectúa por succión y deposición en un canal lateral de donde pasan al concentrador de arenas, el cual está diseñado para recoger la mezcla de agua, arena y materia orgánica, y lavar la arena de la contaminación orgánica que pueda arrastrar, además de reducir el contenido en agua para permitir su eliminación a vertedero de RSI's y reducir costes en el transporte, por disminución de volumen. El proceso de lavado se realiza creando turbulencias en el concentrador, de manera que permanezca en suspensión la materia orgánica y se depositen solamente las arenas en el fondo, de donde son extraídas mediante alguno de los siguientes métodos:

- Tornillo sinfín.
- Rasquetas oscilantes o de vaivén.





En su día se decidió por el diseño de un desarenador-desengrasador por las ventajas descritas anteriormente y por un aprovechamiento del reducido espacio del que se dispone, en tal caso las características del pretratamiento

9.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO

9.2.1 REACTOR BIOLÓGICO

Una segunda parte importante en el proceso de depuración es la eliminación de la suciedad que el agua tiene disuelta o en suspensión. El tratamiento biológico se encarga de favorecer el crecimiento de bacterias y otros organismos propios del agua (principalmente protozoos) que se alimenta de la materia orgánica. Se mantienen en un depósito llamado reactor biológico.

Estos microorganismos (de tamaño microscópico), para poder asimilar la materia orgánica, necesitan una cantidad importante de oxígeno, que generalmente se añade por medio de una inyección de aire en el reactor biológico. El aire se suele añadir mediante la agitación mecánica y superficial del agua con una serie de turbinas u otros rotores. En otros casos, a través de unos difusores sumergidos que reciben el aire de motores impulsores.

El sistema de fangos activos se basa en un proceso biológico heterotrófico aeróbico (con necesidad de una fuente de carbono y nitrógeno orgánicos). La transformación de la materia orgánica en una masa insoluble (fangos) requiere energía, que se obtiene de la oxidación de la misma materia orgánica del agua residual. En el fango del tanque de aireación también contiene hongos y un gran número de pequeños protozoos ciliados, que ayudan a metabolizar la materia orgánica presente en el agua

residual y que al mismo tiempo sirven para mantener las poblaciones de protozoos depredadores de bacterias (esencialmente ciliados y amebas) y ciertas especies de animales pluricelulares (nematodos y rotíferos). El hecho que predominen unas poblaciones u otras dependerá de una serie de factores, entre los cuales hay que remarcar la aportación orgánica y de nutrientes así como el tiempo de retención del agua y del fango en el tanque de aireación.

Actualmente la EDAR de Santa Pola cuenta con un tratamiento biológico, proceso de aeración prolongada en dos líneas idénticas con forma de canales de oxidación tipo carrusel, con aeración por difusores de membrana de burbuja fina de 33 cm de diámetro. El volumen total es de 20.440 m³. Se disponen de 8 parrillas de 394 difusores, distribuidos en cuatro parrillas por línea. El aire es suministrado por 5 soplantes de émbolos rotativos con potencia nominal de 250 kW con cabina de insonorización y regulación mediante 2 variadores de frecuencia.

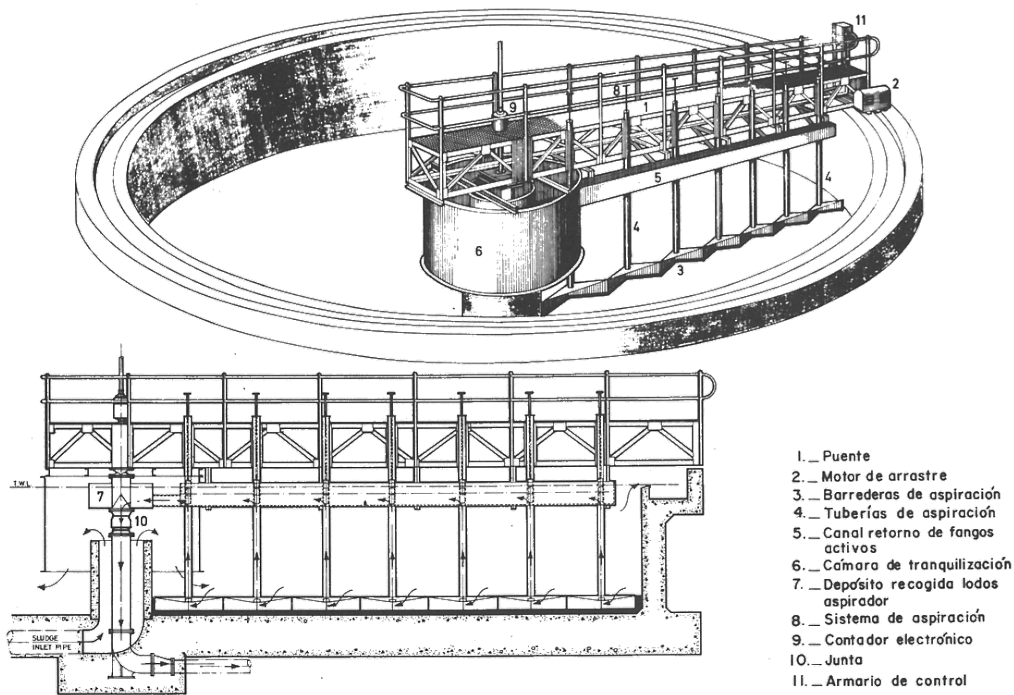
9.2.2 DECANTADOR SECUNDARIO

La decantación es vital para la operación y funcionamiento de los sistemas de tratamiento de cultivo suspendido. En este proceso se separan la biomasa del agua tratada antes de su descarga. También espesa los fangos activados antes de su retorno a los procesos de aireación o de la purga de los fangos en exceso.

En definitiva, se elimina la materia orgánica y se consigue reducir los valores de SS y de DBO5 del agua tratada.

Al igual que en la decantación primaria, los parámetros de diseño son:

- Carga hidráulica a Q_{medio} (m³/m²·h).
- Tiempo de retención a Q_{medio} : tr@ 4 h.
- Reducción de SS @ 33%
- Reducción de DBO5 @ 66%



9.3 TRATAMIENTO TERCIARIO

Los tratamientos terciarios o avanzados permiten obtener una calidad de efluente mejor que la lograda en los tratamientos primarios y secundarios convencionales. Con tratamientos terciarios se logra mejorar la remoción de DBO, DQO, SS y nutrientes alcanzada en los tratamientos previos ó remover contaminantes disueltos, coloidales, recalcitrantes, que no han sido removidos en los tratamientos previos.

Los tratamientos terciarios son más específicos y costosos que los tratamientos primarios y secundarios

- Coagulación / Floculación.
- Filtración en medio granular o uso de membranas (osmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración, microfiltración, electrodiálisis).
- Intercambio iónico.
- Adsorción.
- Oxidación química.
- Incineración.
- Arrastre por vapor de agua o aire.

9.3.1 COAGULACIÓN FLOCULACIÓN

El objetivo de la coagulación y floculación es eliminar los sólidos suspendidos y coloidales cuyas velocidades de sedimentación son demasiado lentas para una clarificación satisfactoria, porque se requeriría la utilización de tanques de sedimentación con unos períodos de retención muy elevados.

El material en suspensión tiene un tamaño en el rango 10⁻⁷ a 10⁻¹ mm. Los coloides inorgánicos (arcillas) tienen un tamaño de rango 10⁻⁶ a 10⁻³ mm y constituyen el componente dominante del material en suspensión. El componente minoritario corresponde a coloides orgánicos y microorganismos.

Por su pequeño tamaño, el material particulado suspendido tiene una velocidad de sedimentación muy baja.

Coagulación es el proceso de desestabilización química de las partículas y floculación es el proceso de aglomeración de las partículas desestabilizadas en partículas de mayor tamaño (flóculos o flocs) que pueden sedimentar.

Los coagulantes más utilizados son:

- Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$
- Cloruro Férrico $FeCl_3$
- Sulfato Férrico $Fe_2(SO_4)_3$

A veces es conveniente el uso de polímeros (polielectrolítos) ya que mejoran la calidad del floc formado y producen menor cantidad de lodos

9.3.2 FILTRACIÓN

En los procesos con membrana el agua residual se pone en contacto con una membrana porosa y por acción de una fuerza impulsora, se consigue una separación de los componentes de la misma, en función del tamaño de las moléculas presentes en el agua residual, del tamaño de poro de la membrana y de las interacciones moléculas-membrana en algunos casos.

Una membrana es un material que formando una pared fina que es capaz de ejercer una resistencia selectiva a la transferencia de los diferentes constituyentes del agua residual. Así disolventes y sales de bajo peso molecular pasarán a través de la membrana y materiales disueltos de alto peso molecular o materiales coloidales quedarán retenidos.

Tipos de filtración

- Microfiltración (MF): filtración de suspensiones que contienen coloides o partículas finas en el rango de tamaño aproximado entre 0.02 y 10 micras.
- Ultrafiltración (UF): separación de partículas en el rango comprendido entre 0.001 y 0.02 micras lo que admite la eliminación de materias de alto peso molecular ($PM \geq 1000$) y en estado coloidal.
- Osmosis Inversa (OI): separación casi completa de partículas en el rango de tamaño entre 0.0001-0.001 micras y de solutos de masa molecular de 300. Se aplica a sales inorgánicas y/o compuestos orgánicos de peso molecular relativamente alto.
- Nanofiltración: proceso intermedio entre la ultrafiltración y la ósmosis inversa, permite la eliminación de moléculas orgánicas de relativo bajo peso molecular ($PM \geq 200$) y retiene incluso cationes y aniones divalentes

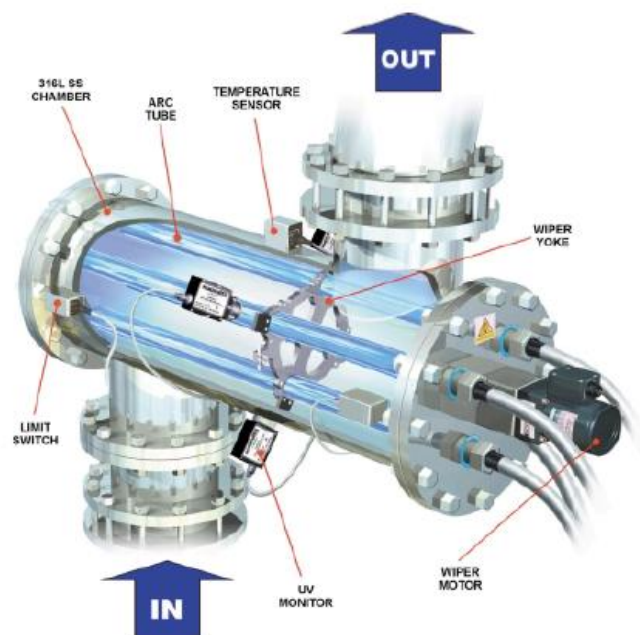
9.3.3 DESINFECCIÓN

Ultravioletas:

Desinfección: El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales.

El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la clorina, o la luz UV. La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV

(es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).



9.4 LINEAS DE FANGO

9.4.1 ESPESADOR

El objetivo de los espesadores es separar las dos fases (sólido y agua) de forma efectiva, aumentando las concentraciones de sólidos, de manera que los volúmenes sean menores; así, si de un 1% de concentración se consigue un 5 %, se habrá reducido 5 veces la cantidad de fango a procesar.

- Continuos

Espesamiento por gravedad.

Espesamiento por flotación.

- Discontinuos

Espesamiento mecánico

Centrífugas espesadoras.

Tambores rotativos.

Mesas espesadoras.

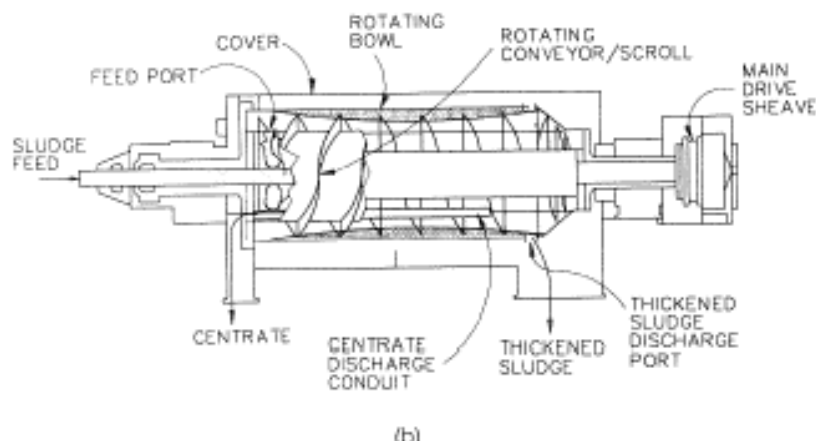
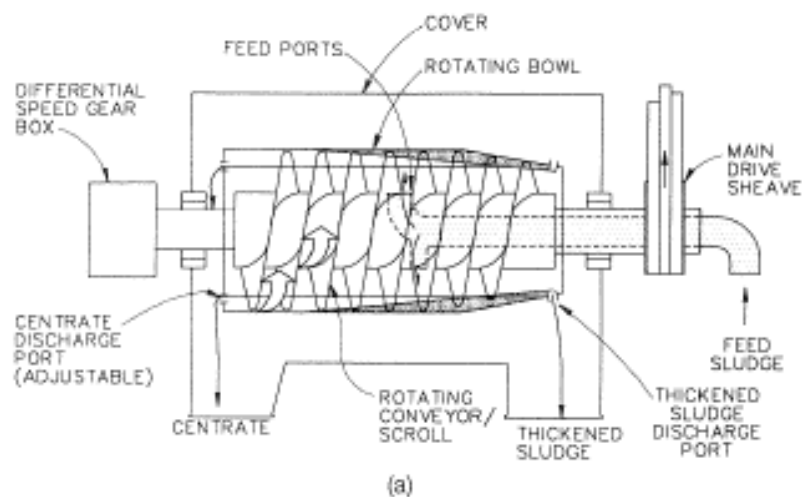
Centrifugas:

Las centrifugas se utilizan, tanto para espesar fangos como para deshidratarlos. Su aplicación para el espesado se suele limitar al espesado de fangos activados. El espesado por centrifugación implica la sedimentación de las partículas de fango bajo la influencia de fuerzas centrífugas.

Los dos principales tipos de centrifugas empleadas actualmente para el espesado de fangos son la centrifuga de camisa maciza, y la centrifuga de cesta.

La centrifuga de camisa maciza consiste en una camisa maciza dispuesta horizontalmente, con un extremo de forma tronco cónica.

La centrifuga de cesta tiene un funcionamiento discontinuo y consiste en una cesta que gira alrededor de un eje vertical. Este tipo de centrifugas está especialmente indicado para su aplicación con fangos blandos o para sólidos finos que resultan difíciles de filtrar, o en casos en los que la naturaleza de los sólidos es muy variable.



Características:

Fuerza centrípeta < 500*Fuerza gravedad

- Fangos biológicos
- No siembre necesidad de polímero: 1 – 3 kg/Tm SS
- Consumo energético: 800 – 1500 wh/m³ fango
- Sensible a cambios en las características del fango
- Muy compacta

PARÁMETRO	VALORES
Concentración fango entrada (%)	0.3 – 1.5
Concentración espesado (%)	3 - 10
Eficiencia de captura (%)	50 - 97
Consumo de polímero (kgP/TmMS)	0 - 5

10. BIBLIOGRAFIA

David Castell; Mairena García Ventoso; Isabel Tormos Fibla; Carlos Ferrer; José Juan Morenilla; Ignacio Bernacer; Antonio Basiero. “Optimización energética del sistema de aireación de una EDAR. Análisis comparativo de dos tecnologías. Artículos técnicos”

Pedro Simón Andreu; Carlos Lardín Mifsut; Beatriz Moreno Caballero; Joan Marc Ponsoda Mauri; Aitor Beldarían Uriondo; Amador Rancaño Pérez. “Optimización energética del tratamiento biológico de la EDAR de Ceutí. Parte I, II: selección de la estrategia de control y resultados. Artículos Técnicos”

EPSAR “<http://www.epsar.gva.es/instalaciones/edar.aspx?id=196>”

A. Hernández Muñoz, A. H. Lehmann, P. Galán Martínez; “Manual de depuración Uralita- sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes” Uralita Productos y Servicios S.A., Editorial Paraninfo, Madrid 1995.

Aurelio Hernández Lehmann, “Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales”, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1997.

José A. Díaz Lázaro-Carrasco, “Depuración de Aguas Residuales”, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Centro de Publicaciones, Madrid, 1991.

Metcalf & Eddy, “Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización” (3ª edición), McGraw-Hill, Madrid, 1995.



UNIVERSIDAD JAUME I

**ESTUDIO DE EFICIENCIA EN SISTEMA
DE AIREACIÓN Y ESTRATEGIA DE
OPTIMIZACIÓN Y CONTROL BASADO
EN ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES.
EDAR DE SANTA POLA**

DOCUMENTO 2

ESTUDIO DE EFICIENCIA

PROYECTO FINAL DE MASTER

REALIZADO POR: ADRIÁN RODRÍGUEZ POVEDA

DIRIGIDO POR: CARLOS FERRER

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN

VALENCIA, 2013

ÍNDICE

1. SUMMARY.....	5
2. INTRODUCCIÓN.....	6
3. SITUACIÓN INICIAL DE ENERGÍAS.....	7
4. ESTADO ACTUAL.....	7
5. ETAPAS A SEGUIR EN UNA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO	9
6. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	10
7. SELECCIÓN DEL GRUPO SOLPLANTE.....	11
7.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ANTERIOR.....	11
7.2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA	14
7.3. ESTUDIO DE AHORRO DE LA MEJORA.....	19
7.3.1. AHORRO ENERGÉTICO.....	22
7.3.2. AHORRO ECONÓMICO.....	22
7.3.3. PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	23
7.3.4. AHORRO MEDIOAMBIENTAL	24
7.4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	25
7.4.1. DISEÑO	26
7.4.2. MOTOR ELÉCTRICO DE ALTA VELOCIDAD	27
7.4.3. VARIADOR DE FRECUENCIA.....	27
7.4.4. IMPULSOR	27
7.4.5. RODAMIENTOS MAGNETICOS	28
7.4.6. PANEL CONTROL DEL COMPRESOR.....	28
7.4.7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	29
7. MEJORAS DIRIGIDAS AL CONTROL	31
7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA EDAR E INSTRUMENTACIÓN ACTUAL	31
7.2. JUSTIFICACIÓN DE LA NUEVA INSTRUMENTACIÓN PROPUESTA	31
8. PROPUESTAS DE ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES	34

9. ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS DE CONTROL PARA LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES Y OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA	34
9.1. FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL CONTROL DEL SUMINISTRO DE AIRE AL REACTOR.....	35
9.2. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL	35
9.3. JUSTIFICACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	38
9.4. ARQUITECTURA DE LAS COMUNICACIONES ENTRE LA EDAR Y LA PLATAFORMA DE CONTROL.....	39
10. OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA.....	40
10.1 MÓDULO DE GESTIÓN ENERGÉTICA	40
10.2 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y AHORRO PREVISTO.....	41
10.3 PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	44
11 VIABILIDAD DE PROPUESTAS OFERTADAS Y CONCLUSIONES.....	44
11.1 PERIODOS DE RETORNO TOTALES.....	44
11.2 CONCLUSIONES	45

ÍNDICE

DE TABLAS Y GRÁFICAS

Grafica 1: Porcentaje de energía consumida en la EDAR de Santa Pola.....	7
Tabla1: Datos obtenidos de la curva de funcionamiento de la soplante.....	13
Tabla2: Datos de funcionamiento de la soplante GM 150 S.....	13
Tabla2.1: Datos aproximados caudal necesario EDAR Santa Pola.....	14
Gráfica 2: Curva de potencia respecto a caudal proporcionado.	17
Tabla 3: Consumo soplantes en la época estival	19
Tabla 4: Consumo soplantes en el resto del año.....	20
Tabla 5: Consumo anual de las soplantes.....	20
Tabla 6: Rango operativo del turbocompresor de 150 kW.....	20
Tabla 7: Consumo turbocompresores en la época estival.....	21
Tabla 8: Consumo turbocompresores en el resto del año.....	21
Tabla 9: Consumo anual de los turbocompresores.....	21
Tabla 10: Tabla de ahorro de energía	22
Gráfica 3: Comparativa de energía consumida durante un año	22
Tabla 11: Tabla de ahorro económico	22
Gráfica 4: Comparativa del ahorro económico durante un año	23
Tabla 12: Periodo retorno para el sistema de aireación.....	23
Gráfica 5: Comparativa del ahorro medioambiental en KgCO ₂ /Kwh durante un año ..	24
Tabla 13: Instrumentación necesaria para la medida del afluente.....	32
Tabla 14: Estimación de ahorro en coagulante.....	42
Tabla 15: Estimación en ahorro energético y económico con la implementación del sistema de control	43
Tabla 18: Periodo de retorno total	44
Tabla 17: Resumen de las dos alternativas.....	44
Tabla 16: Periodo retorno para el sistema de control de nutrientes.....	44

1. SUMMARY

Human activity in recent centuries has brought damage and wear of the environment in which we live, thus the high consumption of natural resources as the reason for the exponential increase in human activity. The water between the most essential resources that we have, not only human beings but every living on Earth. Motor of human activity, studies reveal the deterioration of quality in rivers, lakes and seas. This constant activity born of water purifying population centres, not only the largest but also the smaller growing populations through the construction of a WWTP.

