



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Eléctrica

GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA EDAR A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Antonio Sánchez Arriola

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Septiembre de 2018

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

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

El autor D. Antonio Sánchez Arriola

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA EDAR A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

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

3º. Condiciones de la cesión y acceso

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

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

4º. Derechos del autor.

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

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

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

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

intereses a causa de la lesión.

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

45. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

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

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

Madrid, a 26 de Septiembre de 2018:

ACEPTA

Fdo.



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

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

GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA EDAR A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2017/18 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Antonio Sánchez Arriola Fecha: 26/09/2018

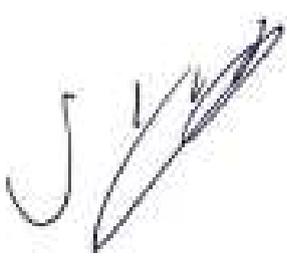


Autorizada la entrega del proyecto:

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Carlos Morales Polo Fecha: 26/09/2018

V.B. 



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Especialidad Eléctrica

GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA UNA EDAR A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Autor: Antonio Sánchez Arriola

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Septiembre de 2018

RESUMEN DEL PROYECTO

El agua es uno de los principales recursos del planeta Tierra y es esencial en el desarrollo de la vida. Pese a que más del 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, sólo el 1% de esta es apta para el consumo humano, lo que la convierte en un recurso escaso.

Su importancia no se reduce sólo a nivel biológico, sino que está presente, además, en multitud de actividades, desde todo tipo de procesos productivos (químicos, papel...) hasta prácticamente cualquier actividad doméstica, pasando por sectores económicos de una importancia vital como la ganadería o la agricultura.

Todos estos usos del agua no resultan inocuos. Contaminan las aguas limpias, convirtiéndolas en aguas residuales, que han de ser tratadas antes de retornar a la naturaleza. De lo contrario, debido al ciclo del agua, podría resultar nociva para el consumo humano. Lo cual, unido a la escasez de este recurso anteriormente mencionada, confieren al tratamiento del agua una relevancia de primera magnitud.

La función de las EDARs (Estación Depuradora de Aguas Residuales) es tratar el agua vertida al medio ambiente y reducir su carga contaminante para minimizar al máximo el impacto que puedan tener en la naturaleza.

Los tratamientos que deberá realizar una EDAR variarán en función del tipo de agua que reciba, su localización y en qué lugar verterá estas aguas, así como los requisitos exigidos por las administraciones locales.

Teniendo en cuenta que el objetivo final de una EDAR no es otro que minimizar el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente y las repercusiones que estas tienen sobre el propio ser humano, es casi necesario para la propia coherencia de la instalación la implementación, en la medida de lo posible, de las disposiciones necesarias para continuar reduciendo, o al menos no agravando, la huella humana en el medio ambiente.

Otro punto a tener en cuenta es la dependencia energética española. En 2016, más del 70% del consumo energético en España provino de más allá de nuestras fronteras. Así casi el 100% del petróleo y gas natural que se consume en España es importado.

Por esto, es muy importante a nivel de país el desarrollo de energías que nos permitan reducir este déficit energético.

Debido a esto, este proyecto tratará de incorporar la generación de energía solar fotovoltaica y eólica en la instalación de una EDAR para reducir su dependencia energética y acercarse a su autoabastecimiento.

Con estos fines en el horizonte se desarrollará el proyecto "Generación eléctrica para una EDAR a través de energías renovables"

PROJECT ABSTRACT

Water is one of the main resources of planet Earth and is essential in the development of life. Although more than 70% of the Earth's surface is covered with water, only 1% of it is suitable for human consumption, which makes it a scarce resource.

Its importance is not only reduced to a biological level, but it is also present in a multitude of activities, from all kinds of productive processes (chemicals, paper ...) to practically any domestic activity, passing through economic sectors of vital importance like livestock or agriculture.

All these uses of water are not innocuous. They contaminate the clean waters, converting them into wastewater, which must be treated before returning to nature. Otherwise, due to the water cycle, it could be harmful for human consumption. Which, together with the shortage of this resource mentioned above, confer to water treatment a relevance of the first magnitude.

The function of WWTPs (Wastewater Treatment Plant) is to treat the water discharged into the environment and reduce its pollutant load to minimize the impact they may have on nature.

The treatments that will have to realize a WWTP will vary in function of the type of water that receives, his location and in which place will pour these waters, as well as the requirements demanded by the local administrations.

Bearing in mind that the ultimate goal of a WWTP is to minimize the impact of human activities on the environment and the repercussions they have on the human being itself, it is almost necessary for the implementation's own coherence to implement, as far as possible, the necessary provisions to continue reducing, or at least not aggravating, the human footprint in the environment.

Another point to take into account is the Spanish energy dependence. In 2016, more than 70% of energy consumption in Spain came from beyond our borders. Thus, almost 100% of the oil and natural gas consumed in Spain is imported.

For this reason, the development of energies that allow us to reduce this energy deficit is very important at the country level.

Due to this, this project will try to incorporate the generation of photovoltaic and wind solar energy in the installation of a WWTP to reduce its energy dependence and approach its self-supply.

With these aims in the horizon the project "Electric generation for a WWTP through renewable energies" will be developed.

DOCUMENTO I

MEMORIA

ÍNDICE

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. HISTORIA DE LA ENERGÍA	17
2. CAPITULO 2. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (EDAR)	26
2.1. INTRODUCCIÓN.....	26
2.2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA	27
2.3. NIVELES DE TRATAMIENTO.....	27
2.3.1. PRETRATAMIENTO.....	28
2.4. TRATAMIENTO PRIMARIO	28
2.5. TRATAMIENTO SECUNDARIO	31
2.6. TRATAMIENTO Terciario	32
2.6.1. LÍNEA DE FANGOS.....	32
2.7. TIPOS DE TRATAMIENTO.....	33
2.7.1. PROCESOS FÍSICOS	33
2.7.2. PROCESOS QUÍMICOS	34
2.7.3. PROCESOS BIOLÓGICOS	34
3. CAPITULO 3. LOCALIZACIÓN DE LA EDAR	37
3.1. REQUISITOS EÓLICOS.....	37
3.2. REQUISITOS SOLARES	38
3.3. REQUISITOS POBLACIONALES.....	40
3.4. ELECCIÓN DE LOCALIZACIÓN	41
4. CAPITULO 4. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	46
4.1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA	46
4.2. LOCALIZACIÓN	48
4.3. LEGISLACIÓN	51
4.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA EDAR	51
4.4.1. TRATAMIENTO	51
4.4.2. DEMANDA ENERGÉTICA DE LA EDAR.....	53
5. CAPÍTULO 5. ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LA EDAR	63
5.1. GENERACIÓN EÓLICA.....	64
5.1.1. INTRODUCCIÓN	64
5.1.2. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	65

5.1.2.1.	CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO	65
5.1.2.2.	CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	68
5.1.2.3.	ELECCIÓN AEROGENERADOR	72
5.2.	GENERACIÓN SOLAR	73
5.2.1.	INTRODUCCIÓN	73
5.2.2.	PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN	74
5.2.2.1.	RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	74
5.2.2.2.	TENSIÓN DE LA INSTALACIÓN	75
5.2.2.3.	RADIACIÓN SOLAR	76
5.2.2.4.	ÁNGULOS DE ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	77
5.2.2.5.	HORA SOLAR PICO (HSP)	79
5.2.2.6.	DIMENSIONAMIENTO MÓDULOS SOLARES	79
5.2.2.7.	ESPACIO REQUERIDO PARA LA INSTALACIÓN	82
5.3.	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	83
5.3.1.	INTRODUCCIÓN	83
5.3.2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	85
6.	CAPÍTULO 6. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO	88
6.1.	INVERSIÓN	88
6.1.1.	INSTALACIÓN EÓLICA	88
6.1.2.	INSTALACIÓN SOLAR	88
6.1.3.	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	89
6.1.4.	RESULTADOS TOTALES	89
6.1.5.	RESULTADOS TOTALES	90
6.1.6.	VIABILIDAD ECONÓMICA	90
7.	CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	95
8.	CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos para vertido de Aguas Residuales Urbanas. Gobierno de España	51
Tabla 2. Distribución de generación	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3. Parámetros distribución de Weibull por estaciones a 80m de altura. IDAE	67
Tabla 4. Posibles valores del parámetro p. Escuela Superior de Ingeniería, ICAI	69
Tabla 5. Resultados finales dimensionamiento	69
Tabla 6. Cálculo Potencia Generada. Modelo Enercon E 53	72
Tabla 7. Resultados Económicos Enercon E 53	73
Tabla 8. Parámetros rendimiento solar	75
Tabla 9 Parámetros de corrección de las HSP	79
Tabla 10. HSP por temporada	79
Tabla 11. Resultados dimensionamiento planta solar	81
Tabla 12. Resultados cálculo de superficie ocupada por la central solar	83
Tabla 13. Consumo diario EDAR Santa Eulalia	85
Tabla 14. Resultados del cálculo de baterías	87
Tabla 15. Costes Instalación Eólica	88
Tabla 16. Costes Instalación Solar	88
Tabla 17. Coste sistemas de almacenamiento	89
Tabla 18. Costes totales	89
disTabla 19. Calculos econocmicos	92
Tabla 20. Resultados VAN y TIR	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. M. Roser (2016) en “Energy Production & Changing Energy Sources”	18
Ilustración 2. Mix energético mundial. BP 2017	20
Ilustración 3. Mix energético por Región.....	20
Ilustración 4. Mix energético español. BP 2017.....	22
Ilustración 5. Radiación solar en Europa. GeoModel Solar.....	22
Ilustración 6. Potencia eólica instalada en España. Asociación Eólica Española (AEE).....	23
Ilustración 7. Potencia Instalada en España. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) y REE	24
Ilustración 8. Esquema General de una Depuradora. (Escuela Superior de Ingeniería ICAI, 2017)....	26
Ilustración 9. Esquema pretratamiento. (ICAI, 2017)	28
Ilustración 10. Esquema General Tratamiento Primario	29
Ilustración 11. Esquema General Tratamiento Secundario	31
Ilustración 12. Mapa eólico España. IDAE 2009.....	38
Ilustración 13. Mapa Radiación Solar Europa.....	39
Ilustración 14. Mapa radiación Solar en España. (AEMET, Agencia Estatal de Meteorología).....	40
Ilustración 15. Mapa Ibiza.....	42
Ilustración 16. Datos Radiación Solar en Santa Eulalia del Río. ADRASE	43
Ilustración 17. Mapa eólico Islas Baleares. IDAE	44
Ilustración 18. Extensión de Santa Eulalia del Río	48
Ilustración 19. Mapa de España.....	49
Ilustración 20. Mapa Islas Baleares.....	49
Ilustración 21. Mapa Isla de Ibiza.....	50
Ilustración 22. Localización EDAR de Santa Eulalia del Río.....	50
Ilustración 23. Caudales de diseño EDAR Santa Eulalia, BOE (Boletín Oficial del Estado)	52
Ilustración 24. Contaminación efluente EDAR Santa Eulalia. Desglose por temporadas, BOE.....	52
Ilustración 25. Dotación Islas Baleares. Desglose por Islas. Plan Hidrológico Islas Baleares	52
Ilustración 26. Reparto Costes de una EDAR. Simón Andreu, ESAMUR	54
Ilustración 27. Potencia requerida por unidad de tratamiento. IDEA	55
Ilustración 28. Distribución de la potencia total por tamaño de municipio. IDEA.....	56
Ilustración 29. kWh/m ³ respecto a Log (Log (habitantes equivalentes)).....	57
Ilustración 30. MWh/t contaminante tratada respecto Log (Log (habitantes))	58
Ilustración 31. MWh/t DBO ₅ tratada respecto Log (Log (habitantes))	58
Ilustración 32. MWh/t SS tratados respecto Log (Log (habitantes)).....	59
Ilustración 33. Primeros Resultados consumo energético de la EDAR de Santa Eulalia del Río.....	60
Ilustración 34. Hipótesis de consumo anuales.....	61
Ilustración 35. Mapa Eólico Ibiza	64
Ilustración 36. Representación de velocidades de viento respecto a una distribución Weibull. Solarweb, 2010	66
Ilustración 37 Distribución de Weibull de la velocidad del viento anual en Santa Eulalia	67
Ilustración 38. Representación de la orientación de un panel solar fotovoltaico	78
Ilustración 39. Especificaciones técnicas panel solar.....	82

Ilustración 40. Ejemplo distancia entre paneles solares.....82
Ilustración 41. Distribución de costes.....89

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1.HISTORIA DE LA ENERGÍA

A lo largo de la historia, el ser humano siempre ha buscado en la naturaleza ayudas que le faciliten el día a día. Siempre ha aprovechado los medios a su disposición bien para realizar las tareas más arduas, bien para llevar a cabo labores que de otra forma no serían viables.

Ya en la Prehistoria, el ser humano se vale de la energía calorífica del fuego para calentarse y cocinar los alimentos. También de otros animales con mayor fuerza para tareas relacionadas con la agricultura y el transporte.

Más adelante, hacia el 3000 a.C. en Egipto, se desarrollan las primeras embarcaciones de vela. Son los primeros medios de transporte capaces de realizar grandes trayectos a través del agua, y lo son gracias al explotación de la energía eólica.

Pero no es hasta finales del siglo XVIII, durante la Revolución Industrial, cuando aparecen las primeras grandes maquinarias industriales. La invención de la máquina de vapor y su posterior perfeccionamiento supone un gran impulso al desarrollo económico de las principales potencias occidentales. Es precisamente el aprovechamiento del carbón como combustible el principal motor de esta revolución.