Definition of WWTP is a residual debugger station collects wastewater from a population or industry and after a series of treatments and processes, the return to a receiving stream (river, reservoir, sea).

Currently, the water sector managers have seen energy costs have become more important in the cost structure of their business. Much so that the steady upward trend in the price of electricity and the increased social awareness on environmental forces, increasingly companies to follow energy saving strategies.

The importance of the energy budget is also clearly reflected in the operation of a wastewater treatment plant (WWTP), where the cost of energy consumption is estimated between 15 and 30% of the total operation, the largest spending plant.

The significance of this issue is of such magnitude that has developed specific standards in the industry to adopt working methods aimed at continuous improvement in energy efficiency, as the UNE 216301 on system energy efficiency management. Furthermore, it should be noted that the energy demand of treatment depends on the type and size of the installation.

The objective of the study is to propose a set of joint actions aimed at fulfilling the following objectives:

Conduct ongoing monitoring of consumption, quality of energy saving equipment.

Ensure processes and make more reliable biological nutrient removal continuously ensuring quality parameters in terms of nitrogen (NT <15mgN / L) and phosphorus (PT <2mgP / L).

Maximizing the possible biological phosphorus removal using control strategies.

Implement control strategies necessary for the optimization of nutrient removal processes, controlling all the elements involved in this process, together with the optimization of energy and associated costs.

Determine the necessary instrumentation to perform the required objectives.

The study presents in detail the various points that will carry out a comprehensive solution to the required objectives

2. INTRODUCCIÓN

La actividad humana en los últimos siglos ha acarreado el deterioro y desgaste del medio en el que vivimos, con ello el alto consumo de recursos naturales como motivo del aumento exponencial de la actividad humana. El agua, entre los recursos más imprescindibles de los que poseemos, ya no solo el ser humano sino todo ser que habita en la tierra. Motor de la actividad humana, estudios revelan el deteriora de la calidad tanto en ríos, lagos y mares. Con ello nace la actividad constante, de depurar aguas de los núcleos de población, no solo de los más grandes sino también de las poblaciones crecientes más pequeñas mediante la construcción de una EDAR.

Definición de EDAR es una estación depurador residual que recoge el agua residual de una población o de una industria y después de una serie de tratamientos y procesos, la devuelven a un cauce receptor (ríos, embalse, mar).

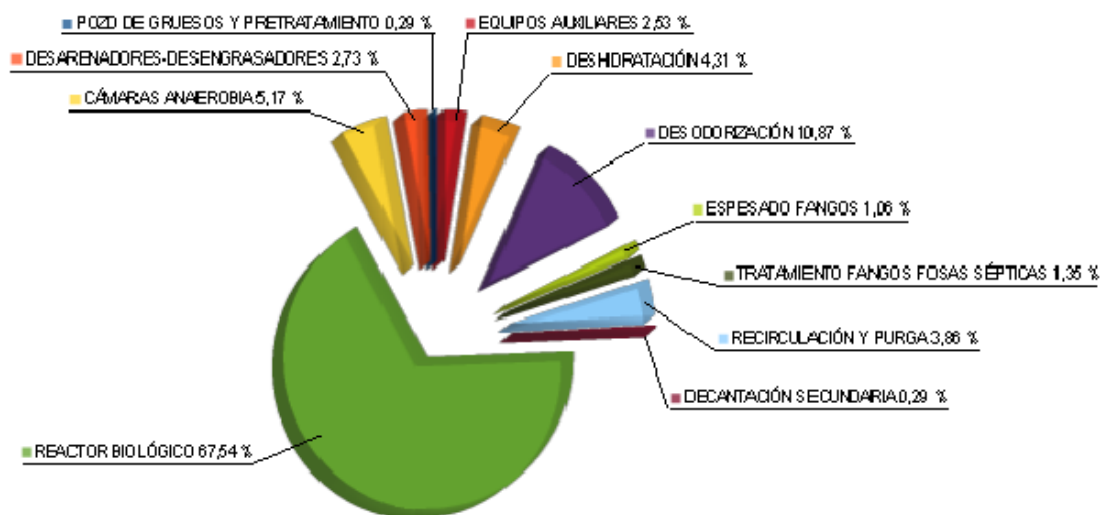
Actualmente, los gestores del sector del agua han visto cómo los costes energéticos han adquirido mayor importancia en la estructura de costes de su actividad. Tanto es así que la constante tendencia al alza del precio de la energía eléctrica y la mayor concienciación social en materia medioambiental obliga, cada vez más, a las empresas a seguir estrategias de ahorro energético.

La importancia presupuestaria de la energía también queda claramente reflejada en la explotación de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR), donde el coste del consumo energético se cifra entre el 15 y el 30% del total de la explotación, siendo el mayor gasto de la planta.

La importancia de este aspecto es de tal magnitud que se han desarrollado normas específicas en la industria para adoptar metodologías de trabajo orientadas a la mejora continua en materia de eficiencia energética, como la UNE 216301 sobre sistema de gestión de la eficiencia energética. Además, debe tenerse en cuenta que la demanda energética depende del tipo de tratamiento y del tamaño de la instalación.

3. SITUACIÓN INICIAL DE ENERGÍAS

La EDAR de SANTA POLA ha sido diseñada para tratar un caudal medio de 6.926m³/día, con una población equivalente de 50.000 habitantes



Grafica 1: Porcentaje de energía consumida en la EDAR de Santa Pola.

La etapa de aireación supone aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del consumo de energía del proceso biológico y puede llegar a suponer más del 15% de los costes globales de una EDAR convencional y un 35% del consumo energético total de la misma.

4. ESTADO ACTUAL

La EDAR de Santa Pola situada en el bajo Vinalopó, da servicio únicamente al pueblo de Santa Pola, con una capacidad de 12.000 m³/día en invierno y de 24.000 m³/día en verano. El tratamiento terciario alcanza los 6.000 m³/día. Dicha infraestructura hidráulica servirá para atender a una población de cerca de 120.000 habitantes.

- **Datos de la EDAR**

Caudal del proyecto (m3/d)	24.000
Potencia instalada (kw)	1.868
Cordenadas UTM	X: 713391 Y:4232969 Z:68
Caudal (m3/día)	6.926
Población servida (he)	41.659
Rendimiento (%)	SS:98 DBO5: 99 DQO: 94

- **Ficha Técnica**

Línea de Agua

PRETRATAMIENTO

- ✓ Reja de gruesos
- Reja de finos
- ✓ Tamizado
- Tanque Homogeneización
- ✓ Desarenador
- ✓ Desengrasador

TRATAMIENTO PRIMARIO

- Físico-Qímico
- Decantación

TRATAMIENTO SECUNDARIO

- ✓ Aireación prolongada
- Fangos activados
- Lagunaje
- Lagunaje aireado
- Lecho de turbas
- Lecho bacteriano
- Biodiscos
- Biocilindros
- ✓ Eliminación nitrógeno
- ✓ Eliminación fósforo

TRATAMIENTO TERCARIO

- ✓ Coagulación Floculación
- Infiltración - Percolación
- ✓ Filtración
- Ultrafiltración
- Ósmosis inversa

DESINFECCIÓN

- ✓ Ultravioletas
- Cloración

Línea de fangos

ESPEADOR

- Gravedad
- Flotación
- ✓ Mecánico

ESTABILIZACIÓN

- Aerobia
- Anaerobia
- Estabilización con cal

DESHIDRATACIÓN

- ✓ Centrífuga
- Filtro
- Eras de secado
- Filtro prensa
- Mesa filtrante

POST-TRATAMIENTO LODOS

- Compostaje
- Secado Térmico
- Incineración

Generación Eléctrica

- Cogeneración
- Placas solares

Datos obtenidos EPSAR GVA

- Diagrama de bloques

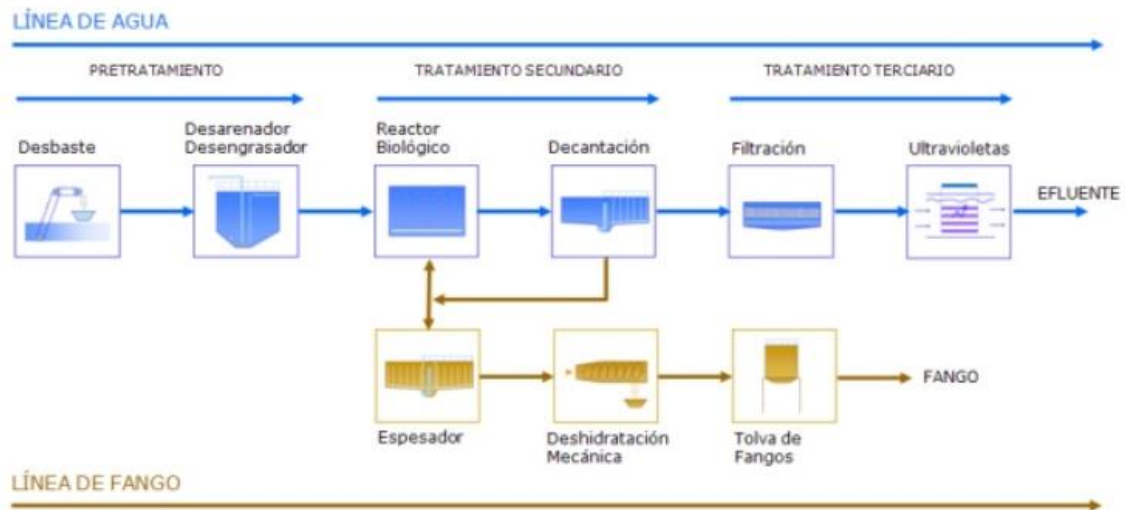


Figura: diagrama de bloques. Datos obtenidos por EPSAR GVA

5. ETAPAS A SEGUIR EN UNA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

La optimización de la energía para la aireación del tratamiento biológico representa uno de los ahorros más importantes en esta EDAR.

Actualmente se pueden efectuar dos mejoras en el sistema de aireación para tener un ahorro de consumo de energía:

- Implantación de métodos de control de la aireación.
- Sustitución equipos actuales por nuevos equipos de aireación más eficaces.

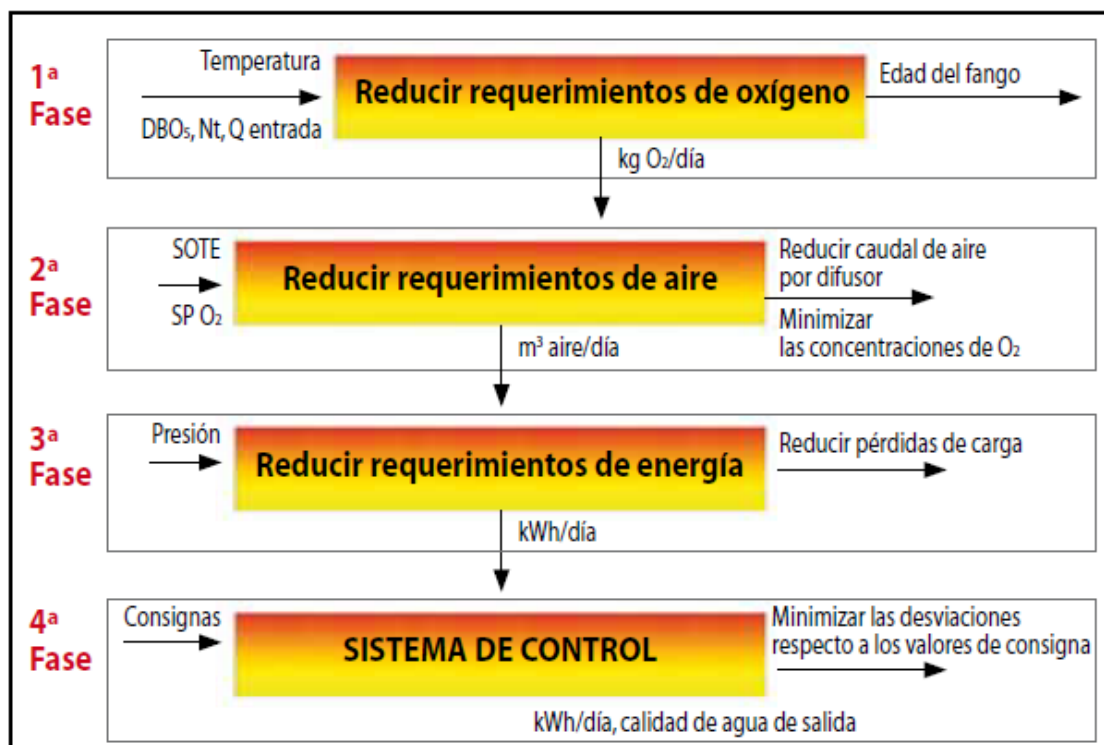


Figura 1: Etapas incluidas en una optimización energética de un sistema de aireación.
(Datos técnicos según Pedro Simón Andreu)

6. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio es proponer un conjunto de actuaciones conjuntas dirigidas a dar cumplimiento a los siguientes objetivos:

- Realizar un **seguimiento continuado del consumo, calidad de los equipos para ahorro energético.**
- Garantizar y fiabilizar los procesos de eliminación biológica de nutrientes** asegurando de manera continua la calidad los parámetros de calidad en cuanto a nitrógeno ($NT < 15\text{mgN/L}$) y fósforo ($PT < 2\text{mgP/L}$).
- Maximizar en la medida de lo posible la **eliminación biológica de fósforo** mediante estrategias de control.
- Implementar las estrategias de control necesarias para la **optimización de los procesos de eliminación de nutrientes**, controlando todos los elementos que intervienen en dicho proceso, conjuntamente con la optimización energética y sus costes asociados.
- Determinar la **instrumentación necesaria** para llevar a cabo los objetivos requeridos.

En el estudio se presenta de manera detallada los diferentes puntos que permitirán llevar a cabo una solución global de los objetivos requeridos.

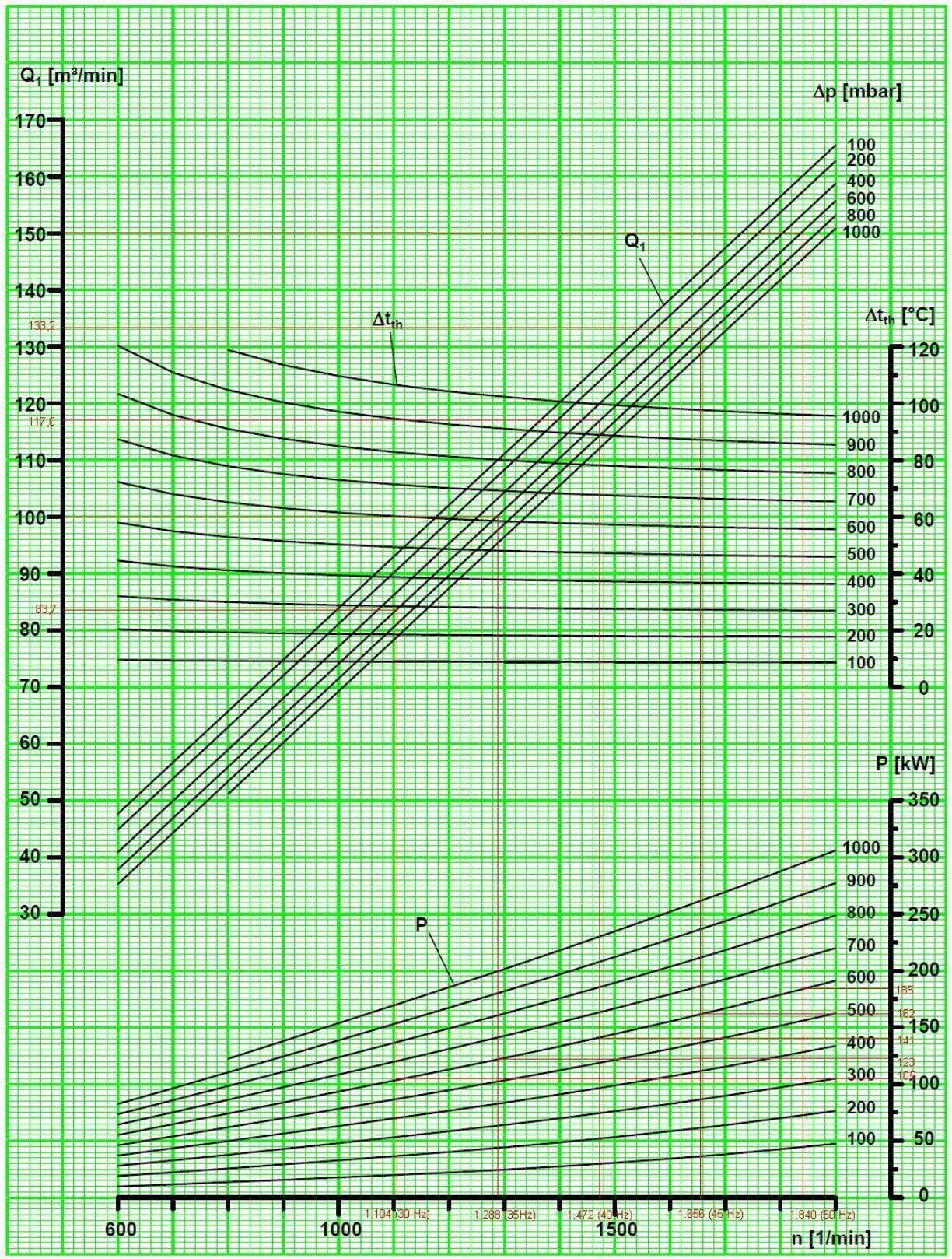
7. SELECCIÓN DEL GRUPO SOLPLANTE.