A partir del siglo XX, los nuevos motores de propulsión interna basados en la energía obtenida de los derivados del petróleo hacen que este sustituya al carbón como principal combustible. El crecimiento exponencial de la población mundial acompañada de un mayor desarrollo del bienestar social durante este siglo produce un desarrollo formidable del consumo de petróleo en el planeta, así como un desafío a la hora de abastecer energéticamente a toda la población.

Este consumo se ve frenado en 1973 cuando tiene lugar la Crisis del Petróleo. A partir de este momento, las potencias occidentales deciden reducir su dependencia de los países exportadores de petróleo, y como consecuencia desarrollar fuentes de energía alternativas como la nuclear o las energías renovables. También es en estos momentos en los que empieza a desarrollarse una cierta concienciación sobre la contaminación global. Se toma comienzo a tomar conciencia de la necesidad de desarrollar un sistema energético global sostenible.

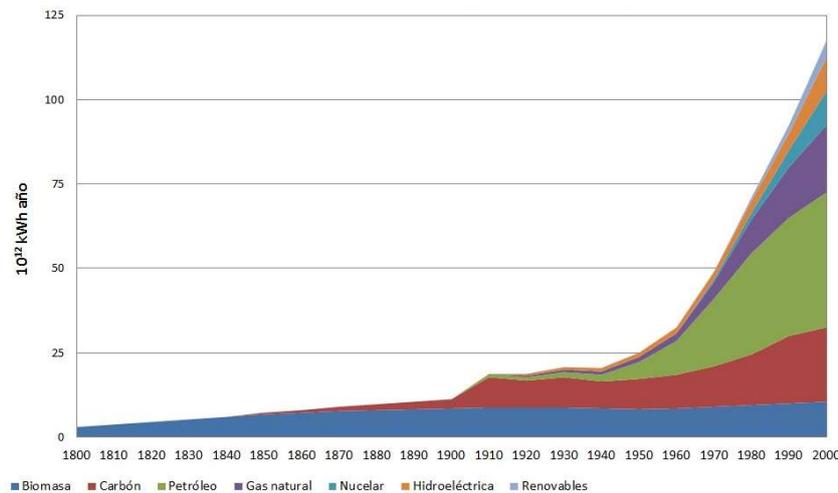


Ilustración 1. M. Roser (2016) en "Energy Production & Changing Energy Sources"

En el gráfico anterior se puede apreciar la evolución del consumo de las diferentes fuentes de energía a lo largo de los dos últimos siglos, siguiendo lo expuesto anteriormente.

- Durante prácticamente un siglo el principal sostén energético es la biomasa (madera, carbón, vegetales...)
- A finales del siglo XIX el carbón sube exponencialmente
- A mediados del siglo XX coincidiendo con el crecimiento exponencial de la población mundial, el consumo energético se dispara y el petróleo se afianza como principal fuente de energía
- A partir de la década de los 70 empiezan a aparecer fuentes de energía alternativas al petróleo

Pero, más importante, se pueden sacar algunas conclusiones que dan una percepción del difícil reto que va a suponer sustituir las energías más desarrolladas y contaminantes por las energías limpias.

- Hasta ahora, el periodo de tiempo transcurrido desde que una nueva fuente de energía hace su aparición en el mercado, con una participación mínima pero perceptible, hasta que su contribución al mix energético es importante se ha medido en varias décadas. Es decir, puede necesitarse un tiempo importante para cualquier transición energética que pueda plantearse.
- También hasta ahora, las nuevas fuentes de energía aparecidas no han venido a sustituir a las existentes sino a sumarse a ellas, que han seguido creciendo. Si, como parece necesario hay que sustituir los combustibles carbonosos (carbón, petróleo y gas) por una fuente de nuevo cuño, se estaría exigiendo a esta nueva energía un rendimiento y un impacto mayor que el exigido a las fuentes de energía ya disponibles.

En este contexto y a medida que los problemas derivados del uso de energías contaminantes se van haciendo más evidentes surge una concienciación global de lucha que culmina en diversas reuniones y acuerdos internacionales. En estos acuerdos las diversas naciones se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, así como a promover el uso y desarrollo de energías limpias y renovables. Los principales acuerdos son:

- *Cumbres de la Tierra*: Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo (CMNUCC)
 - *Estocolmo (1972)*: Marca un punto de inflexión al ser la primera reunión internacional sobre política medioambiental.
 - *Río de Janeiro (1992)*: Los principales logros de la Conferencia fueron el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención Marco sobre el Cambio Climático, que más tarde llevaría al Protocolo de Kioto sobre el cambio climático. Los principales puntos que se trataron durante la cumbre fueron:
 - Revisión de los patrones de producción
 - Búsqueda de fuentes alternativas a los combustibles fósiles
 - Fomentar el transporte público en las grandes ciudades para controlar la polución
 - Escasez de agua
 - *Johannesburgo (2002)*: Se centra sobre todo en la afianzación de un modelo de desarrollo sostenible vinculado a una reducción de la pobreza.
 - *Rio+20 (2012)*: Se establece un acuerdo de mínimos sobre el futuro de la política medioambiental mundial.
- *Protocolo de Kioto (1997)*: Establece los primeros grandes compromisos internacionales en materia medioambiental. Refuerza los acuerdos establecidos en la cumbre de Río de 1992 y les otorga un carácter vinculante. Su objetivo es acabar con el efecto invernadero reduciendo la emisión de los gases que lo producen
- *Acuerdos de París (2015)*: Fijan como objetivo la reducción del aumento de temperatura global a niveles preindustriales (1,5°C) y reducir la emisión de gases de efecto invernadero comprometiéndose a su vez a seguir un desarrollo sostenible.

1.2 Situación Actual Mundial

Pese a que durante el período comprendido entre los años 2014 y 2016 las emisiones globales de CO₂ a la atmósfera se mantuvieron constantes por primera vez, en el año 2017 éstas volvieron a crecer (BP 2018).

Este dato es debido a que el consumo de energía ha crecido a lo largo de 2017 cerca del doble de lo que creció en el ejercicio anterior (1,2% vs 2,2%). La principal causa de este incremento consumo energético es que la recuperación de la crisis económica mundial ya es un hecho. A medida que la economía crece el esfuerzo que se exige a los recursos energéticos disponibles es mayor. Por ello, es imperativo el desarrollo de una fuente de energía alternativas eficientes y eficaces capaces de satisfacer la demanda mundial de energía (BP 2018).