7.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ANTERIOR

Tratamiento Biológico, proceso de aeración prolongada en dos líneas idénticas con forma de canales de oxidación tipo carrusel, con aeración por difusores de membrana de burbuja fina de 33 cm de diámetro. El volumen total es de 20.440 m³. Se disponen de 8 parrillas de 394 difusores, distribuidos en cuatro parrillas por línea. El aire es suministrado por 5 (2 + 1) soplantes de émbolos rotativos, dos de ellas quedan libres, con una potencia nominal de 250 kW con cabina de insonorización y regulación mediante 2 variadores de frecuencia.

Las características de las soplantes de aireación, son las siguientes:

- Unidades 5
- Marca Mapner
- Modelo SEM 620 / DN 250
- Tipo Émbolos rotativos
- Montaje Horizontal sobre bancada
- Potencia motor 250 kW
- Velocidad motor 1.500 rpm
- Velocidad soplante 1.840 rpm
- Caudal aspiración 9000 sm³/h
- Caudal aspiración 8250 Nm³/h
- Presión de proyecto 600 mbar
- Temperatura aspiración 20 °C
- Temperatura impulsión 76 °C



$q_0 = 90,7 \text{ l/U}$ $Q_{v100} = 6,5 \text{ m}^3/\text{min}$ bei / at / ä $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$	Q_1 : Ansaugvolumenstrom (Luft) bei $\rho_1 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ P : Leistungsbedarf an der Kupplung Δt_{th} : theoretische Temperaturerhöhung bei $\rho_1 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ und $c_p = 1,0 \text{ kJ/kg K}$ Δp : Druckerhöhung	Induced volume flow (air) at $\rho_1 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ power consumption at the coupling theoretical temperature increase at $\rho_1 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ and $c_p = 1,0 \text{ kJ/kg K}$ pressure difference	débit effectivement aspiré (air) pour $\rho_1 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ puissance absorbée à l'accouplement élévation théorique de température pour $\rho_1 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ et $c_p = 1,0 \text{ kJ/kg K}$ élévation de pression
Leistungsdiagramm - Überdruck - für Drehkolbengebläse Performance diagram - overpressure - for Rotary Piston Blower diagramme de puissance - fonctionnement en pression - pour Surpresseur à Pistons Rotatifs			<h2>GM 150 S</h2>

De las curvas de funcionamiento, se obtiene el caudal de aspiración (sm³/h), la velocidad de la soplante y la potencia absorbida en el eje de la soplante:

Frecuencia	Hz	30	35	40	45	50
Velocidad	Rpm	1104	1288	1472	1656	1840
Qaspirado	Sm ³ /h	5022	6000	7020	7992	9000
Pot. Eje	Kw	105	123	141	162	185

Tabla1: Datos obtenidos de la curva de funcionamiento de la soplante.

Para llevar la potencia demandada en el eje de la soplante a la potencia de red se tienen que tener en cuenta un 3% de pérdidas por la transmisión de las correas y el rendimiento de los motores alrededor del 95%, y para el caudal aportado se estima que para la presión de trabajo las pérdidas por compresión en la soplante de émbolo rotativo están entorno al 8,0%. Con los datos obtenidos se calcula el ratio de funcionamiento de las soplantes como kW·h/Nm³.

Frecuencia	Hz	30	35	40	45	50
Velocidad	sm ³ /h	1.104	1.288	1.472	1.656	1.840
Qaspirado	sm ³ /h	5.022	6.000	7.020	7.992	9.000
Qproporcionado	sm ³ /h	4.620	5.520	6.458	7.353	8.280
Qproporcionado	Nm ³ /h	4.288	5.060	5.903	6.747	7.590
Pot. Eje	Kw	105	123	141	162	185
Pot. Eje motor	Kw	110,5	129,5	148,4	170,5	194,7
Pot. Eje Paquete	Kw	117,0	136,8	156,4	179,0	204,3
SER	Kwh/Nm³	0,0273	0,0270	0,0265	0,0265	0,0269

Tabla2: Datos de funcionamiento de la soplante GM 150 S



Imagen soplante GM 150 S

7.2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA

Demanda de aire necesaria para cumplir con los requerimientos en cuanto al aporte de oxígeno, tomaremos estos datos de referencia para ajustar los equipos a esta demanda. Actualmente las soplantes existentes cumplen estos requisitos, pero en algunos rangos sobrepasan la demanda necesaria y es ahí donde debemos actuar para conseguir un ahorro energético.

EDAR SANTA POLA	SALIDAS								
	Mínima 1	Mínima 2	Mínima 3	Media 1	Media 2	Media 3	Máxima 1	Máxima 2	Máxima 3
Caudal de aire (Nm ³ /d)	59.742	60.987	61.876	135.632	132.274	134.591	215.943	209.258	211.107
Caudal de aire (Nm ³ /hr)	3.485	3.558	3.609	6.593	6.430	6.543	10.122	9809	9896

Tabla 2.1: Datos aproximados caudal necesario EDAR Santa Pola

Análisis de datos en los diferentes estados de carga, con el caudal que actualmente es aportado por el sistema de aireación:

- Para la condiciones de carga mínima la soplante actual no es capaz de proporcionar ese caudal, ya que la demanda de aire se sitúa entorno a los 3.500 Nm³/h y el caudal mínimo de la soplante es de 4.288 Nm³/h.

Demanda de aire carga mínima	3500 Nm ³ /h
Caudal mínimo Soplante	4.288 Nm ³ /h

- Para las condiciones de carga media, la soplante actual es capaz de proporcionar el caudal de aire necesario de unos 6.500 Nm³/h.
- Para las condiciones de carga máxima, funcionan dos soplantes ya que la demanda es de unos 10.000 Nm³/h y como hemos visto el caudal máximo proporcionado por una soplante es de 7.590 Nm³/h.

Demanda de aire carga máxima	10.000 Nm ³ /h
Caudal máximo Soplante	7.590 Nm ³ /h

Para optimizar todo el funcionamiento de la aireación se deben sustituir las soplantes actuales por otras u otra que pueda aportar el aire necesario en todas las condiciones de carga contaminante a depurar en la EDAR.

Se plantean las siguientes alternativas:

- a) Sustitución de tres soplantes actuales por tres soplantes de tornillo de 90 kW. Con esta alternativa se cubrirá todo el rango de funcionamiento necesario para todas las condiciones de carga.
- b) Sustitución de dos soplantes actuales por dos turbocompresores de 150 kW. Con esta alternativa se cubre toda la demanda de aire en todas las condiciones de carga y además se tiene un sistema (1+1) para la demanda de la mayor parte del año donde se tiene una carga media y mínima.
- c) Sustitución de una soplante actual por un turbocompresor de 250 kW. En este caso se cubre todo el rango de funcionamiento de las condiciones de carga, pero muy limitado tanto para la carga mínima, como para la carga máxima.
- d) Sustitución de una soplante actual por un turbocompresor de 300 kW. En este caso se cubre tanto la carga media, como la máxima, pero como pasa con las soplantes actuales queda muy por encima de la carga mínima.

Opción a)

La primera alternativa es la más económica de todas al ser más baratas las soplantes de tornillo frente a los turbocompresores, pero presenta los siguientes inconvenientes:

- Su rendimiento es peor que los turbocompresores.
- Aunque la presión de diseño es de 0,6 bar, muestra desvíos con lo cual el rendimiento del funcionamiento de este tipo de equipos empeora, sin embargo mejora el de los turbocompresores.

0,6 bar(e)	Aire libre suministrado	l/s	729	782	845	897	959	1005	1066	1117	1157	1232	1278
		m³/h	2625	2815	3041	3229	3452	3617	3837	4020	4165	4436	4599
	Temperatura de salida	°C	74	74	74	74	75	75	76	76	77	78	79
	Potencia al eje	kW	50,2	53,8	58,1	61,7	66,1	69,3	73,7	77,5	80,7	86,8	91,0
	Tamaño del motor	kW	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	110

Con estas consideraciones, se descarta esta primera alternativa como la más adecuada para la optimización del sistema de aireación.

Opción b) - c)

En la segunda y tercera alternativas cumplen los requisitos marcados para el rango de funcionamiento exigido y que se considera para la optimización de la aireación.

Opción d)

La cuarta opción queda limitada en su parte inferior, ya que el aire mínimo suministrado por un turbocompresor de estas características está por encima de los 4100 Nm³/h, muy superior a las necesidades para las condiciones de carga mínima

Datos técnicos del compresor

	HST 40-1-L		
	-300	-350	-400
Rango caudales aire [Nm³/h]	~4.100-12.000	~4.100-12.100	~4.100-12.200
Rango de presiones [kPa]	40-65	40-65	40-65
Nivel máx. ruido [dB(A)]	80	80	80
Potencia absorbida [kW]	300	350	400
Intensidad máxima [400 V]	470	550	620
Suministro eléctrico [V]	380-690	380-690	380-690
Potencia auxiliar [kW]	1	1	1
Intensidad auxiliar [A]	10	10	10
Suministro auxiliar [V]	380-500	380-500	380-500
Frecuencia de entrada [Hz]	50/60	50/60	50/60
Clase de protección	IP 33D	IP 33D	IP 33D
- con FAC	IP 54	IP 54	IP 54
Protección térmica	2 x PT100	2 x PT100	2 x PT100

En el mercado existen varios fabricantes que comercializan diversos tipos de turbocompresores con diferente tecnología.

HV-Turbo KAC 10 S GK200 de PASCH

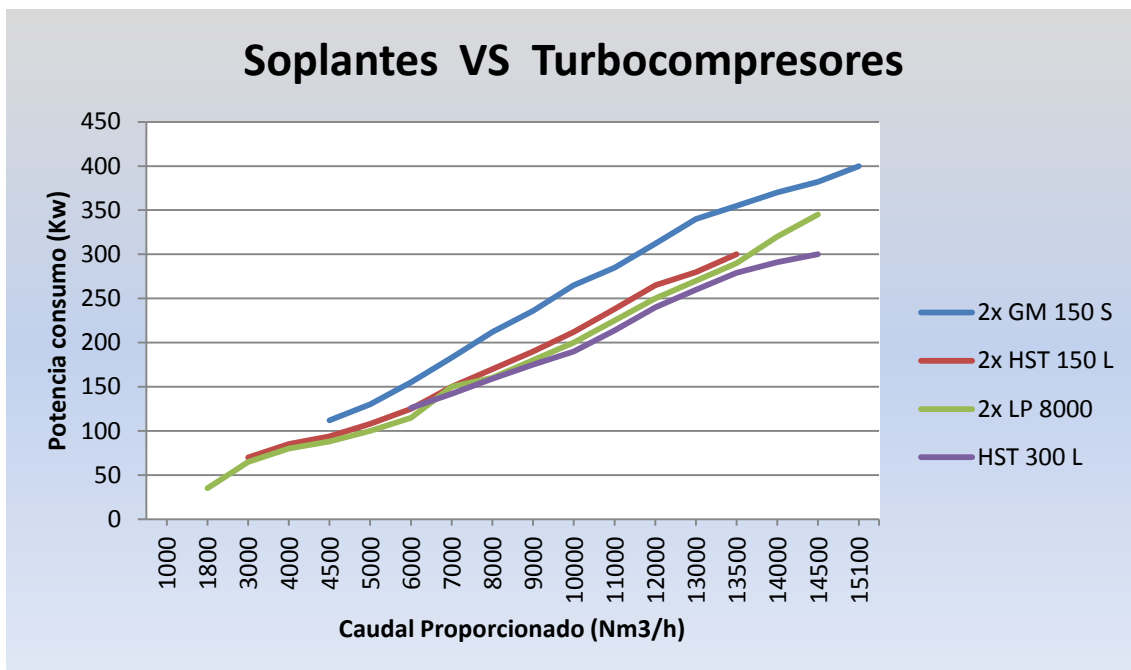
HV-Turbo KAC 10 SV GK200 de PASCH (con pre rotación)

HST 40-300-1-L de ABS

TB 400-0.8T de AERZEN

LP 12000 de Piller

Con los datos de funcionamiento de las diferentes casas se ha comparado todo el rango de funcionamiento de las soplantes actuales, es decir, funcionando desde una única soplante a dos soplantes simultáneamente. Como se esperaba en todos los casos el rendimiento de los turbocompresores es mucho mejor que las soplantes actuales.



Gráfica 2: Curva de potencia respecto a caudal proporcionado.

Las ventajas e inconvenientes de las alternativas estudiadas:

- La instalación de dos turbocompresores de 150 kW: Tanto con los turbocompresores ABS HST 6000-150-1-L (línea roja), como con los Piller LP 8000 (línea verde) cubre perfectamente toda la demanda de aire necesaria a las diferentes cargas de trabajo de la EDAR. El rendimiento de los Piller es ligeramente superior al de los ABS y su rango de funcionamiento un poco mayor. Como desventaja de los turbocompresores Piller a los ABS, se tiene que:

- El coste de los equipos es superior.
 - Se observa un aumento brusco en frecuencias altas con lo cual una pérdida de rendimiento al final del periodo.
 - La refrigeración del motor y variador es por medio de circuito cerrado de agua, con los problemas de una fuga o falta de agua podrían ocasionar a los motores, mientras los HST es mediante aire.
-
- La instalación de un turbocompresor de 300 kW: Con la instalación de un turbocompresor HST 300-1-L (línea violeta) y como se puede observar en la gráfica y como se ha mencionado con anterioridad, no cubre todo el rango de trabajo necesario para cubrir las diferentes condiciones de carga ya que su caudal mínimo es de 5.600 Nm³/h, muy por encima de los 3.500 Nm³/h necesarios. Este turbocompresor ofrece el mejor rendimiento en todo su rango de funcionamiento, siendo para condiciones de carga media (6.500 Nm³/h), muy similar al resto de los turbocompresores estudiados y bastante mejor en el punto de funcionamiento del equipo para condiciones de carga máxima (10.000 Nm³/h).

Finalmente se decide realizar el estudio económico con la alternativa b) sustitución de dos soplantes actuales por dos turbocompresores ABS HST 6000-150-1-L de 150 kw a continuación se muestra la viabilidad de la alternativa.

7.3. ESTUDIO DE AHORRO DE LA MEJORA

Se diferenciarán dos épocas del año:

- Época estival: 2 meses, de mediados de julio a mediados de septiembre donde se considerarán 6 h/d con demanda de aire de carga media y 18 h/d con demanda de aire de carga máxima.
- Resto del año: 10 meses, donde se considerarán 6 h/d con demanda de aire de carga mínima y 18 h/d con demanda de aire de carga media.

Soplante de émbolos rotativos de 250 kW:

- Época estival:

Para la carga media y la carga máxima, las soplantes actuales pueden proporcionar el caudal de aire demandado y por ello se considerará que funcionan una o dos soplantes según el caso, sin parar.

El consumo de las soplantes en la época estival, será:

Equipo	Q Nm ³ /h	Unidades Funcionamiento	P Kw	Tiempo Funci. h/d	E Consumida Kwh/d	E Consumida Kwh/estival
Soplante GM 150 S	6500	1	166,9	6	1001,4	62086,8
Soplante GM 150 S	5000	2	132,4	18	4766,4	295516,8
TOTAL					5767,8	357.603,6

Tabla 3: Consumo soplantes en la época estival

- Resto del año:

Para la carga media las soplantes actuales puede proporcionar el caudal de aire demandado y por ello se considerará que funciona una soplante sin parar.

Para las condiciones de carga mínima, el caudal necesario de aire es de 3.500 Nm³/h y el caudal mínimo de la soplante de 4.288 Nm³/h, por lo tanto para poder proporcionar el caudal de aire necesario en las 6 h/d estimadas de funcionamiento, la soplante trabajará a la mínima frecuencia y con arranques y parada. Con este funcionamiento, las horas de trabajo reales, serán de 4,9 h/d ($3.500/4.288*6$), en vez de las 6 estimadas, será una estimación para aproximar tiempo de funcionamiento más adelante se analizara medidas de control en la aireación.

El consumo de las soplantes en el resto del año, será:

Equipo	Q Nm3/h	Unidades Funcionamiento	P Kw	Tiempo Funci. h/d	E Consumida Kwh/d	E Consumida Kwh/r. año
Soplante GM 150 S	6500	1	166,9	18	3004,2	910272,6
Soplante GM 150 S	4288	1	117	4,9	573,3	173709,9
TOTAL					3577,5	1.083.982,5

Tabla 4: Consumo soplantes en el resto del año

El consumo anual de las soplantes será el siguiente:

EPOCA	Energía Consumida
	Kwh
Estival	357.603,6
Resto del año	1.083.982,5
Total	1.441.586,1

Tabla 5: Consumo anual de las soplantes.

Turbocompresores de 150 kW:

Los turbocompresores que sustituirán a las soplantes existente tiene el siguiente rango operativo:

Velocidad	rpm	17.839	17.864	18.205	18.944	19.864	20.184
Qaspirado	Nm3/h	2.782	2.894	3.858	5.144	6.430	6.746
Qproporcionado	Nm3/h	2.754	2.865	3.819	5.093	6.366	6.679
Pot. Eje	Kw	56	58	74	97	125	134
Pot. Eje Paquete	Kw	65,8	67,7	83,8	109,0	140,4	150
SER	Kwh/Nm3	0,0239	0,0236	0,0219	0,0214	0,0221	0,0225

Tabla 6: Rango operativo del turbocompresor de 150 kW

- Época estiva:

Para las condiciones de carga media y máxima, los turbocompresores pueden proporcionar el caudal de aire demandado y por ello se considerará que funcionan uno o dos turbocompresores según el caso, sin parar.

El consumo de los turbocompresores en la época estival, será:

Equipo	Q Nm3/h	Unidades Funcionamiento	P Kw	Tiempo Funci. h/d	E Consumida Kwh/d	E Consumida Kwh/estival
Turbo HST 6000 1L	6500	1	144,7	6	868,2	53.828,4
Turbo HST 6000 1L	5000	2	107,5	18	3.870,0	239.940,0
TOTAL					4.738,2	293.768,4

Tabla 7: Consumo turbocompresores en la época estival

Resto del año:

Para las condiciones de carga media y mínima, los turbocompresores pueden proporcionar el caudal de aire demandado y por ello se considerará que funciona un turbocompresor sin parar.

El consumo de los turbocompresores en el resto del año, será:

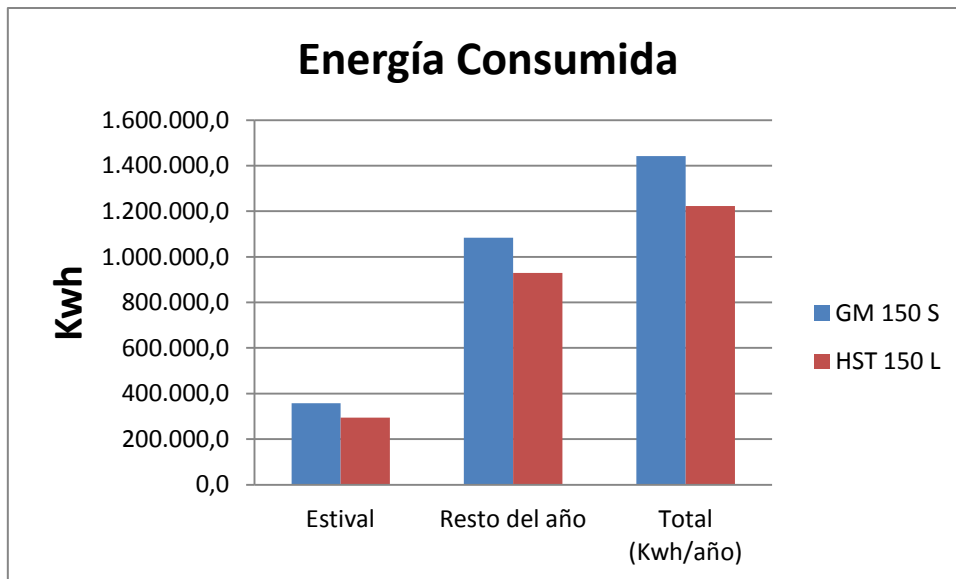
Equipo	Q Nm3/h	Unidades Funcionamiento	P Kw	Tiempo Funci. h/d	E Consumida Kwh/d	E Consumida Kwh/r. año
Turbo HST 6000 1L	6500	1	144,7	18	2.604,6	789.193,8
Turbo HST 6000 1L	3500	1	77,4	6	464,4	140.713,2
TOTAL					3.069,0	929.907,0

Tabla 8: Consumo turbocompresores en el resto del año

El consumo anual de los turbocompresores será el siguiente:

EPOCA	Energía Consumida
	Kwh
Estival	293.768,4
Resto del año	929.907,0
Total	1.223.675,4

Tabla 9: Consumo anual de los turbocompresores



Gráfica 3: Comparativa de energía consumida durante un año

7.3.1. AHORRO ENERGÉTICO

El ahorro energético de la mejora será de:

Equipo	Energía Consumida
	Kwh/año
Soplante GM 150 S	1.441.586,1
Turbo HST 6000 1L	1.223.675,4
Total	217.910,7

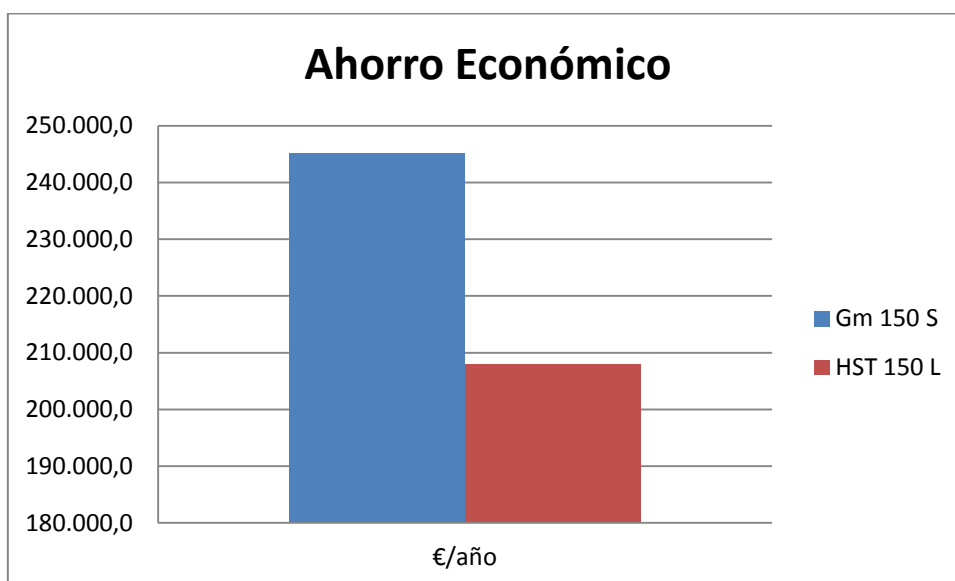
Tabla 10: Tabla de ahorro de energía

7.3.2. AHORRO ECONÓMICO

Consideramos el precio de la electricidad a 0.17€/kwh

Equipo	Ahorro Económico
	€/año
Soplante GM 150 S	245.069,6
Turbo HST 6000 1L	208.024,8
Ahorro/año	37.044,8 €

Tabla 11: Tabla de ahorro económico



Gráfica 4: Comparativa del ahorro económico durante un año

7.3.3. PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

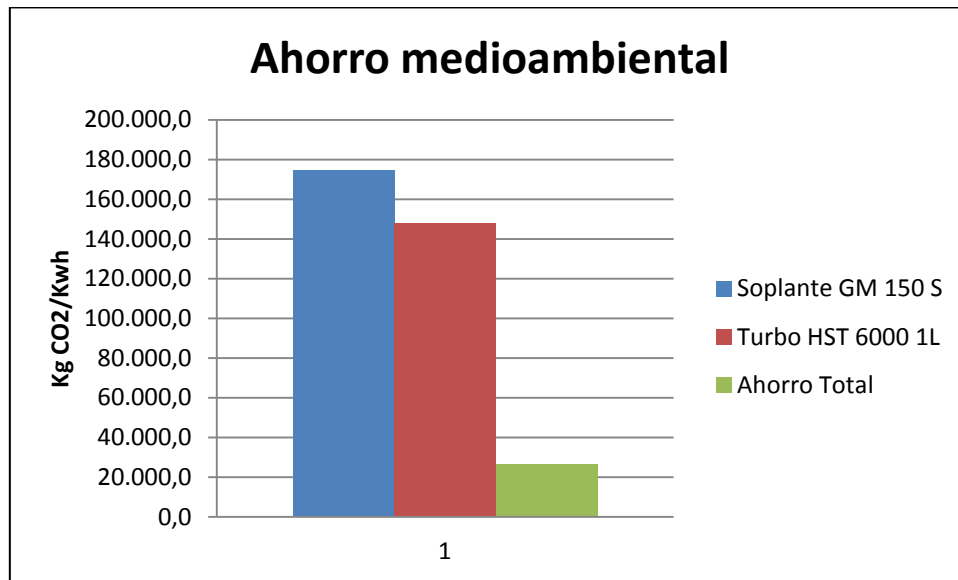
COSTE DEL SISTEMA	AHORRO MENSUAL ESTIMADO	PERIODO DE RETORNO
94.575	3.087,07 €	2,6 años

Tabla 12: Periodo retorno para el sistema de aireación

El ahorro económico estimado como se muestra en la tabla 10 es aproximadamente 37.000 euros, que se traduce a unos 3.100 euros al mes un ahorro importante desde el punto de vista económico, ya que el coste total de este sube a 94.500 euros y como aparece en la tabla 12, el periodo de retorno en caso de aceptar el estudio ofertado es de 2.6 años a partir de ese momento la planta recupera la inversión realizada.

7.3.4. AHORRO MEDIOAMBIENTAL

Considerando un ratio de 0,121 kg CO₂/kW·h ahorrado (valor marzo año 2.013 Observatorio de la Electricidad WWF), se deduce un ahorro de 26.367,11 Kg de emisión de CO₂ anuales.



Gráfica 5: Comparativa del ahorro medioambiental en KgCO₂/Kwh durante un año

7.4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

Los turbocompresores de alta velocidad a instalar tendrán las siguientes características:

- Marca ABS
- Modelo HST SP 6000 1 L
- Potencia Nominal 150 kW
- Rango de caudales de aire ~2.100 – 7.500 Nm³/h
- Intensidad Máxima244 A
- Suministro eléctrico380-690 V
- Frecuencia de entrada 50 / 60 Hz
- Nivel máximo de ruido 74 dB(A)
- Potencia Auxiliar 1 kW
- Intensidad auxiliar 10 A
- Clase de protección IP33DIP54 con FAC
- Protección térmica 2 x PT100
- Tubería de salida DN 200
- Dimensiones conjunto 1.600 x 1.780 x 2.210 (An x L x Alt)
- Peso 1.400 Kg



Figura 2, 3: 2 Imagen del turbocompresor HST. 3 Diagramas y dimensiones de los turbocompresores

Los equipos seleccionados para la sustitución de las soplantes son los turbo compresores de alta velocidad con levitación magnética. Estos turbos centrífugos monoetapa de alta velocidad presentan como principal característica el hecho de que funciona mediante levitación magnética. Los cojinetes de inducción, generan un campo magnético que hace levitar el único elemento móvil de la máquina. Dicho elemento consiste en un eje con la turbina de impulsión, el rotor del motor eléctrico y el ventilador de refrigeración de la máquina. El caudal se regula mediante un variador de frecuencia incluido en el equipo. La especial configuración de la máquina, la permite girar a altas velocidades

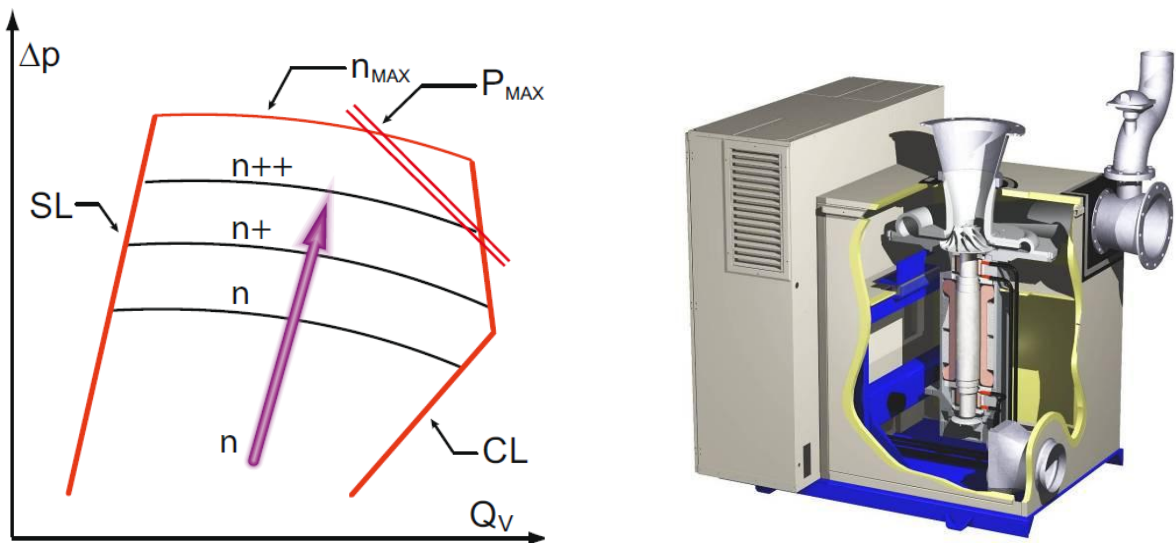


Imagen: Turbo compresor y curva de funcionamiento

7.4.1. DISEÑO

Es un turbocompresor radial mono-etapa exento de aceite. El turbocompresor dispone de control de velocidad variable que permite el ajuste del propio equipo al punto de servicio de servicio requerido, por lo que siempre trabaja en el rendimiento óptimo según los cambios en la temperatura de entrada y la presión diferencial.

Características:

- Motor eléctrico de alta velocidad.
- Variador de frecuencia.
- Rodamientos magnéticos sin lubricación.
- Válvula de descarga.
- Panel de control.
- Autocontrol permanente de parámetros de seguridad.

- Insonorización interna.
- Equipo compacto montado sobre placa base común.
- Accesorios para entrada y salida.

Las ventajas de los turbos compresores de alta velocidad seleccionados son:

- No hay rozamiento. Sin cojinetes. Sin lubricación.
- Sin vibraciones en equipo y conducciones.
- Menor nivel sonoro.
- Equipos más ligeros y paletizables.
- Menor espacio que las soplantes convencionales.
- Regulación muy flexible (35-100% de la capacidad nominal).
- Variador de frecuencia incorporado en el equipo.
- Transmisión directa, un solo elemento móvil. No hay correas ni poleas.
- Mejor rendimiento. Ahorro energético.

7.4.2. MOTOR ELECTRICO DE ALTA VELOCIDAD

Lleva un motor eléctrico de alta frecuencia con velocidad variable refrigerado por aire. El impulsor y ventilador del motor están montados directamente en el eje del motor. Instalación vertical del motor con rodamientos magnéticos y velocidad de giro variable.

7.4.3. VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia integrado permite el control variable de la velocidad del motor para mantener el rendimiento óptimo en cualquier punto de servicio. Lleva función de arranque suave. Incluye un filtro para interferencias de radiofrecuencia emitidas por el variador de frecuencia.

7.4.4. IMPULSOR

El impulsor es de fundición en una sola pieza realizado en aleación de aluminio DURAL en un centro de mecanización numérica con tecnología de fabricación asistida por elementos finitos. Impulsor semi-abierto con álabes contorneados en 3D e individualmente optimizado en función del modelo del compresor.

7.4.5. RODAMIENTOS MAGNETICOS

Dos rodamientos radiales con 8 polos magnéticos y dos rodamientos magnéticos axiales con 2 polos magnéticos, con medición continua de la posición del rotor mediante un controlador activo de los rodamientos magnéticos. Incluye filtro anti-radiofrecuencias.

Características:

- Sin contacto mecánico entre las superficies.
- Sin fricción.
- Sin desgaste.
- Sin lubricación por aceite.
- Funcionamiento carente de vibraciones.
- Vigilancia continua del equilibrio del motor.

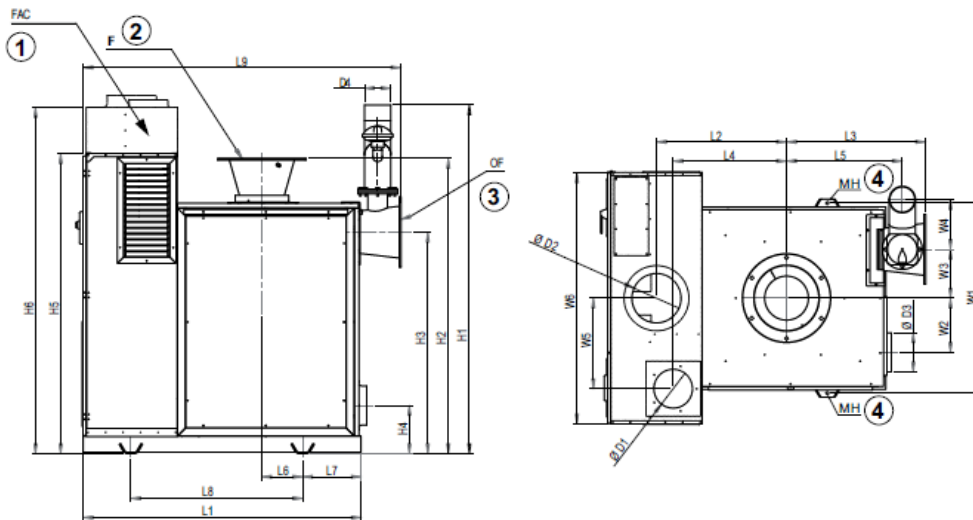
7.4.6. PANEL CONTROL DEL COMPRESOR

Conexiones:

- Entradas y salidas analógicas de serie.

Parámetros de supervisión:

- Códigos de alarma.
- Códigos de fallos.
- Parámetros de funcionamiento.
- Sistema de control de los rodamientos magnéticos MBC-12.



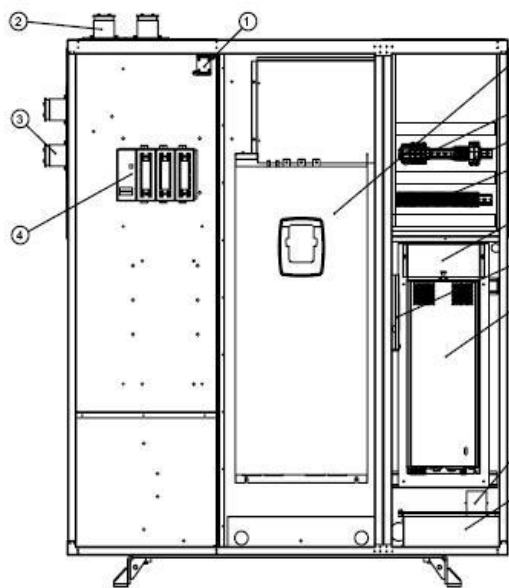
Leyenda

- | | |
|---|---|
| 1 Refrigeración por aire a presión (Forced Air Cooling, FAC) (opcional) | 3 Brida de salida (Outlet flange, OF) |
| 2 Brida de admisión (Inlet Flange, IF) | 4 Orificio de montaje (Mounting hole, MH) |

7.4.7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se reutilizarán el material (con excepción de las protecciones que hay que cambiar) y el cableado eléctrico existente en la instalación eléctrica de los turbocompresores. Al tener los turbocompresores los variadores de velocidad incorporados, se dejarán los dos variadores de frecuencia actuales para las soplantes que se queden en la instalación.

Las conexiones a la alimentación principal se realizan directamente al interruptor de corte de alimentación principal.



Leyenda

- 1 Toma de tierra (PE)
- 2 Casquillo para paso del cable de alimentación principal, entrada superior (opcional)
- 3 Casquillo para paso del cable de alimentación principal, entrada lateral (opcional)
- 4 Interruptor de corte de alimentación principal
- 5 Filtro de interferencias de radiofrecuencia
- 6 Bobina de reactancia de corriente alterna
- 7 Variador de frecuencia
- 8 Relés
- 9 Fusibles
- 10 Tablero de bornas
- 11 Ventilador de refrigeración del MBC
- 12 Tarjeta de medidor de banda
- 13 Controlador de los rodamientos magnéticos (MBC)
- 14 Casquillo para paso del cable de señal/comunicación
- 15 Batería (opcional)

Figura 4: Posición de los componentes eléctricos.

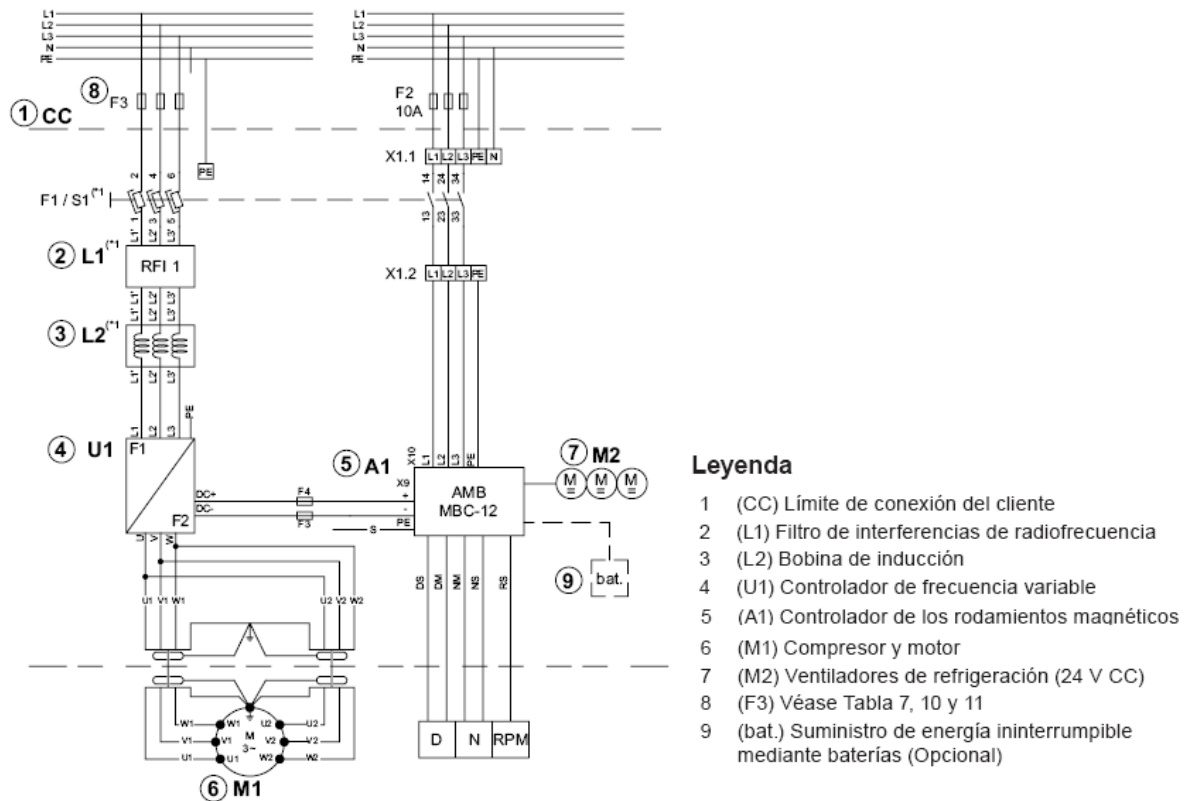


Figura 5: Conexiones eléctricas.