Consumo de energía primaria 2016

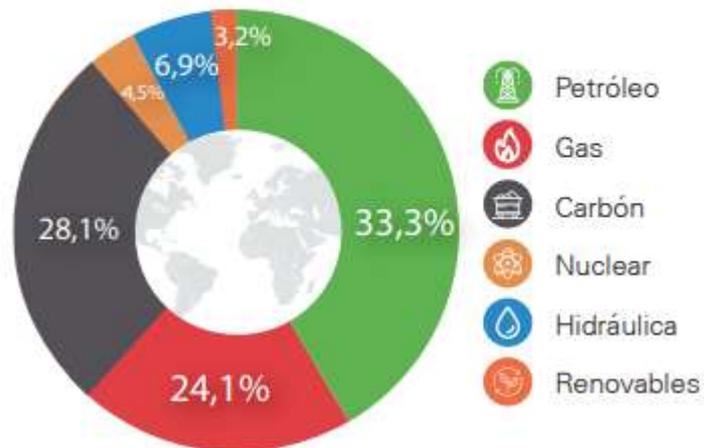


Ilustración 2. Mix energético mundial. BP 2017

Si atendemos a las fuentes de energía más utilizadas a nivel global se puede comprobar cómo las energías fósiles suponen, todavía, alrededor del 85% del mix energético mundial. Todavía resta mucho en el camino a desligarse de las energías más contaminantes.

Llama la atención el poco espacio que ocupan tanto las energías renovables como la energía nuclear. Esto se debe principalmente a la diferencia de inversión en fuentes de energía limpias por parte de las diferentes regiones del mundo. En las zonas más desarrolladas estas fuentes de energía están mucho más presentes que en las regiones más pobres, en las que las fuentes de energías fósiles tienen una mayor presencia debido a su alta eficiencia y menor coste de explotación.

Regional consumption by fuel 2016

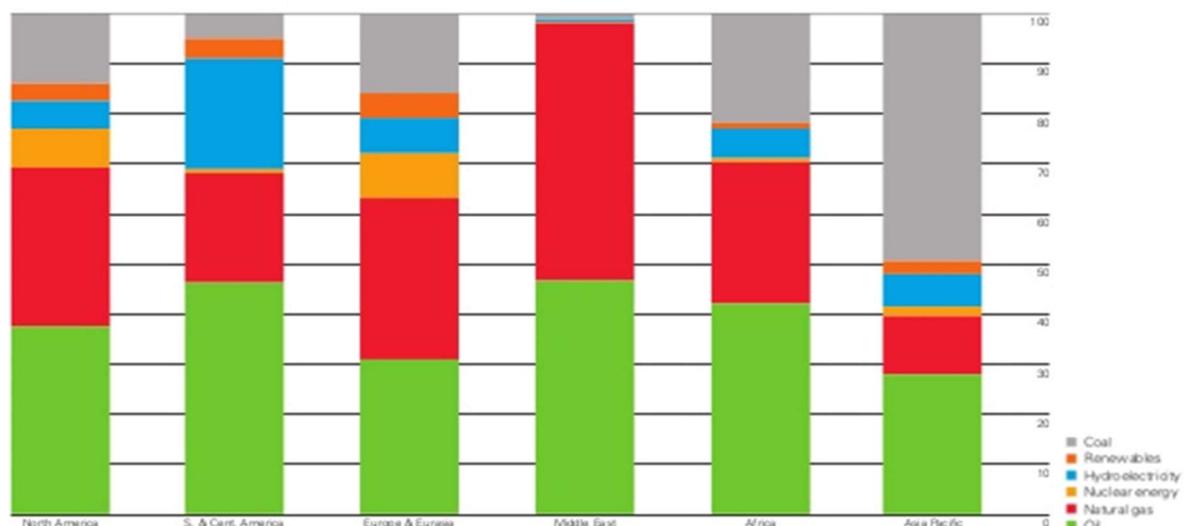


Ilustración 3. Mix energético por Región

Se puede distinguir como en las zonas más desarrolladas (Norteamérica y Europa) están a la cabeza de la introducción de las fuentes de energía limpias en su parque energético.

Por otra parte, el carbón es una fuente de energía minoritaria o muy minoritaria en todas las regiones excepto en Asia, donde es el principal combustible.

Finalmente se puede deducir que el petróleo es la principal fuente de energía a nivel mundial, ya que está muy presente en todas las regiones, aunque el gas natural cada vez tiene una mayor cuota de aparición en el mix energético mundial.

1.3 Situación de la Unión Europea

La UE es a día de hoy uno de los principales motores internacionales en la lucha contra el cambio climático.

Como medida de su compromiso medioambiental se ha marcado unos ambiciosos compromisos a corto, medio y largo plazo de cara a modificar por completo su política energética:

- Objetivos 2020
 - Reducir en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990
 - Alcanzar un 20% de generación de energías renovables
 - Aumentar un 20% la eficiencia energética
- Objetivos 2030
 - Reducir en un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990
 - Alcanzar un 27% de generación de energías renovables
 - Aumentar un 27% la eficiencia energética
- Objetivos 2050
 - Reducir en un 80-95% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles de 1990

Para alcanzar estos objetivos la UE combina un aumento de las partidas de sus presupuestos a la lucha contra el cambio climático (20% en el periodo 2014-2020) con una regulación enfocada a reducir las prácticas contaminantes, así como la adhesión a distintos acuerdos internacionales como el Protocolo de Kioto o los Acuerdos de París.

1.4 Situación en España

En España los recursos energéticos provienen en su mayoría de más allá de nuestras fronteras. Aproximadamente el 70% de la energía consumida en España ha de ser importada, prácticamente el 100% del petróleo y gas natural consumido en nuestro país es de importación.

Consumo de energía primaria 2016

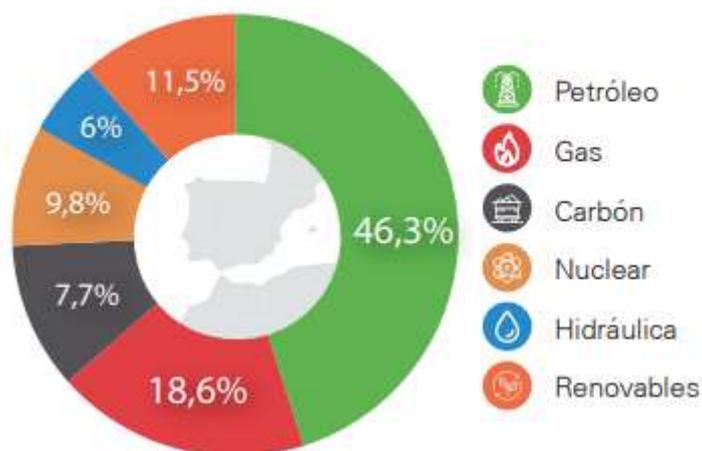


Ilustración 4. Mix energético español. BP 2017

Por esta razón las energías renovables adquieren una gran relevancia en nuestro país. La situación española de cara a la explotación de determinadas fuentes de energía renovables es muy beneficiosa, sobre todo la solar, y sacarle el máximo rendimiento posible debe ser una prioridad para dar un vuelco a la situación energética actual.