- El cable de alimentación principal se introduce en el cuadro eléctrico a través del espacio situado en la parte superior o izquierda del mismo.
- Se conectará el cable de alimentación principal a los terminales del interruptor de corte de alimentación principal. Las fases de entrada pueden estar en cualquier orden.
- Se conectará el cable de alimentación auxiliar al terminal X1. Se utilizará un suministro diferente para la alimentación auxiliar. No se permite utilizar el suministro del interruptor de corte de alimentación principal.
- Se conectará los cables de puesta a tierra apantallados a la toma de tierra situada encima del interruptor de corte de alimentación principal.
- El compresor sólo se puede controlar mediante señales de control y el cable de transmisión debe ser un cable multipolar apantallado de 2,5 mm².

7. MEJORAS DE INSTRUMENTACIÓN DIRIGIDAS AL CONTROL

En este apartado se presentan los equipos de medición disponibles así como los equipos que se propone instalar para optimizar algunas de las etapas de tratamiento, justificando en cada caso la elección de cada uno de los instrumentos.

7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA EDAR E INSTRUMENTACIÓN ACTUAL

La EDAR DE SANTA POLA como ya se ha comentado anteriormente trata un caudal medio diario de alrededor de los 6.926 m³/d. El sistema biológico de la EDAR está formado por un órbal tipo carrusel diseñado para la eliminación de materia carbonosa y nutriente.

La EDAR de Santa Pola dispone para el aporte de aire a los reactores biológicos de émbolos rotativos AERZEN GM 150 S de 250 Kw. Prácticamente durante todo el año se utiliza una soplante y durante la época estival (desde Julio a mediados de Septiembre) funcionan dos soplantes. Estas soplantes tienen bajos rendimientos frente a otras tecnologías, que estudiaremos siguientes apartados.

Los canales medio y exterior están dotados con un medidor de oxígeno óptico LDO, el cual controla la velocidad de trabajo de los rotores para lograr en cada canal una concentración determinada de oxígeno disuelto.

7.2. JUSTIFICACIÓN DE LA NUEVA INSTRUMENTACIÓN PROPUESTA

Con la finalidad de optimizar el aporte de aire y operar el sistema en base a una medida directa se propone la **instalación de una sonda de amonio de ión selectivo ISE**. El conocimiento del valor de amonio en tiempo real permite al sistema optimizar la velocidad de aireación del sistema.

De esta manera, la sondas de oxígeno disuelto supervisará la concentración de oxígeno en cada uno de los canales de oxidación, permitiendo (en el caso que el gestor así lo configure) controlar los niveles de oxígeno predeterminados por el sistema de control y la modulación del sistema de aeración a través del lazo de control de éste instrumento con los equipos de aireación en sus diversas velocidades.

Las sondas de amonio proporcionarán el valor, en modo continuo, que permita la implementación de la estrategia de control necesaria para llevar a cabo el proceso de nitrificación y su optimización energética en cuanto a consumos y costes asociados mediante el sistema de control avanzado.

Con la finalidad de hacer las lecturas en línea el máximo representativas se propone la ubicación de la nueva sonda en un punto cercano de salida. Esta ubicación es idónea por los motivos que se presentan a continuación:

Las señales de los sensores, relativamente alejados de la zona aireada, no son falseadas por las turbulencias generadas por el sistema de aireación durante las etapas

óxicas así como por una medición poco representativa dada su afectación directa por el sistema de aeración.

El punto de medida se encuentra cercano de la arqueta de salida a clarificadores, hecho que lo hace representativo de la evolución del proceso de eliminación de nutrientes en el global del reactor y la concentración de amonio puede considerarse equivalente a la del efluente.

Ofrece una buena sensibilidad y rapidez a la lectura y los cambios de tendencias de los valores.

Instrumentación requerida:

Unidades	Descripción	Existentes/Nueva adquisición
2	Sonda de oxígeno disuelto	Existente
1	Sonda ión selectivo Amonio (ISE)	Nueva adquisición

Tabla 13: Instrumentación necesaria para la medida del afluente

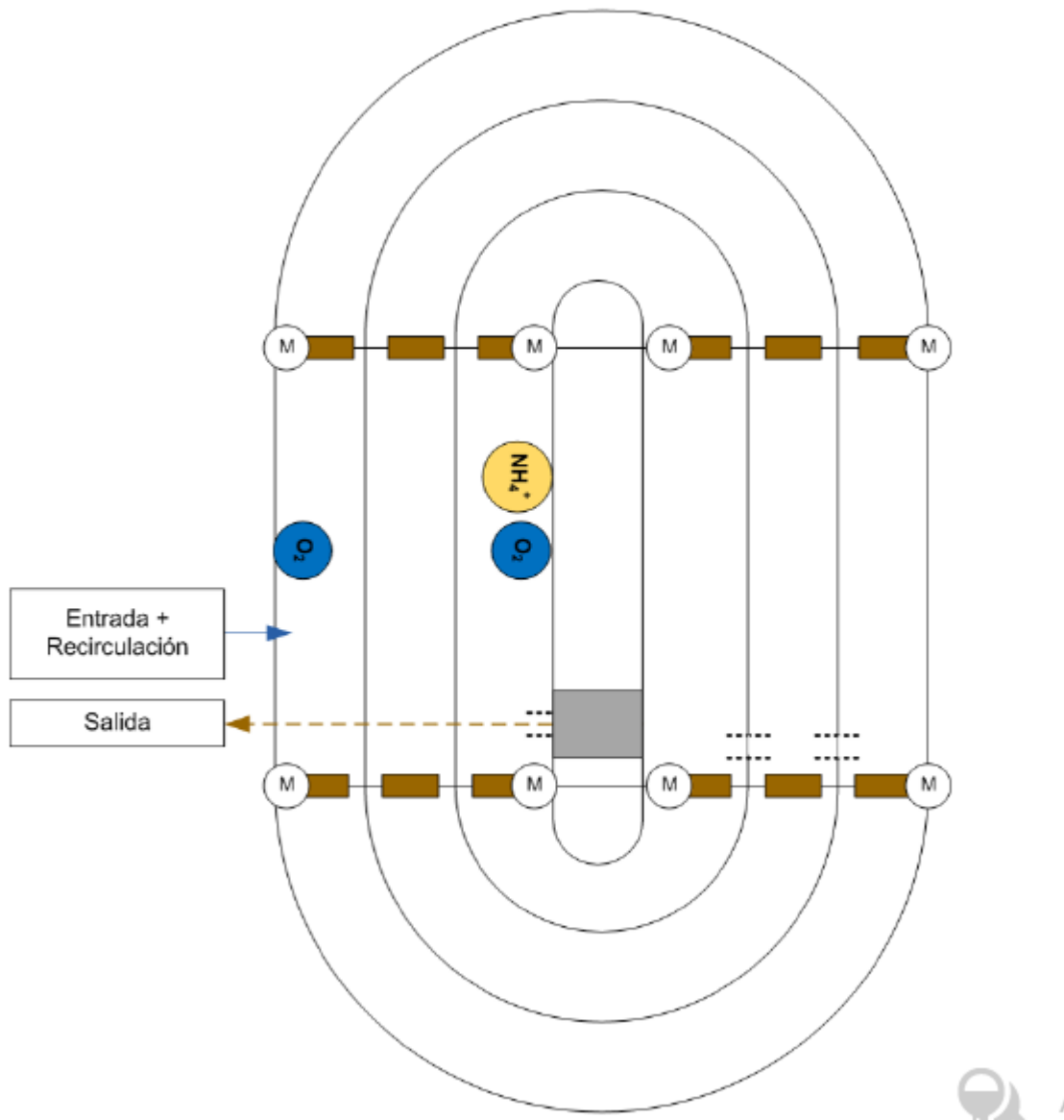


Imagen sonda ión selectivo Amonio.

Lleva a cabo mediciones directas en continuo utilizando un electrodo selectivo de iones. Sin necesidad de reactivos o de preparación de la muestra. Compensación por interferencia de potasio. Elemento de referencia pH integrado.

- Ahora con un diseño más robusto del sensor y el cartucho.
- Manejo sencillo gracias al CARTRICAL plus.
- Manejo simple e intuitivo.
- Siempre bajo control.

Especificaciones ver ANEXO. (datasheet_PIM-96311 sonda de amonio)



La figuras 6: Muestra un esquema del sistema biológico con la ubicación actual de las sondas existentes y la nueva ubicación de las sondas propuestas a instalar.

8. PROPUESTAS DE ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES

La calidad de vertido de las aguas de una EDAR al medio receptor está estrechamente ligada a las concentraciones de DQO, nitrógeno (orgánico, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻) y fósforo (orgánico y P-PO₄³⁻) en el efluente. La eliminación de estos compuestos en esta configuración de sistema biológico pasa por el establecimiento de distintos ambientes (anaerobios – anóxicos – óxicos).

El canal exterior recibe los flujos de recirculación externa cargados de nitratos. En este ambiente rico en materia orgánica y en ausencia de oxígeno (aeración mínima de rotores con la finalidad de mantener una mínima potencia de agitación), es donde se reducen los nitratos a nitrógeno gas (desnitrificación).

En los canales interior y exterior, la materia orgánica es oxidada juntamente con el amonio en un ambiente óxico. El nitrato generado es recirculado de nuevo a la cabecera del reactor a través de la recirculación externa de fangos.

En este sentido, la implementación del sistema de control modifica ligeramente los ambientes citados. La optimización de la velocidad de aireación de los rotores en los canales medio e interior, en situaciones de baja carga de amonio transforma el ambiente de dichos canales en hipóxico, permitiendo llevar a cabo la oxidación amonio y la reducción del nitrato de forma simultánea en ambos canales (máximo aprovechamiento del oxígeno molecular contenido en el nitrato para la oxidación de materia orgánica). Una reducción de la concentración de nitratos en la salida del órbal conlleva disminuir la presencia de esta especie en el flujo de recirculación externa, hecho que se traduce una reconversión del canal exterior de anóxico a anaerobio (la única carga de nitratos que recibe el canal exterior proviene de la recirculación externa), permitiendo así eliminar biológicamente parte de la carga de fósforo entrante en la EDAR (en un ambiente anaerobio, las bacterias PAO acumulan productos de la fermentación anaerobia y liberan ortofosfatos al medio como estrategia metabólica, ortofosfatos que serán captados nuevamente para la síntesis de biomasa celular en el ambiente óxico de los canales medio e interior, siendo el balance fósforo liberado – fósforo captado negativo, hecho que se traduce en una eliminación neta de fosfato).

9. ESTRATEGIAS Y PROPUESTAS DE CONTROL PARA LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES Y OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

En este apartado se presenta el sistema de control propuesto para la EDAR SANTA POLA, exponiendo las características del actual sistema de control del suministro de aire y detallándola lógica de funcionamiento, justificación de implementación y el esquema de las comunicaciones entre la plataforma y la EDAR para el sistema de control propuesto.

9.1. FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL CONTROL DEL SUMINISTRO DE AIRE AL REACTOR

Actualmente la planta opera la aportación de aire mediante el establecimiento de una consigna de oxígeno en los canales exterior e interior.

En el canal exterior, la consigna de oxígeno es falseada con la finalidad que los rotores trabajen a un bajo rendimiento con la finalidad de mantener una mínima potencia de agitación para evitar la sedimentación del fango.

En los canales medio e interior, los equipos de aeración modifican su velocidad de operación con la finalidad de mantener una determinada concentración de oxígeno disuelto en el sistema biológico a través de un lazo de control entre los rotores y el oxímetro del canal interior.

9.2. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

EL sistema es un control experto del sistema de aireación que opera en base a criterios de eliminación biológica de nutrientes y ahorro energético. Este sistema de control puede ser implementado tanto en reactores en continuo de flujo pistón (RCFP), reactores tipo tanque continuo agitado (RCTA), reactores secuenciales alimentados en discontinuo (SBR) como en reactores en configuración órbal.

Este sistema es capaz de modificar la velocidad de operación del sistema de ventilación de los canales medio e interior en función de la concentración de amonio en un punto cercano a la salida de cada uno de los reactor (el canal exterior restará operando como anóxico / anaerobio manteniendo en funcionamiento al mínimo los rotores para evitar la sedimentación de fangos en el reactor) con la finalidad de cumplir con los requerimientos legales de vertido de nitrógeno total ($NT < 15\text{mgN/L}$).

Dos posibles estrategias de control configuran el sistema, el control en sistema tarifario y el control en tiempo real.

- Control sistema tarifario: La estrategia de control en sistema tarifario opera modificando el valor consignado de amonio (y por lo tanto, el aporte de aire al sistema) en función del precio del kWh. Con el objetivo principal de cumplir con la consigna de concentración integrada de amonio (consigna establecida por el gestor del sistema) y con los requerimientos legales de vertido ($NT < 15\text{mgN/L}$), el sistema aumenta la consigna de amonio durante las horas punta (hasta un valor máximo admisible establecido por el usuario) y la disminuye durante las horas valle. El valor consignado de amonio de forma instantánea es definido automáticamente por el sistema y es supervisado por un sistema supervisor que corrige dicha consigna en base a la evolución de la media móvil diaria de amonio.

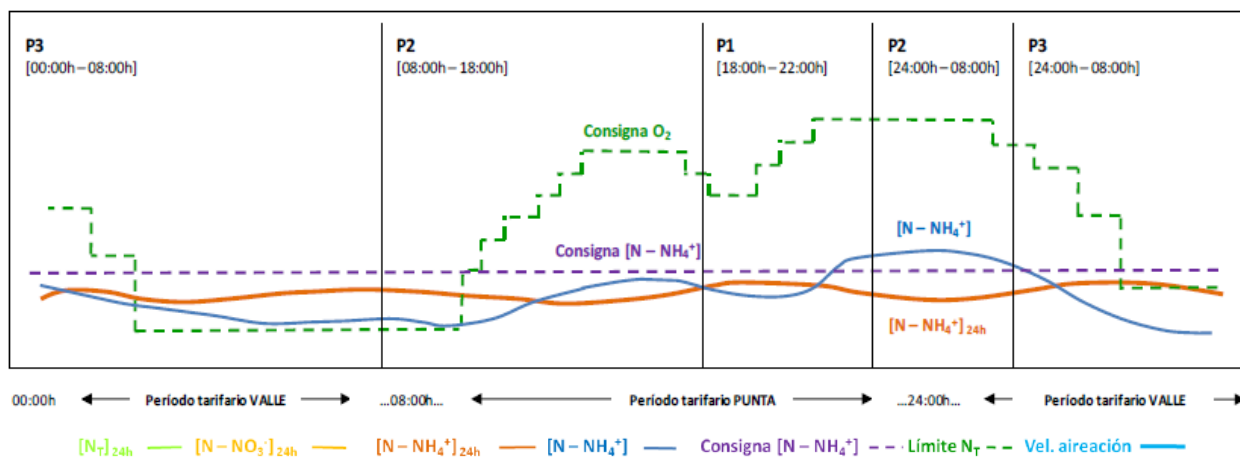


Figura 7: Representación de la evolución de la concentración de oxígeno y de los compuestos nitrogenados en un reactor biológico continuo en fijar las consignas de amonio instantáneas límite diferentes para cada periodo tarifario.

Tal y como se puede observar en la figura 7, el perfil de amonio a la salida del reactor presenta valores bajos durante las horas valle, incrementando su valor durante los periodos tarifarios más caros con el objetivo de mantener la concentración media diaria de amonio dentro de un límite aceptable para cumplir con los requerimientos legales de vertido de NT con el mínimo coste energético posible. Este perfil es conseguido a través de modificaciones de las consignas de amonio. El perfil de la consigna de amonio varía en función del periodo tarifario actual, estableciendo un criterio más permisivo durante los periodos tarifarios más caros y más estricto durante los periodos tarifarios valle.

- Control de tiempo real: La estrategia de control en tiempo real garantiza una concentración de vertido constante de amonio (concentración que puede ser definida por el usuario en modo de consigna en la interfaz de configuración del sistema) y modifica la velocidad de operación del sistema de rotores con la finalidad de cumplir, en tiempo real, el valor objetivo establecido.(figura 8)

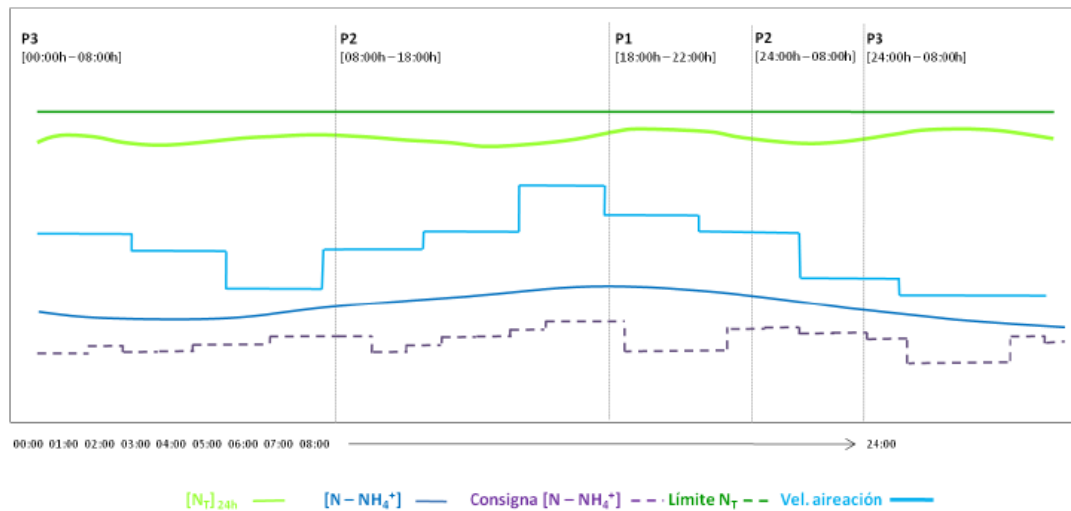


Figura 8:

La figura 9 presenta un ejemplo de las variables controladas por el sistema de control en un sistema biológico con configuración de órbal, siendo la variable velocímetro el cálculo correspondiente al producto del número de aireadores operativos por su velocidad de trabajo (x_1 en el caso de operar en velocidad lenta; x_2 en el caso de operar en velocidad rápida).

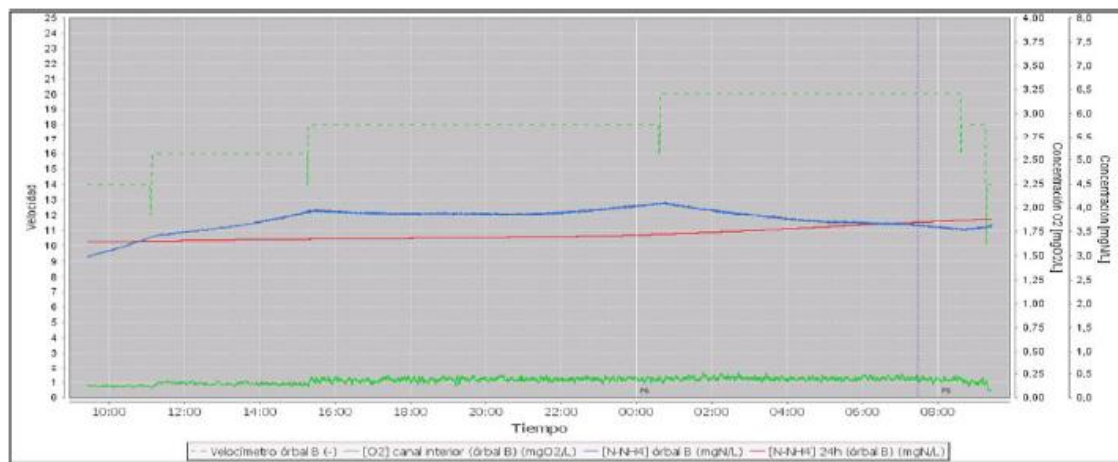


Figura 9:

Con esta estrategia de control se consiguen óptimos rendimientos de eliminación biológica de nitrógeno, dado que en los momentos del día que la carga de entrada disminuye, parte del volumen de los canales medio e interior se transforma en hipóxico, permitiendo así reducir parte del nitrato generado en estos canales y reconvirtiendo parte del canal exterior en anaerobio (maximizando así la eliminación biológica de fósforo).

9.3. JUSTIFICACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

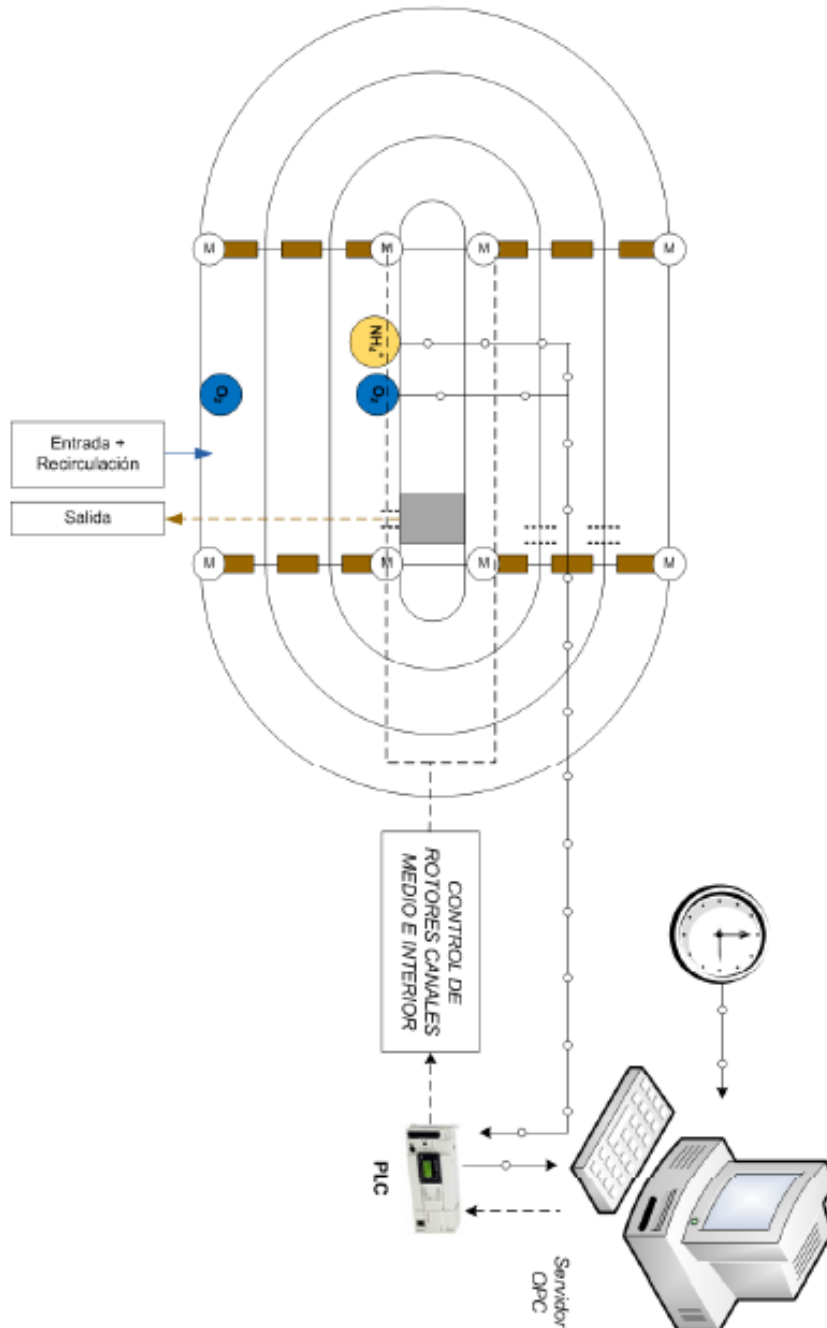
- Controlar el aporte de aire en el reactor biológico mediante el sistema de control, conociendo en tiempo real la concentración de amonio.
- Establecer la velocidad de aireación óptima para garantizar la calidad de las aguas del efluente con el mínimo coste energético.
- Modificar las consignas de amonio cada franja horaria en función del precio de la energía en cada período.
- Ajustar el aporte de oxígeno a los requerimientos del sistema en todo momento.
- Maximizar el aprovechamiento de los nitratos como fuente de oxígeno molecular para degradar materia orgánica.
- Eliminar biológicamente fósforo de las aguas reduciendo tanto el consumo de reactivos como la consecuente generación de fangos químicos.
- Modificar la estrategia de operación (control por consigna de oxígeno, control experto en tiempo real, control experto en sistema tarifario) en función de las necesidades en todo momento.

Detectar afecciones del proceso de nitrificación y actuar al respecto:

1. Aumentando los ciclos de aireación o las consignas de oxígeno disuelto,
2. Estableciendo criterios de operación para minimizar el efecto inhibidor.

9.4. ARQUITECTURA DE LAS COMUNICACIONES ENTRE LA EDAR Y LA PLATAFORMA DE CONTROL

La figura 6 muestra el esquema de las comunicaciones entre la EDAR y la plataforma de control.





Display portátil, que simplemente tiene que ser colocado en el Módulo de Sonda.

La gran pantalla táctil a color muestra datos o gráficos tiempo/concentración de hasta 4 sensores simultáneamente y cambia a otras pantallas con un solo toque.

Gracias a la pantalla táctil intuitiva y a los gráficos claramente organizados, el módulo de display se caracteriza por sus excelentes propiedades de manejo. Especificaciones ver ANEXO. (datasheet_EU-LXV402.99.00001 controladora)

10. OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

En el apartado optimización energética se presenta el módulo de gestión energética con las prestaciones que este presenta, una valoración del ahorro estimado con la implementación de los sistemas de control citados así como una previsión del retorno de la inversión realizada.

10.1. MÓDULO DE GESTIÓN ENERGÉTICA

El conocimiento en tiempo real de las concentraciones de amonio en el reactor permite optimizar energéticamente el tratamiento biológico.

Con la finalidad de monitorizar el consumo energético de los procesos citados, se establece un enlace entre los sistemas de control y el módulo de gestión energética. Este módulo registra las horas de funcionamiento y el consumo de los equipos de aireación fragmentando dicha información por período tarifario. La figura 11 presenta la interface de de la tabla de consumos del módulo de gestión energética.

Consums unitaris | Perfil de consums

Data: 20/10/2010 (Dimecres)(Laboral)

Taula d'hores de funcionament i consums

Equip	Rang	Consums						Total (h)	Total (kWh)
		P3 [00h-08h]		P2 [08h-11h] [15h-24h]		P1 [11h-15h]			
		(h)	(kWh)	(h)	(kWh)	(h)	(kWh)		
Bufant 1 (velocitat 1)		0.00	0.00	0.59	11.49	0.46	9.39	1.07	20.86
Bufant 1 (velocitat 2)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	19.68	0.46	19.68
Bufant 2 (velocitat 1)		0.27	5.20	0.79	15.22	0.00	0.00	1.06	20.52
Bufant 2 (velocitat 2)		2.72	115.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72	115.60
Bufant 3 - Reserva (velocitat 1 R1)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bufant 3 - Reserva (velocitat 2 R1)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vehicudador 1		8.00	18.40	3.00	6.90	4.00	9.20	15.00	34.50
Vehicudador 2		8.00	18.40	3.00	6.90	4.00	9.20	15.00	34.50
Totals		16.99	157.60	7.38	40.61	8.94	47.47	35.31	245.68

Exportar dades històriques

Anar

Figura 11: Interfaz del sistema de control, enlace entre control y gestión eléctrica

En este módulo, el usuario tiene acceso a los datos de consumo de históricos del sistema, datos que pueden ser exportados a una hoja de cálculo para su posterior trato.

Además de los equipos relacionados con los sistemas de control implementados en la plataforma, el módulo de gestión energética permite configurar las características de cualquier equipo y la EDAR. Configuradas dichas características es posible realizar una estimación del consumo de cualquier equipo, así como graficarlo en función de una variable representativa (por ejemplo, consumo del bombeo de entrada en base al caudal de tratamiento). La información ofrecida por este módulo es de gran interés para:

- Identificar patrones temporales de consumo (diarios / semanales / estacionales/etc.)
- Valorar el desplazamiento del consumo a los períodos tarifarios en los que la energía es más barata.
- Planificar mantenimientos de equipos en base a horas de funcionamiento de los mismos.

10.2. OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y AHORRO PREVISTO

El control del suministro de aire a los reactores biológicos mediante el sistema de control avanzado prevé la optimización de algunos de los procesos que tienen lugar en la planta relacionados con la eliminación biológica de nutrientes.

1) Optimización del proceso en términos cumplimiento de los requerimientos de vertido de especies nitrogenadas:

Operar el sistema de aireación mediante el sistema de control modificando la velocidad de trabajo de los aireadores en base a la concentración en línea de amonio permite:

- a) Reducir al máximo la concentración de nitratos de las aguas gracias a la disminución de la velocidad de aireación en situaciones de baja carga y durante las primeras horas de los períodos tarifarios punta (en el caso de operar el sistema mediante la estrategia tarifaria), hecho que, al mismo tiempo, permite el aprovechamiento máximo del oxígeno molecular para el consumo de materia orgánica.
- b) Ajustar la consigna de amonio con la finalidad de cumplir con el valor límite establecido con el mínimo coste energético posible ($NT < 15\text{mgN/L}$).

2) Optimización del proceso en términos de eliminación biológica de fósforo.

El control del sistema permitirá reconvertir parte del canal exterior en anaerobio, permitiendo así eliminar parte del fósforo entrante por la vía biológica.

Actualmente la EDAR de Santa Pola trata una carga de fósforo de aproximadamente 5.2 mgP/L . Para cumplir con los requerimientos de calidad establecidos ($PT < 2\text{mP/L}$) se está dosificando cloruro férrico a una concentración de 31ppm . La planta trata un caudal medio diario de de tratamiento de $6.926\text{ m}^3/\text{d}$, se establece que aproximadamente la EDAR consume alrededor de $160\text{kg Cl}_3\text{Fe/d}$. Mediante la implementación del sistema de control citado se establece que se podrá reducir la dosificación de coagulante entre un 15% y un 25%. Considerando un precio medio del coagulante utilizado de $0.18\text{€/kg Cl}_3\text{Fe}$ se prevé un ahorro en términos económicos de entre 1.577 y 2.628€/año .

Análisis de ahorro en Cl_3Fe		
Coagulante.	160Kg	10.512 €/año
-15%	136Kg	8.935 €/año
-25%	120kg	7.884 €/año

Tabla 14: Estimación de ahorro en coagulante

3) Optimización del proceso en términos de coste y consumo.

El conocimiento de la concentración de amonio en tiempo real permite al sistema ajustar la velocidad de operación del sistema de rotores. Las concentraciones medias de vertido actuales de nitrógeno total encuentren por debajo de los límites establecidos ($NT < 11\text{mgN/L}$; datos 2010). Considerando que el órbal es un canal de oxidación se puede suponer que una fracción importante del nitrógeno vertido es en

forma de nitrato. Así, operar el sistema mediante la estrategia de control expuesta permitirá:

- a) Incrementar la concentración integrada de amonio (a un margen igual o superior a la reducción registrada de nitrato), acercándola a valores próximos a los límites legales, cumpliendo al mismo tiempo las limitaciones de concentración máxima establecida por el gestor del sistema.
- b) Conducir el sistema a los valores máximos de vertido durante los períodos tarifarios en los que la energía es más cara, reduciendo así el coste relacionado con el aporte de aire al sistema.

Así, mediante la implementación del sistema de control se estima una reducción en el consumo energético del sistema de aireación del 15 - 20%. Considerando que el aporte de aire representa cerca del 50% del consumo global de la EDAR, se estima una disminución del 7.5% - 10% del consumo global de la planta, ahorro que en términos económicos puede ascender hasta el 12% - 15% (mayor que el ahorro energético a causa del desplazamiento de las puntas de consumo a los períodos tarifarios valle). La siguiente tabla muestra, a modo de resumen, el ahorro energético y económico previsto relacionado con el aporte de aire considerando un coste medio de la energía de 0.17 €/kWh.

	Caudal (m3/mes)	Consumo Activa (KWh)	Consumo Acumulado (KWh)	Ratio EDAR (KWh/m3)	Coste Energético (€)	Ahorro Energético 7,5% (KWh)	Ahorro Energético 10% (KWh)	Ahorro Económico 12% (€)	Ahorro Económico 15% (€)
Enero	206.823,9	95.139,0	95.139,0	0,46	16.173,6	7.135,4	9.513,9	1.940,8	2.426,0
febrero	179.025,0	85.932,0	181.071,0	0,48	14.608,4	6.444,9	8.593,2	1.753,0	2.191,3
Marzo	202.423,4	95.139,0	276.210,0	0,47	16.173,6	7.135,4	9.513,9	1.940,8	2.426,0
Abril	200.152,2	92.070,0	368.280,0	0,46	15.651,9	6.905,3	9.207,0	1.878,2	2.347,8
Mayo	202.423,4	95.139,0	463.419,0	0,47	16.173,6	7.135,4	9.513,9	1.940,8	2.426,0
Junio	200.152,2	92.070,0	555.489,0	0,46	15.651,9	6.905,3	9.207,0	1.878,2	2.347,8
Julio	304.846,3	146.326,2	701.815,2	0,48	24.875,5	10.974,5	14.632,6	2.985,1	3.731,3
Agosto	318.100,4	146.326,2	848.141,4	0,46	24.875,5	10.974,5	14.632,6	2.985,1	3.731,3
Septiembre	314.680,0	141.606,0	989.747,4	0,45	24.073,0	10.620,5	14.160,6	2.888,8	3.611,0
Octubre	216.225,0	95.139,0	1.084.886,4	0,44	16.173,6	7.135,4	9.513,9	1.940,8	2.426,0
Media Mensual	234.485,2	108.488,64	*	0,46	18.443,1	8.136,6	10.848,9	2.213,2	2.766,5
Total 10 meses	2.344.851,8	1.084.886,40	*	*	184.430,7	81.366,5	108.488,6	22.131,7	27.664,6

Tabla 15: Estimación en ahorro energético y económico con la implementación del sistema de control

10.3. PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

Coste del Sistema	Ahorro mensual estimado (aprox.)		Período de retorno
29.737,0 €	Aireación	22.131.7 – 27664.6 €/año	1 – 1.2 años
	Dosificación de coagulante	8900 - 7800 €/año	

Tabla 16: Periodo retorno para el sistema de control de nutrientes

11. VIABILIDAD DE PROPUESTAS OFERTADAS Y CONCLUSIONES

Tanto el cambio de las soplantes por los turbocompresores de levitación magnética y la implementación del sistema de control en la planta para la eliminación de nutrientes y control tarifario crean una sostenibilidad y un ahorro importante en la planta, con periodos de retornos relativamente bajos. A continuación se exponen los datos más relevantes uniendo las dos propuestas ofertadas.

	Coste del Sistema €	Ahorro Energético Kw/año	Ahorro Económico €/año	Periodo Retorno años	Ahorro Medioambiental Kg CO2/Kwh
Cambio de soplantes	94.575	217.911	37.045	3	26.367
Sistema de Control	29.737	108.489	24.762	1,2	13.127
TOTAL	124.312	326.399	61.807	2,0	39.494

Tabla 17: Resumen de las dos alternativas

11.1 PERIODOS DE RETORNO TOTALES

COSTE DEL SISTEMA	AHORRO MENSUAL ESTIMADO	PERIODO DE RETORNO
124.312 €	5.150,54 €	2 años

Tabla 18: Periodo de retorno total

Con toda la información expuesta en el estudio se ofrece un cambio de sistema de aireación más un sistema de control automático de la planta que supone un coste total de 124.312 euros, ahorro mensual estimado de 5.150 euros y un periodo de retorno de 2 años.

11.2 CONCLUSIONES

Tras el estudio puedo extraer las siguientes conclusiones:

1. El cambio de soplantes supone la mayor inversión con 94.575 euros aun asi vemos que el ahorro energético al año es superior que el sistema de control con 217.911 Kw/año, expongo que el cambio de soplantes por los turbocompresores de levitación magnetica es una cuestión necesaria a corto-largo plazo, ya que suponemos aumentos de la población, utilizando esta tecnología más eficiente el cambio consigue ahorrar diariamente en la planta, estimando un ahorro de 37.045 euros al año, el periodo de retorno para esta alternativa es bajo alrededor de tres años.
2. El sistema de control supone una inversión menor, pero no por ello menos importante, ya que con este sistema control de la planta, quedaría más automatizada, tiempos de respuesta para actuar más corto y un control más eficaz en la depuración de aguas, como dicho anteriormente cumpliría con (NT< 15mgN/L) y fósforo (PT<2mgP/L). La inversión ronda los 29.737 euros con un ahorro energetico que estaría alrededor de los 108.489 Kw/año y un ahorro economico de 24.762 €/año. Este sistema completamente necesario para la optimización y eficiencia de la planta, garantizar la correcta depuración del vertido en cuanto a nutrientes eliminados cumpliendo asi con la UNE 216301 sobre sistemas de gestión en eficiencia energética.
3. Ambos sistemas suponen una inversión de 150.417 euros un ahorro energético de 326.399 Kw/año y un ahorro económico de 61.807 euros año un periodo de retorno total para ambas alternativas de 2 años aproximadamente, esto significa que se podría alcanzar números de ahorro muy importantes en la planta en 2.5 años y evitando una contaminacion importante con un ahorro ambiental de 39.494 Kg CO2.