Irradiación Global Horizontal

Europa

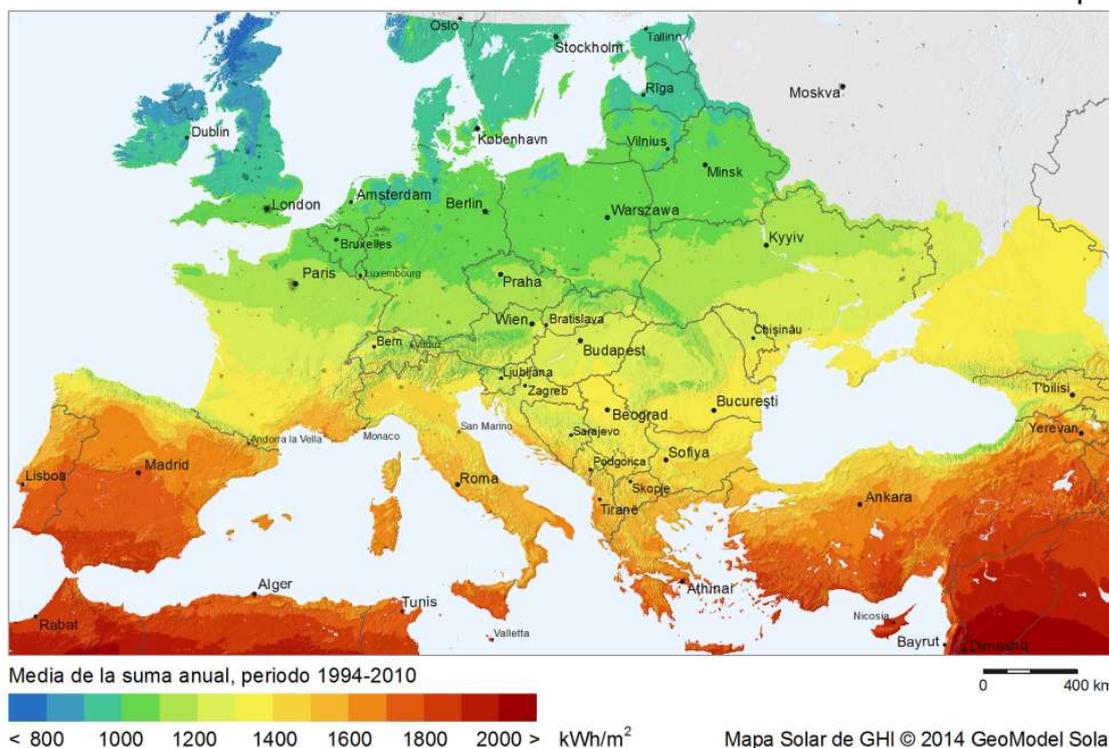


Ilustración 5. Radiación solar en Europa. GeoModel Solar

Como se puede observar en este gráfico España es la región europea con mayor irradiación solar, lo que coloca a nuestro país en una situación completamente privilegiada a la hora de aprovechar esta fuente de energía.

También la energía eólica tiene un gran impacto en la Península y por ello España es uno de los países que encabezan los rankings de potencia eólica instalada.

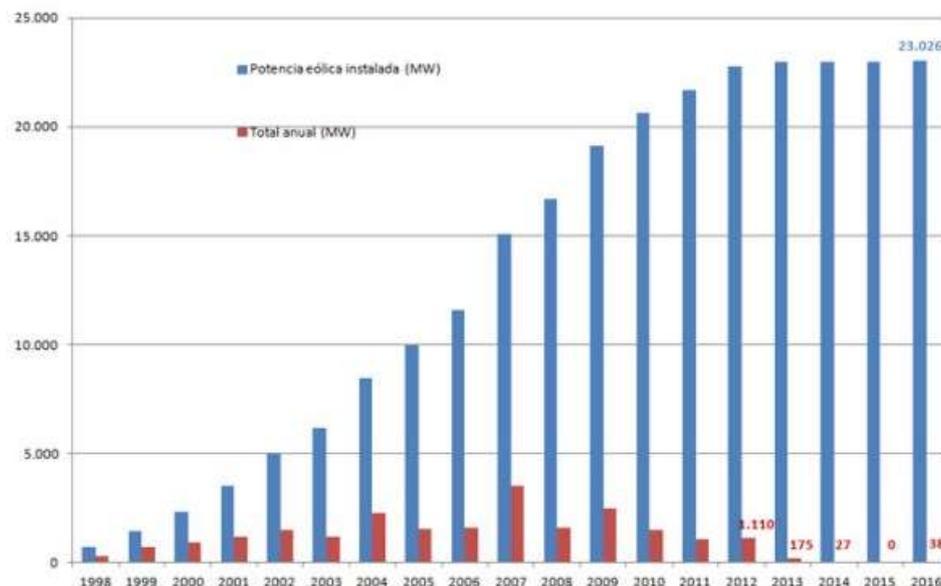


Ilustración 6. Potencia eólica instalada en España. Asociación Eólica Española (AEE)

Si bien es cierto, como podemos observar en el gráfico, que en el último lustro la potencia instalada ha sufrido un estancamiento, principalmente debido a las políticas de reducción de gastos debidas a la crisis económica que ha sufrido nuestro país en los últimos tiempos.

De esta forma se explica que el 45% de la potencia instalada en España aproveche recursos renovables.

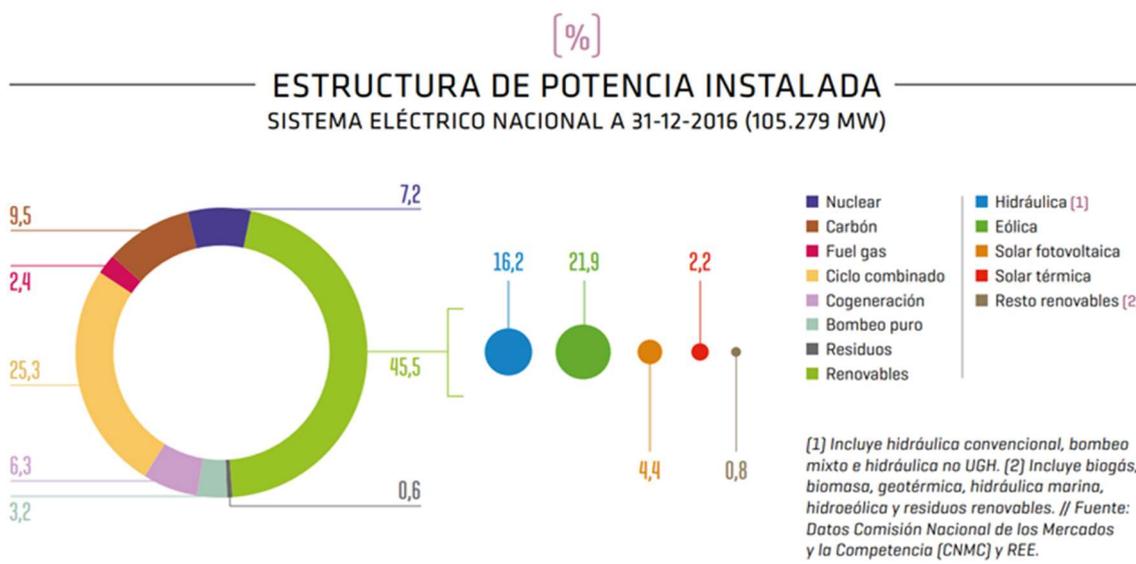


Ilustración 7. Potencia Instalada en España. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) y REE

Y es en este contexto en el que se enmarca la situación de este proyecto. La alimentación energética de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) mediante una generación mixta, eólica y solar.