UNIVERSIDAD JAUME I

**ESTUDIO DE EFICIENCIA EN SISTEMA
DE AIREACIÓN Y ESTRATEGIA DE
OPTIMIZACIÓN Y CONTROL BASADO
EN ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES.
EDAR DE SANTA POLA**

DOCUMENTO 3

PRESUPUESTO

PROYECTO FINAL DE MASTER

REALIZADO POR: ADRIÁN RODRÍGUEZ POVEDA

DIRIGIDO POR: CARLOS FERRER

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA Y CONSTRUCCIÓN

VALENCIA, 2013

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
PRESUPUESTO SOBRE SUSTITUCIÓN DE SOPLANTES.....	4
TURBOCOMPRESORES.....	4
MATERIALES.....	4
MANO DE OBRA.....	5
DISEÑO DEL PROYECTO.....	5
TOTAL SUSTITUCIÓN DE SOPLANTES.....	5
PRESUPUESTO DE LA PLATAFORMA.....	6
MODULOS.....	6
EQUIPOS DE MEDIDA.....	8
PRESUPUESTO TOTAL SISTEMA CONTROL.....	8
TOTAL ESTUDIO DE EFICIENCIA.....	9

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se detalla el presupuesto del proyecto, el cual tiene como objetivo el proporcionar la información detallada sobre el coste global del mismo y sus periodos de retorno.

Con este fin, será desglosado en diversos apartados referentes a los diferentes conceptos que lo componen y que conjuntamente nos proporcionará el importe total del proyecto realizado.

Considerar que está dividido en dos partes, por un lado se desglosa el presupuesto sobre el estudio de eficiencia de aireación es decir: Cambio de las soplantes con todos los trabajos necesarios. Por otro lado se desglosa el presupuesto referente al sistema de control de nutrientes.

También se debe señalar, que los precios pueden estar ligeramente alterados ya que se debe a un proyecto con objetivos educativos.

2. PRESUPUESTO SOBRE SUSTITUCIÓN DE SOPLANTES

2.1 TURBOCOMPRESORES

TURBOCOMPRESORES			
Unidades	Descripción	Precio Un.	Precio (€)
2	Turbocompresor ABS HST 150kw	55.000,0	110.000,0
TOTAL			110.000,0

2.2 MATERIALES

MATERIALES			
Unidades	Descripción	Precio Ud.	Precio (€)
2	Tubería de admisión: 1 m tubo recto DN 250 acero galvanizado	11,5	76,4
	Collarín DN 250	7,4	
	Brida DN 250	11,0	
	Tornillería de acero inoxidable	8,3	
2	Tubería de Salida: 1 m tubo recto DN200 de acero galvanizado	9,5	163,5
	bridas DN 200	8,9	
	2 codo de 90\ DN 200	48,3	
	collarín DN 200	6,0	
	Tornillería de acero inoxidable	9,2	
TOTAL			240,0

2.3 MANO DE OBRA

EJECIÓN DE LA OBRA			
Unid. (h)	Descripción	Precio Un.	Precio (€)
120	Oficial de 1 categoría	28	3360
125	Oficial de 2 categoría	20	2500
125	Oficial de 3 categoría	15	1875
TOTAL			7.735,00

2.4 DISEÑO DEL PROYECTO

DISEÑO DEL PROYECTO			
Unid. (h)	Descripción	Precio Un.	Precio (€)
120	Estudio de optimización	55	6600
TOTAL			6.600,00

2.5 TOTAL SUSTITUCIÓN DE SOPLANTES

TOTAL SUSTITUCIÓN DE SOPLANTES			
Unidades	Descripción	Precio Un.	Precio (€)
	TURBOCOMPRESORES		80.000,0
	MATERIALES		240,0
	EJECUCIÓN DE LA OBRA		7.735,0
	DISEÑO DEL PROYECTO		6.600,0
TOTAL			94.574,98

NOVENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS SETENTA Y CUATRO CON NOVENTA Y OCHO.

3. PRESUPUESTO DE LA PLATAFORMA

3.1 MODULOS

MÓDULO 1 - GESTIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS	
Unidad	Precio (€)
Licencia RADMIN Server control remoto	70,0
Service, pantalla TFT19 fujitsu, SAI y licencia windows 7 server	1.745,0
Programación de las variables necesarias	3.690,0
Servidor para adquisición de variables PLC	1.040,0
TOTAL módulo 1	6.545,0

MÓDULO 2 - CONTROL	
Unidad	Precio (€)
Control del sistema de aireación en modo ORBAL para la optimización de la eliminación de nutrientes (modalidad 1 reactor)	14.950,0
Lazo de control de aireadores - oxímetro como control auxiliar del sistema para el control de la concentración OD en los canales	
Total Módulo 2	14.950,0

MÓDULO 3 - GESTIÓN ENERGÉTICA	
Unidad	Precio (€)
Registro consumo de equipos Registro horas de funcionamiento por periodo tarifario y hora. Registro de consumos unitarios por período y hora. Exportación de datos a hoja de cálculo. Representación gráfica del consumo horario de la EDAR	1.330,0
Total Módulo 3	1.330,0

MÓDULO 4 - AYUDA A LA DECISIÓN

Unidad	Precio (€)
<p>Planes de actuación</p> <p>Estado de las variables de operación y exposición de los motivos por los cuales se está llevando a cabo una determinada acción</p>	1.240,0
<p>Generación de informes - Adquisición y gestión de datos</p> <p>Generación de informes de los datos adquiridos por el sistema a distintas escalas temporales</p>	
<p>Generación de informes - Control</p> <p>Generación de informes de los lazos de control: resumen de la información más relevante del control instalado en el sistema.</p>	
<p>Generación de informes - Gestión energética</p> <p>Generación de informes de consumo energético de la EDAR, información más relevante referente al consumo de equipos.</p>	
<p>Total Módulo 2</p>	1.240,0

3.2 EQUIPOS DE MEDIDA

EQUIPOS DE MEDIDA			
Unidades	Descripción	Precio Ud.	Precio (€)
1	Sonda de amonio de electrodo selectivo HACH LANGE Rango de medida 0 - 1000 mg/l NH4-N, k+ Hach Lange Ref. LXV440.99.10001	3.952,0	3.952,0
1	Set de montaje para instalación de la sonda en inmersión inoxidable para la instalación sobre barana, pared o suelo. Hach Lange Ref. 6184900.99.0000	360,0	360,0
1	Controlador de 2 canales SC100 para la conexión de las sondas RedOx de cada reactor. Hach Lange Ref. LXV401.99.00001	1.360,0	1.360,0
TOTAL - Equipos de medida y complementos			5.672,0
Total Módulo 2			5.672,0

3.3 PRESUPUESTO TOTAL SISTEMA CONTROL

TOTAL SISTEMA DE CONTROL	
Unidades	Precio (€)
Subtotal Módulo 1 - Adquisición de datos	6.545,0
Subtotal Módulo 2 - Control	14.950,0
Subtotal Módulo 3 - Gestión energética	1.330,0
Subtotal Módulo 4 - Ayuda a la decisión	1.240,0
Total Plataforma - EDAR	24.065,0
Total equipos de medida	5.672,0
TOTAL	29.737,0

VEINTINUEVE MIL SETECIENTOS TREINTA Y SIETE

4 TOTAL ESTUDIO DE EFICIENCIA

TOTAL ESTUDIO DE EFICIENCIA			
Unidades	Descripción	Precio Un.	Precio (€)
1	SUSTITUCIÓN DE SOPLANTES		94.575,0
1	SISTEMA DE CONTROL		29.737,0
	IVA	21%	26.105,5
TOTAL			150.417,50

*CIENTO CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS DIECISIETE CON
CINCUENTA*



UNIVERSIDAD JAUME I

**ESTUDIO DE EFICIENCIA EN SISTEMA
DE AIREACIÓN Y ESTRATEGIA DE
OPTIMIZACIÓN Y CONTROL BASADO
EN ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES.
EDAR DE SANTA POLA**

DOCUMENTO 4

PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO FINAL DE MASTER

REALIZADO POR: ADRIÁN RODRÍGUEZ POVEDA

DIRIGIDO POR: CARLOS FERRER

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN

VALENCIA, 2013

DISPOSICIONES Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

El objeto del presente proyecto consiste, en la actuación sobre la EDAR de SANTA POLA en materia de eficiencia y control de la planta, se plantean dos alternativas en las cuales la planta se convierte en más sostenible, teniendo en cuenta el aumento de la electricidad de forma exponencial y el nulo valor económico del producto final de la planta es imprescindible este estudio para la viabilidad a corto largo plazo.

En este documento se detallan las especificaciones técnicas y reglamentarias que se han de cumplir para llevarlo a cabo de una forma fiable y segura. En dichas especificaciones se establecen las condiciones de trabajo que han de soportar con garantías todos y cada uno de los estados para el correcto funcionamiento de la planta.

Entre las exigencias se encuentran las condiciones técnicas que deben cumplir los materiales seleccionados que forman parte del sistema del proyecto. Otra de las partes que engloba este documento son las normas y reglamentaciones legales que afectan a la EDAR, sus valores nominales, y ensayos pasados para regular el control de calidad. Para una mayor información sobre la instrumentación se consultarán las hojas de características de los mismos que se adjuntan en el Anexo “Datasheets”.

Dado el carácter amplio del pliego de condiciones, es normal que pueda surgir, durante el transcurso de la obra, alguna eventualidad de poca relevancia. En tal caso, el director de la obra antes de tomar una decisión, la consultará previamente con el proyectista.

2. DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS

Todas las disposiciones reglamentarias referentes a la depuración de aguas residuales está expuesto en las siguientes directivas y real decretos como ya mencionado en la memoria documento 1 de este proyecto.

- DIRECTIVA 91/271/CEE de 21 de mayo de 1991, sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas, que tiene por objeto la recogida, el tratamiento y el vertido de las aguas residuales urbanas y el tratamiento y vertido de las aguas residuales procedentes de determinados sectores industriales. La finalidad de esta Directiva es la de proteger al medio ambiente de los efectos negativos de los vertidos de las mencionadas aguas residuales.
- REAL DECRETO-LEY 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 312, 30-12-95). Se trata de la transposición de la Directiva 91/271/CEE y tiene por objeto complementar el título V de la Ley 29/1985 de Aguas, de 2 de agosto, y el título III de la Ley 22/1988 de Costas, de 28 de julio, con el fin de proteger la calidad de las aguas continentales y marítimas de los efectos negativos de los vertidos de las aguas residuales urbanas (art. 1).
- REAL DECRETO 509/1996 de 15/3/96, que desarrolla el REAL DECRETOLEY 11/1995 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 77, 29-3-96).
- Este R.D. completa la incorporación de la citada Directiva, desarrollando lo dispuesto en el R.D.-Ley, para lo cual fija los requisitos técnicos que deberán cumplir los sistemas colectores (art. 2), las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales (art. 3), los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones secundarias (art. 5) o de aquellos que vayan a realizarse en zonas sensibles (art. 6) y regula el tratamiento previo de los vertidos de las aguas residuales industriales cuando éstos se realicen a sistemas colectores (art. 8) o a instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas.
- Así mismo, se determinan los criterios que deberán tomarse en consideración para la declaración de las zonas sensibles y zonas menos sensibles (art. 7), que corresponderá efectuar bien a la Administración General del Estado o a las Comunidades autónomas.
- Por último, se establece que las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán efectuar el seguimiento y los controles precisos para garantizar el cumplimiento de las obligaciones contempladas tanto en el R.D.-Ley como en este R.D. (art. 9) y se fijan los métodos de referencia para el seguimiento y evaluación de los resultados de dichos controles (anexo III).

3. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN

En el presente apartado se indicarán los aspectos en los que se debe extremar la exactitud en los trabajos para conseguir el montaje adecuado y la correcta puesta en marcha de los sistemas.

3.1. SUSTITUCIÓN DE SOPLANTES

Fases de ejecución:

- a) Suministro de turbocompresores
- b) Desmontaje soplante nº1 y montaje del turbocompresor nº 1 en bancada
- c) Trabajos de calderería en el turbocompresor nº1
- d) Instalación eléctricas turbocompresor nº 1
- e) Puesta en marcha turbocompresor nº 1
- f) Desmontaje soplante nº2 y montaje del turbocompresor nº 2 en bancada
- g) Trabajos de calderería en el turbocompresor nº2
- h) Instalación eléctricas turbocompresor nº 2
- i) Puesta en marcha turbocompresor nº 2

a) Suministro de turbocompresores

Se llevara a cabo por la empresa suministradora de los turbocompresores. SULZER empresa suiza especializada en turbocompresores da un plazo de 24 mese en el suministro de esta gama de turbocompresores.

Con lo expuesto anterior mente la adquisición de los turbocompresores debe de realizarse con la suficiente antelación para que estén dispuestos para el momento en que se necesiten para su instalación.

b) Desmontaje soplante nº1 y montaje del turbocompresor nº 1 en bancada

El modo de actuación se realizara paso a paso en cada soplante de este modo la planta seguirá con su funcionamiento habitual, no viéndose afectado por las obras. La dinámica es instalar las soplantes step a step.

Las dimensiones del turbo compresor HST son más pequeñas que las de la soplante actuales instaladas en la planta. La bancada actual servirá para la colocación del nuevo turbo compresor.

Se desmontará la soplante y su cabina de insonorización y se montará el turbo compresor mediante carretilla elevadora. Los orificios de montaje de la base del turbo compresor tienen 22 mm de diámetro. Se realizará el montaje mediante tornillos M20 con un tamaño de arandela M20 DIN 7349.

El equipo utilizado para elevar o mover la unidad debe tener las dimensiones adecuadas para manejar cargas superiores al peso total del turbo compresor y su embalaje.

El turbo compresor debe mantenerse en posición vertical durante su elevación o transporte.

Para el desmontaje de la soplante actual, su cabina y el montaje del turbo compresor será necesario la ayuda de una grúa.

c) Trabajos de calderería en el turbocompresor n°1

Se instalará una pieza silenciador extraíble en la tubería de admisión y en la de salida.

Tubería de admisión:

El turbocompresor aspirará el aire del interior de la sala de soplantes. Por las especificaciones técnicas del fabricante se debe colocar un tubería de admisión de aire de como mínimo 4 veces el diámetro de la tubería. Se instalará una tubería admisión de 1000 mm ($>4 \times 273 = 992$ mm).

El material necesario para esta actuación para cada turbocompresor será el siguiente:

- 1000 mm de tubo recto DN 250 de acero galvanizado.
- 1 collarín DN 250 de acero galvanizado.
- 1 brida DN 250.
- Tornillería de acero inoxidable.

Tubería de salida:

La tubería de salida del aire de la soplante es DN 300 como muestra el fabricante y el centro de la salida de aire está a 325 mm de altura, mientras que la salida de los turbocompresores es DN 200 y su centro está a una altura de 1.370 mm, por lo que hay que realizar una modificación de la tubería de impulsión actual.

Para poder colocar la tubería de impulsión, con el silenciador y que el equipo caiga sobre la bancada actual, se deben cortar la conducción de conexión actual de la soplante con la conducción general, se soldará la brida con la válvula de corte que se ha desmontado, se colocará una reducción de DN 300 a DN 200, y por último se realizará la conexión del equipo a la brida de la reducción mediante una tubería DN 200.

Para esta actuación se utiliza el siguiente material:

- 1 Reducción DN 300 a DN 200 de acero galvanizado.
- 2 Codos de 90° DN 200 de acero galvanizado.
- 200 mm de tubo recto DN 200 de acero galvanizado.
- 1 collarín DN 200 de acero galvanizado.
- 1 brida DN 200.
- Tornillería de acero inoxidable.

Autorefrigeración:

Los tres componentes del compresor que requieren refrigeración son: controlador de los rodamientos magnéticos (MBC-12), convertidor de frecuencia y motor eléctrico. Se realizará la refrigeración por autorrefrigeración.

El armario de control cuenta con dos entradas de aire en la parte frontal. La refrigeración del motor se realiza por una entrada en la parte izquierda del armario de control. La salida de aire de refrigeración del armario de control se encuentra en la parte derecha del grupo.

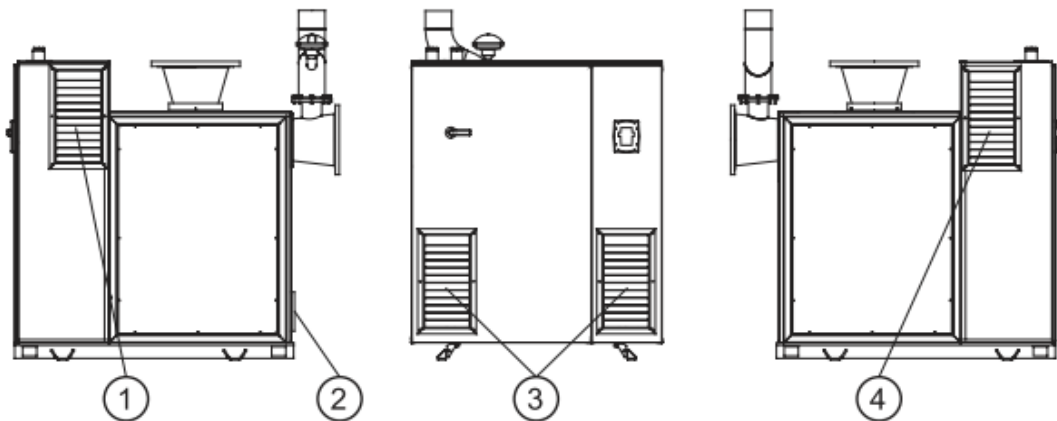


Fig. 19 Autorrefrigeración

Leyenda

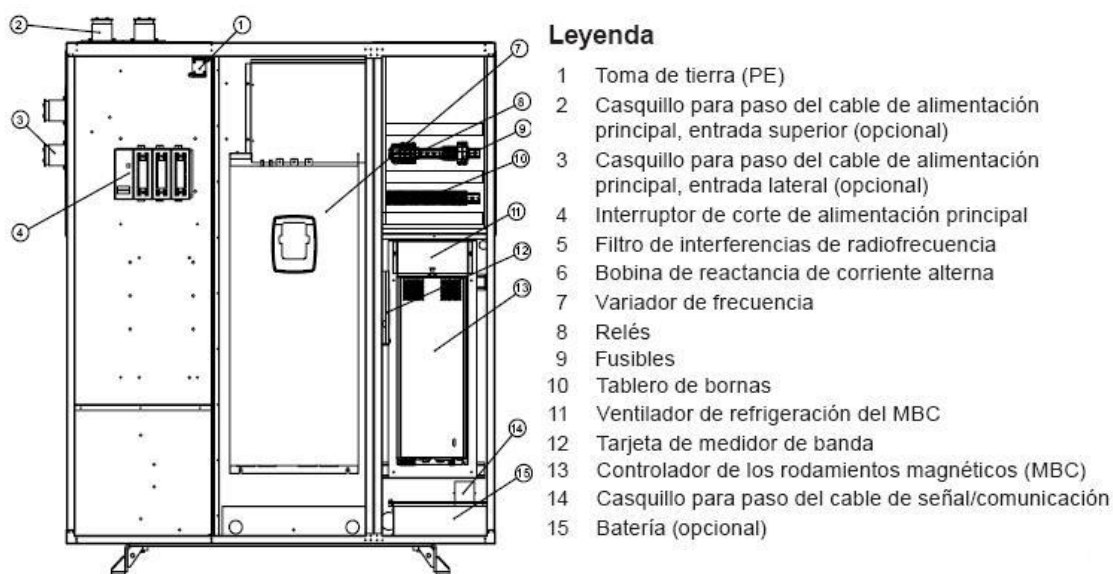
- | | |
|---|--|
| 1 Salida de aire de refrigeración del armario de control | 2 Salida de aire de refrigeración del motor |
| 3 Entrada de aire de refrigeración del armario de control | 4 Entrada de aire de refrigeración del motor |

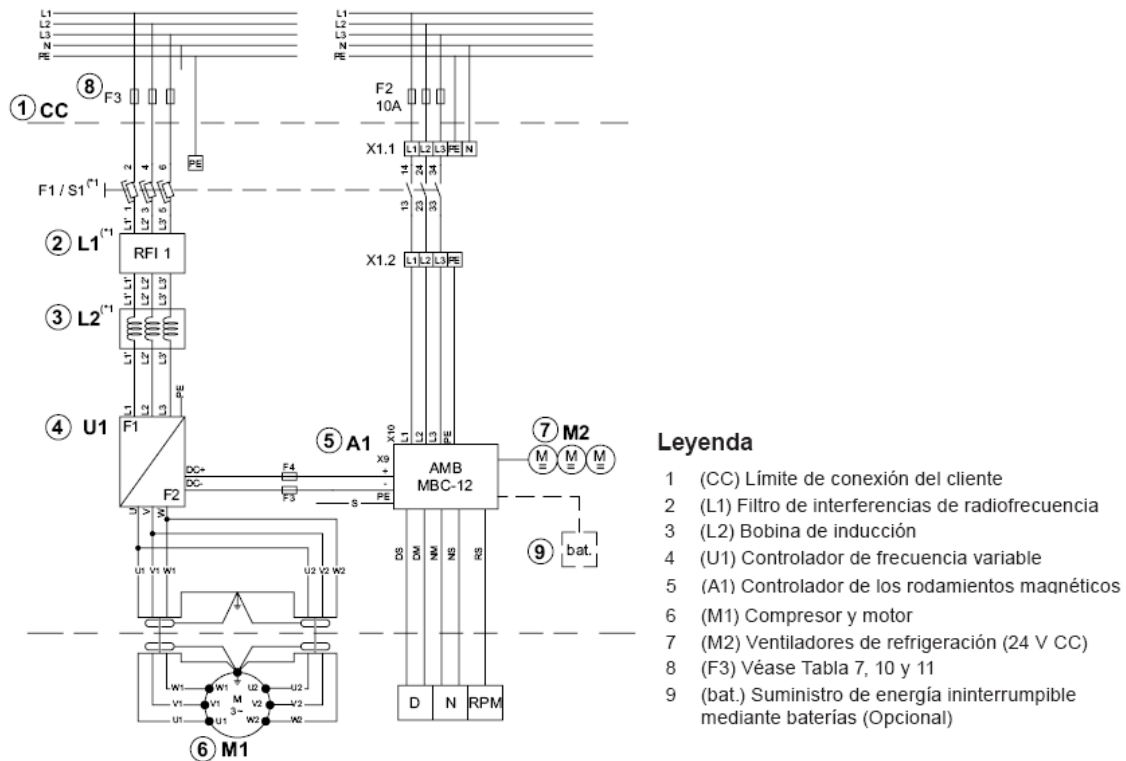
d) Instalación eléctrica turbocompresor n° 1

Se reutilizarán material (con excepción de las protecciones que hay que cambiar) y el cableado eléctrico existente en la instalación eléctrica de la soplante. Al tener los turbocompresores los variadores de velocidad incorporados, se dejarán los dos variadores de frecuencia actuales para las soplantes que se queden en la instalación.

Las conexiones a la alimentación principal se realizan directamente al interruptor de corte de alimentación principal.

- El cable de alimentación principal se introduce en el cuadro eléctrico a través del espacio situado en la parte superior o izquierda del mismo.
- Se conectará el cable de alimentación principal a los terminales del interruptor de corte de alimentación principal.
- Se conectará el cable de alimentación auxiliar al terminal X1. Se utilizará un suministro diferente para la alimentación auxiliar. No se permite utilizar el suministro del interruptor de corte de alimentación principal.
- Se conectará los cables de puesta a tierra apantallados a la toma de tierra situada encima del interruptor de corte de alimentación principal.





e) Puesta en marcha turbocompresor n° 1

Con la incorporación de los nuevos turbocompresores se realizará la reprogramación del automático para que funcionen los mismos en función de los niveles de oxígeno existente en el reactor biológico y adecuando la parada y marcha del segundo equipo para optimizar al máximo el consumo.

Decir que en la segunda parte del pliego se especificara y se actuara sobre los turbocompresores de manera diferente ya que se implementa un modulo control al sistema donde será capaz de actuar en la medida que se le programe.

f) Desmontaje soplante n°2 y montaje del turbocompresor n° 2 en bancada

El modo de actuación se realizara paso a paso en cada soplante de este modo la planta seguirá con su funcionamiento habitual, no viéndose afectado por las obras. La dinámica es instalar las soplantes step a step.

Las dimensiones del turbo compresor HST son más pequeñas que las de la soplante actuales instaladas en la planta. La bancada actual servirá para la colocación del nuevo turbo compresor.

Se desmontará la soplante y su cabina de insonorización y se montará el turbo compresor mediante carretilla elevadora. Los orificios de montaje de la base del turbo compresor tienen 22 mm de diámetro. Se realizará el montaje mediante tornillos M20 con un tamaño de arandela M20 DIN 7349.

El equipo utilizado para elevar o mover la unidad debe tener las dimensiones adecuadas para manejar cargas superiores al peso total del turbo compresor y su embalaje.

El turbo compresor debe mantenerse en posición vertical durante su elevación o transporte.

Para el desmontaje de la soplante actual, su cabina y el montaje del turbo compresor será necesario la ayuda de una grúa.

g) Trabajos de calderería en el turbocompresor n°2

Se instalará una pieza silenciador extraíble en la tubería de admisión y en la de salida.

Tubería de admisión:

El turbocompresor aspirará el aire del interior de la sala de soplantes. Por las especificaciones técnicas del fabricante se debe colocar un tubería de admisión de aire de como mínimo 4 veces el diámetro de la tubería. Se instalará una tubería admisión de 1000 mm ($>4 \times 273 = 992$ mm).

El material necesario para esta actuación para cada turbocompresor será el siguiente:

- 1000 mm de tubo recto DN 250 de acero galvanizado.
- 1 collarín DN 250 de acero galvanizado.
- 1 brida DN 250.
- Tornillería de acero inoxidable.

Tubería de salida:

La tubería de salida del aire de la soplante es DN 300 como muestra el fabricante y el centro de la salida de aire está a 325 mm de altura, mientras que la salida de los turbocompresores es DN 200 y su centro está a una altura de 1.370 mm, por lo que hay que realizar una modificación de la tubería de impulsión actual.

Para poder colocar la tubería de impulsión, con el silenciador y que el equipo caiga sobre la bancada actual, se deben cortar la conducción de conexión actual de la soplante con la conducción general, se soldará la brida con la válvula de corte que se ha desmontado, se colocará una reducción de DN 300 a DN 200, y por último se realizará la conexión del equipo a la brida de la reducción mediante una tubería DN 200.

Para esta actuación se utiliza el siguiente material:

- 1 Reducción DN 300 a DN 200 de acero galvanizado.
- 2 Codos de 90° DN 200 de acero galvanizado.
- 200 mm de tubo recto DN 200 de acero galvanizado.
- 1 collarín DN 200 de acero galvanizado.
- 1 brida DN 200.
- Tornillería de acero inoxidable.

Autorefrigeración:

Los tres componentes del compresor que requieren refrigeración son: controlador de los rodamientos magnéticos (MBC-12), convertidor de frecuencia y motor eléctrico. Se realizará la refrigeración por autorrefrigeración.

El armario de control cuenta con dos entradas de aire en la parte frontal. La refrigeración del motor se realiza por una entrada en la parte izquierda del armario de control. La salida de aire de refrigeración del armario de control se encuentra en la parte derecha del grupo.

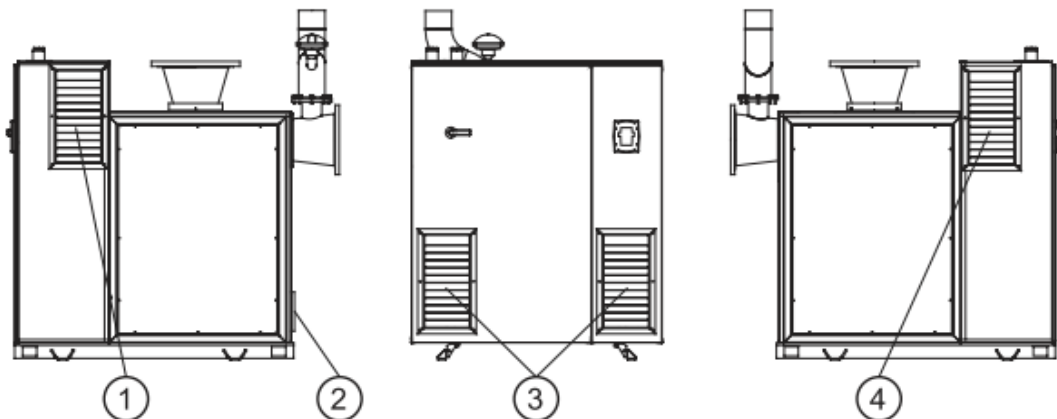


Fig. 19 Autorrefrigeración

Leyenda

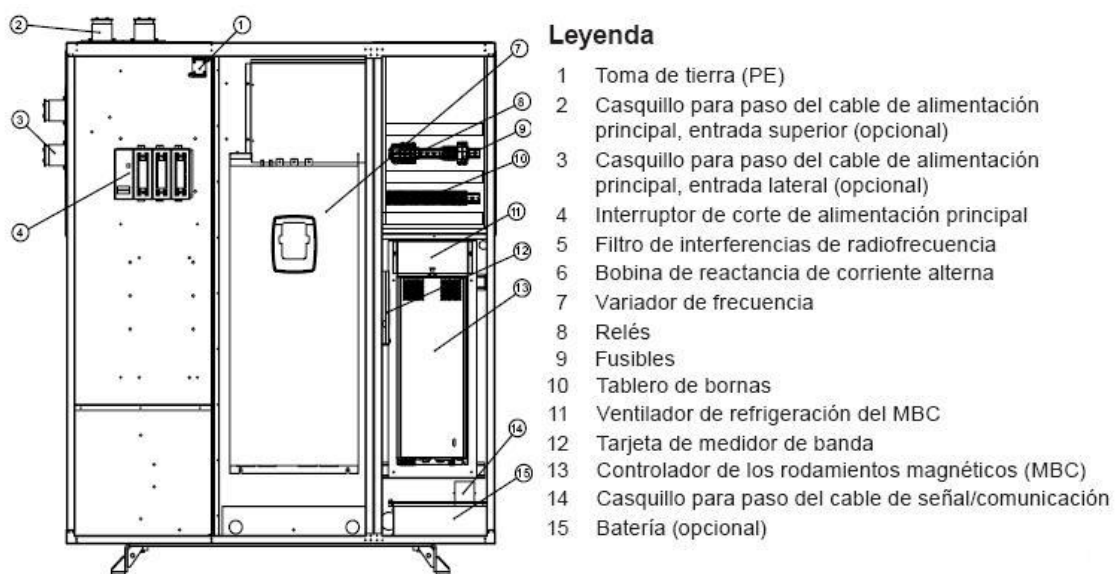
- | | |
|---|--|
| 1 Salida de aire de refrigeración del armario de control | 2 Salida de aire de refrigeración del motor |
| 3 Entrada de aire de refrigeración del armario de control | 4 Entrada de aire de refrigeración del motor |

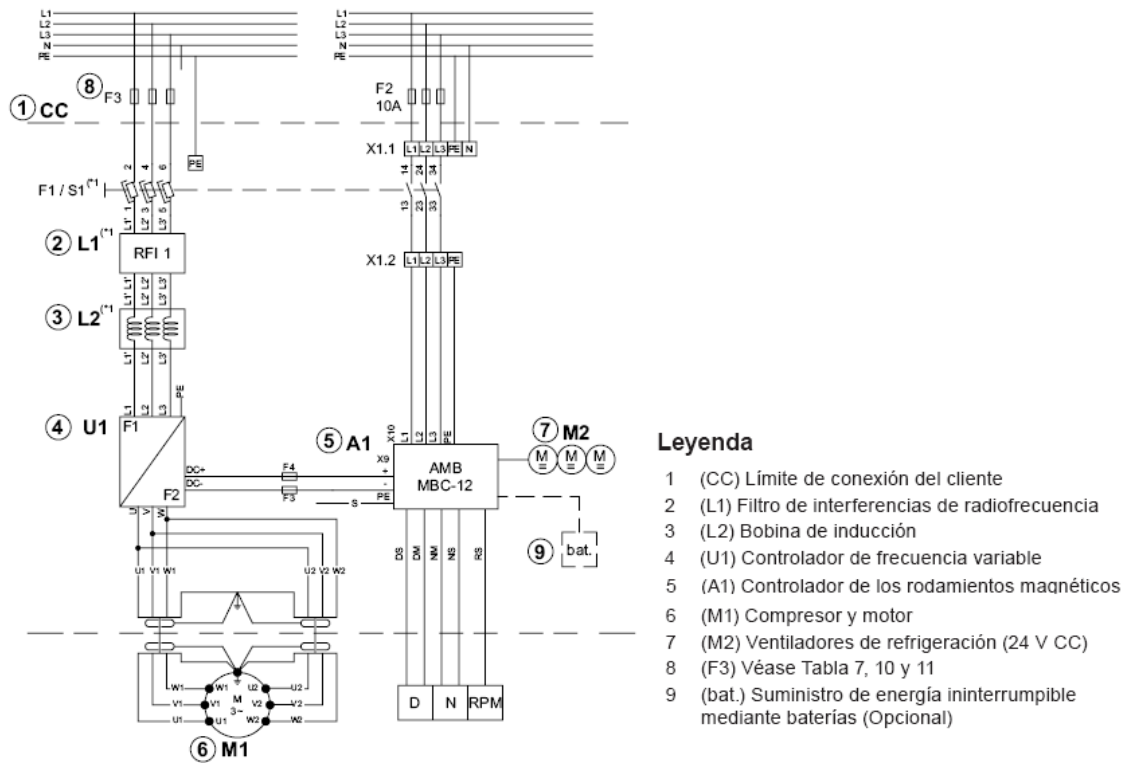
h) Instalación eléctrica turbocompresor nº 2

Se reutilizarán material (con excepción de las protecciones que hay que cambiar) y el cableado eléctrico existente en la instalación eléctrica de la soplante. Al tener los turbocompresores los variadores de velocidad incorporados, se dejarán los dos variadores de frecuencia actuales para las soplantes que se queden en la instalación.

Las conexiones a la alimentación principal se realizan directamente al interruptor de corte de alimentación principal.

- El cable de alimentación principal se introduce en el cuadro eléctrico a través del espacio situado en la parte superior o izquierda del mismo.
- Se conectará el cable de alimentación principal a los terminales del interruptor de corte de alimentación principal. Las fases de entrada pueden estar en cualquier orden.
- Se conectará el cable de alimentación auxiliar al terminal X1. Se utilizará un suministro diferente para la alimentación auxiliar. No se permite utilizar el suministro del interruptor de corte de alimentación principal.
- Se conectará los cables de puesta a tierra apantallados a la toma de tierra situada encima del interruptor de corte de alimentación principal.





i) Puesta en marcha turbocompresor n° 2

Con la incorporación de los nuevos turbocompresores se realizará la reprogramación del automático para que funcionen los mismos en función de los niveles de oxígeno existente en el reactor biológico y adecuando la parada y marcha del segundo equipo para optimizar al máximo el consumo.

Decir que en la segunda parte del pliego se especificara y se actuara sobre los turbocompresores de manera diferente ya que se implementa un modulo control al sistema donde será capaz de actuar en la medida que se le programe.

3.1.1. INTERFERENCIAS CON LA EDAR DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Como el sistema de aireación actual está formado por 5 soplantes y como máximo funcionan dos simultáneamente, mientras se realiza la sustitución de dos de ellas por turbocompresores el sistema de aireación funcionará normalmente, por tanto, no existen interferencias apreciables durante la ejecución de esta mejora.

3.1.2. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas de funcionamiento y la puesta en marcha de los equipos se llevará a cabo por técnicos de ABS.

El funcionamiento de los equipos se ajustará a los parámetros marcados desde la explotación y ajustando al máximo el arranque y parada de los equipos en función del criterio de optimización energética.

3.2. MEJORAS DE INSTRUMENTACIÓN DIRIGIDAS AL CONTROL

Fase de ejecución:

- a) Suministro del material.
- b) Montaje de servidor.
- c) Montaje de la controladora y la sonda sobre baranda.
- d) Trabajos de cableado.
- e) Implementación de los módulos.
- f) Servicios de programación.
- g) Ajustes.

a) Suministro del material.

El plazo mínimo para la adquisición del material es de dos meses se, con ello se debe de realizar y administrar con suficiente antelación, necesaria para cumplir con los plazos de entrega.

Las sonda de amonio, el soporte del mismo y la controladora son suministradas por la misma empresa hach-lange especializada en análisis de agua.

En cuanto al resto de material es aportado por una empresa de informática especializada.

Lista Material:

- Sonda amonio
- Soporte
- Controladora
- Cable doble para exterior con simple apantallado 50 m

- Servidor completo
- Pantalla TFT19 fujitsu

b) Montaje de servidor.

El servidor tiene que estar ubicado en una zona accesible resguardado de la climatología. Se seguirán las pautas de montaje que el fabricante especifica. Se instalarán programas de recuperación para que en caso de fallo interno se pueda actuar con más rapidez.

La alimentación es aportada por la red y además estará conectado al SAI que la planta actualmente dispone para el caso de fallo eléctrico el sistema pueda seguir operando.

c) Montaje de la controladora y la sonda sobre baranda.

La controladora debe estar ubicada en el mismo emplazamiento que el servidor, zona accesible impidiendo la luz directa del sol a este, siguiendo las instrucciones del fabricante.

La sonda será ubicada según el plano en el documento 2 de este proyecto, además para no interactuar con el funcionamiento el soporte elegido se fija desde el exterior, siguiendo las medidas de seguridad oportunas y criterios del fabricante.

d) Trabajos de cableado.

Los trabajos de cableado serán realizados por personal cualificado y supervisado por el ingeniero.

Los trabajos tienen que cumplir las medidas de seguridad, ubicando las protecciones en lugar indicado, material utilizado dentro de la ISO 9000.

Las características están expuestas por el fabricante siguiendo las especificaciones de conectado y puesta a tierra, en caso de utilizar una instalación antigua, cambiar protecciones asegurar cableado y sanear.

e) Servicios de programación.

Una vez instalado todos los componentes se instalarán todos los módulos contratados se realizarán todas las pruebas necesarias para la correcta calibración de sistema realizando todos los ajustes oportunos. Se realizarán trabajos de reprogramación para anclar en uno los dos sistemas modificados además de modificar el SCADA de la planta.

3.3. PLAZO DE GARANTIA

Los materiales propuestos tendrán un plazo de garantía de DOS (2) años.

3.4. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de los trabajos incluidos en el presente pliego es de 3 meses, pero la adquisición de los turbocompresores debe realizarse con 20 meses de antelación.

3.5. PRESUPUESTO

El presupuesto para la ejecución del presente pliego asciende a 150.417,50 €

*CIENTO CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS DIECISIETE CON
CINCUENTA.*