La relevancia de una EDAR reside en la extraordinaria importancia del bien que gestiona, el agua. El agua es uno de los principales recursos del planeta Tierra y es esencial en el desarrollo de la vida. Pese a que más del 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, sólo el 1% de esta es apta para el consumo humano, lo que la convierte en un recurso escaso.

Su importancia no se reduce sólo a nivel biológico, sino que está presente, además, en multitud de actividades, desde todo tipo de procesos productivos (químicos, papel...) hasta prácticamente cualquier actividad doméstica, pasando por sectores económicos de una importancia vital como la ganadería o la agricultura.

Todos estos usos del agua no resultan inocuos. Contaminan las aguas limpias, convirtiéndolas en aguas residuales, que han de ser tratadas antes de retornar a la naturaleza. De lo contrario, debido al ciclo del agua, podría resultar nociva para el consumo humano. Lo cual, unido a la escasez de este recurso anteriormente mencionada, confieren al tratamiento del agua una relevancia de primera magnitud.

La función de las es tratar el agua vertida al medio ambiente y reducir su carga contaminante para minimizar al máximo el impacto que puedan tener en la naturaleza.

Los tratamientos que deberá realizar una EDAR variarán en función del tipo de agua que reciba, su localización y en qué lugar verterá estas aguas, así como los requisitos exigidos por las administraciones locales.

Debido a esto, este proyecto “Generación eléctrica para una EDAR a través de energías renovables”, estudiará la incorporación de la generación de energía solar fotovoltaica y eólica en la instalación de una EDAR para reducir su dependencia energética.

2. CAPITULO 2. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (EDAR)

2.1. INTRODUCCIÓN

Las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) se encargan de la gestión del vertido de aguas contaminadas al medio ambiente. Como se ha mencionado anteriormente, el ser humano emplea este recurso en una multitud de procesos. Estos procesos tienen un impacto en la composición del agua que ha de ser tratada antes de verse al medio ambiente. En caso contrario la contaminación del agua se transmite al ecosistema generando alteraciones que pueden acabar siendo importantes en los ríos, mares o lagos en los que se vierte.

Por tanto, las EDAR son puntos en los que recogen las aguas que han sido manipuladas por el ser humano, ya sea en un ambiente industrial o urbano, y se tratan, eliminando las características no deseables de las mismas, con el objetivo de cumplir unos determinados estándares de calidad y pureza antes de ser introducidas de nuevo en el ciclo del agua.

Este proceso varía en función del origen de las aguas contaminadas, que pueden ser:

- Urbanas. Las aguas residuales urbanas contienen principalmente materia orgánica, tanto en suspensión como disueltas. Suelen ser residuos biodegradables y con alto contenido de nitrógeno, fósforo y sales minerales.
- Industriales. La contaminación que presentan varía según el tipo de industria que realice los vertidos. Además, la composición de estos no es uniforme en el tiempo ya que depende de los horarios de funcionamiento de la industria. Estos vertidos sí tienen en común su alto grado de contaminación y la exigencia de una mayor complejidad a la hora de eliminar los agentes nocivos.
- Agrícolas. Están caracterizadas por la presencia principalmente de azufre, sales de nitrógeno y fósforo que proceden del uso de plaguicidas y fertilizantes.

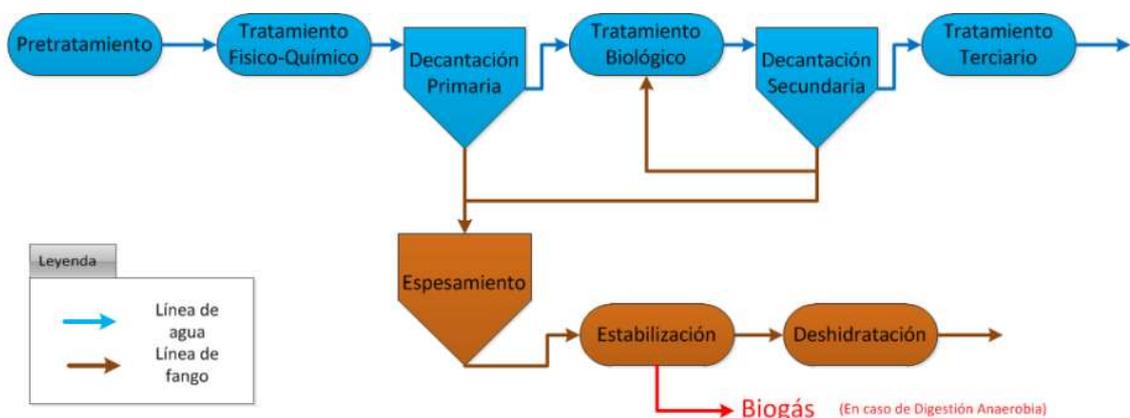


Ilustración 8. Esquema General de una Depuradora. (Escuela Superior de Ingeniería ICAI, 2017)

Como se puede apreciar en el esquema anterior el proceso de depuración que se lleva a cabo en cada EDAR consta de varios niveles de tratamiento. En función del origen de las aguas y de las características del lugar de vertido tienen lugar todas estas fases o alguna de ellas se puede omitir. Además, el tratamiento da lugar a dos ramificaciones distintas, la línea de agua y la línea de fango (Cyclucid).

- Línea Agua
 - Pretratamiento
 - Tratamiento primario
 - Tratamiento secundario
 - Tratamiento Terciario
- Línea Fango

Por otra parte, en estas fases se pueden realizar distintos tipos de tratamientos que en función de su origen pueden ser:

- Físicos
- Químicos
- Biológicos

2.2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Para poder evaluar el nivel de tratamiento que necesita recibir el efluente es necesario poder medir la cantidad de materia que contiene el agua contaminada antes, durante y después del tratamiento para poder examinar la precisión del tratamiento y el nivel de impacto que puede ocasionar en el medio ambiente. Para ello se utilizan varios parámetros, los principales son (Cyclucid):

- DBO₅: Determina la demanda biológica de oxígeno. Este parámetro examina el nivel de contaminación orgánica. Mide la cantidad que se consume de dióxido al degradar materia orgánica en una muestra de líquido. Indica la materia susceptible de ser ingerida por cuerpos biológicos. Normalmente se considera como tiempo de evaluación 5 días, DBO₅.
- DQO: Determina la demanda química de oxígeno. Este parámetro evalúa la contaminación orgánica del agua a tratar pero se ve afectada también por materia inorgánica presente en el líquido. Mide el nivel de oxígeno susceptible de ser oxidado por medios químicos.
- STS: Refleja el volumen de sólidos en suspensión en el efluente.
- P: Determina la concentración de fósforo.
- N: Señala la concentración de nitrógeno.

2.3. NIVELES DE TRATAMIENTO

Como se ha comentado anteriormente, los niveles de tratamiento y la profundidad de estos dependen tanto de la calidad que requiere el vertido como el nivel de contaminación de las aguas residuales gestionadas por la EDAR. (Cyclucid)

2.3.1. PRETRATAMIENTO

El pretratamiento es el primer filtro al que se ven sometidas las aguas residuales. Tiene por objetivo eliminar todos los cuerpos gruesos y arenas en suspensión que puedan contener las aguas en tratamiento de manera que los tratamientos posteriores puedan ofrecer un mayor grado de eficacia. También trata de preservar el correcto funcionamiento de la instalación previniendo de erosiones y taponamientos. Incluye diversos equipos tales como rejas, tamices, desarenadores o desengrasadores.



Ilustración 9. Esquema pretratamiento. (ICAI, 2017)

Para reducir el uso posterior de bombas y otras maquinarias de elevación, y recortar el consumo energético, se suele realizar una elevación del agua bruta previa al pretratamiento. Esta elevación se suele realizar mediante tornillos de Arquímedes y su fin es aprovechar la fuerza de la gravedad y aprovecharla durante el proceso de depuración.

El pozo de grueso filtra los sólidos de mayor tamaño. Protege de un mayor desgaste a las bombas de elevación y a las tuberías de impulsión. Por otra parte, el desbaste y el tamizado filtran sólidos gruesos no solubles y el desarenado y desengrasado eliminan arenas y líquidos no miscibles (grasas, aceites...) del afluente.

Finalmente, en caso de existir un gran desajuste entre caudales o un desequilibrio importante en la carga orgánica ($\frac{Q_{punt}}{Q_{medio}} > 2$ ó $\frac{DBO_{punta}}{DBO_{medio}} > 2$) se instala una balsa de homogeneización, cuyo fin es equilibrar estos parámetros.

2.4. TRATAMIENTO PRIMARIO

Los tratamientos primarios son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Los principales procesos físico-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son los siguientes: sedimentación, flotación, coagulación – floculación y filtración. (Cyclucid, Tratamiento Primario)

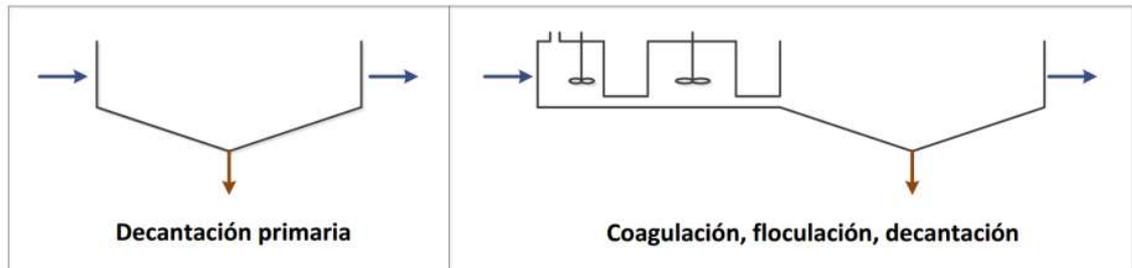


Ilustración 10. Esquema General Tratamiento Primario

En la decantación primaria se realiza un proceso físico de separación por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Está en función de la densidad del líquido, del tamaño, del peso específico y de la morfología de las partículas. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación.

El objetivo fundamental de la decantación primaria es doble: por un lado, permite eliminar los sólidos en suspensión (en un 60%, aproximadamente) presentes en las aguas residuales y la materia orgánica (en un 30%, aproximadamente) y por otro lado, protegen los procesos posteriores de oxidación biológica de la intrusión de fangos inertes de densidad elevada.

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.).

- Sedimentadores rectangulares: La velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas). Suelen ser equipos poco profundos.
- Sedimentadores circulares: En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador.
- Sedimentadores lamelares: Han surgido como alternativa a los sedimentadores poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio. Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base, y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. En la superficie inferior se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogiendo en el fondo del sedimentador.

Las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se “empujan” hacia la salida. Estos fangos, en muchas ocasiones y en la misma planta de tratamiento, se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final.

Proceso físico fundamentado en la diferencia de densidades. La flotación permite separar la materia sólida o líquida de menor densidad que la del fluido, por ascenso de ésta hasta la superficie

del fluido, ya que, en este caso, las fuerzas que tiran hacia arriba (rozamiento y empuje del líquido) superan a la fuerza de la gravedad. Se generan pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, donde son arrastradas y sacadas del sistema.

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

- Flotación por aire disuelto (DAF): En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.
- Flotación por aire inducido: La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

En muchos casos parte de la materia en suspensión está formada por partículas de muy pequeño tamaño, lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico.

Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

- Sales de Fe^{3+} : Pueden ser Cl_3Fe o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- Sales de Al^{3+} : Suele ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.
- Polielectrolitos: Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable.

2.5. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario de depuración constituye una serie de importantes procesos, principalmente de naturaleza biológica, de tratamiento de las aguas residuales que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P). (Cyclucid, Tratamiento Secundario)

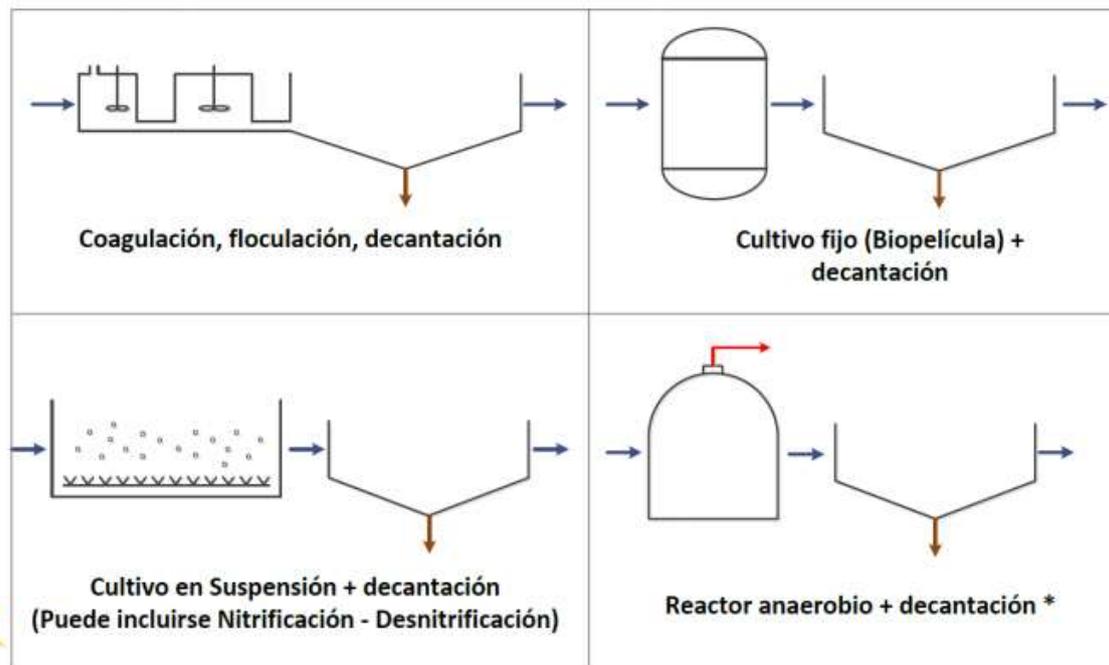


Ilustración 11. Esquema General Tratamiento Secundario

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y, por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

Los procesos aerobios se basan en la eliminación de los contaminantes orgánicos por su transformación en biomasa bacteriana, CO₂ y H₂O.

Los procesos anaerobios transforman la sustancia orgánica en biogás, mezcla de metano y CO₂.

Estos procesos se realizan mediante la canalización del efluente hacia tanques, reactores biológicos, después se dirige al decantador secundario donde se drenan los lodos que se redirigen por la línea de fangos.

Existen diversos tipos de reactores biológicos, los más comunes son:

- Tratamientos blandos o verdes.
- Cultivo en suspensión aerobio: Fangos activos.
- Cultivo fijo o Biopelícula: Lechos bacterianos o Biodiscos.
- Sistemas duales: Lecho bacteriano y Fangos activos.
- Reactor biológico anaerobio.

2.6. TRATAMIENTO TERCIARIO

La finalidad de los tratamientos terciarios es eliminar la carga orgánica residual y aquellas otras sustancias contaminantes no eliminadas en los tratamientos secundarios, como, por ejemplo, los nutrientes, fósforo y nitrógeno. Se da cuando los requisitos que ha de cumplir el agua vertida sean muy altos o la proporción de sustancias contaminantes muy elevada. (Cyclucid, Tratamiento Terciario)

Estos procesos son de naturaleza biológica o físico química, siendo el proceso unitario más empleado el tratamiento físico-químico. Este consta de una coagulación – floculación y una decantación. (Cyclucid, Tratamiento Terciario)

Otros procesos empleados como tratamientos terciarios son las resinas de intercambios de iones, la adsorción en carbón activo, la ultrafiltración, la ósmosis inversa, la electrodesinfección, las membranas cerámicas, etc.

2.6.1. LÍNEA DE FANGOS

Las diferentes operaciones de depuración de un agua residual generan una serie de residuos que pueden clasificarse en dos grupos:

- Sólidos gruesos: que normalmente se obtienen en los pretratamientos y que, por lo general, o bien son incinerados o bien se vierten en vertederos.
- Lodos: que se generan tanto en tratamientos primarios como en los secundarios.

Los lodos o fangos se presentan en forma líquida o semisólida y con un contenido de entre 0,25 y 12% (en peso) de sólidos, según el proceso del que precedan. Los lodos se someterán a uno u otro tratamiento según sea su origen y su carga contaminante o tóxica. Estos tratamientos intentan reducir el volumen de estos fangos. Las fases más usuales son:

Concentración de fangos

- Epesamiento. Se emplean espesadores estáticos o dinámicos, según tengan o no rasquetas. Son unos depósitos de forma cónica en los que se concentran los fangos por decantación física.

- Flotación. Determinados fangos se concentran mediante un proceso de flotación ayudado por la inyección de aire.
- Centrifugación. Permite separar sólidos de líquidos. Cuando se aplica a fangos muy diluidos (1-2% de sólidos) se concentran.

Estabilización

Los fangos pueden ser estabilizados mediante digestión aerobia o anaerobia.

Deshidratación de fangos

Para disminuir el contenido de humedad de los fangos se emplean:

- Eras de secado: Consiste en la disposición de los fangos a secar sobre una superficie al aire libre dotada de un buen drenaje.
- Filtración: Se emplean filtros de vacío y filtros prensa para la deshidratación de fangos.
- Centrifugación: Permite separar sólidos de líquidos. Cuando se aplica a fangos menos diluidos (5-10% de sólidos) se deshidratan.

Finalmente, los fangos pueden ser incinerados, aplicados agrícolamente (compostaje o aplicación directa a suelo), retirados a vertederos controlado o empleados para estabilizar o rellenar terrenos. (Cyclucid)

2.7. TIPOS DE TRATAMIENTO

Como se ha señalado anteriormente, según la naturaleza de los tratamientos que se realizan dentro de una depuradora se pueden clasificar en físicos, químicos o biológicos.

2.7.1. PROCESOS FÍSICOS

Lo principal de estos procesos es la filtración, a través de la cual los sólidos en suspensión, presentes en las aguas residuales a tratar, quedan retenidos en los primeros centímetros del terreno. - La capacidad de filtración depende de la granulometría y textura del suelo. En un terreno arcilloso, de granulometría fina, la filtración será muy efectiva pero excesivamente lenta, mientras que en un terreno arenoso ocurrirá lo contrario, alta velocidad de paso pero escasa retención de sólidos y baja depuración. Es, por tanto, conveniente disponer terrenos de permeabilidad media y textura franca. Los principales son:

- Sedimentación.
- Flotación: Podrá ser natural o provocada con aire.
- Filtración: Mediante arena, carbón, etc.
- Evaporación.
- Adsorción: Se utiliza carbón activo, zeolitas, etc.

- Desorción: Consiste en transferir el contaminante al aire (ej. amoníaco).
- Extracción: Se emplea un líquido disolvente que no se mezcla con el agua.

2.7.2. PROCESOS QUÍMICOS

- En estos procesos juega un papel muy destacado la capacidad de cambio iónico que tenga el suelo, así como su pH y las condiciones de aireación/encharcamiento, que afectan a los procesos de óxido/reducción. Transformaciones que sufren los «contaminantes» del agua residual a través del suelo. - En función a todo ello, los componentes aportados por las aguas residuales podrán encontrarse en formas asimilables por las plantas, se inmovilizarán en el subsuelo, o Coagulación-floculación: Agregación de pequeñas partículas usando coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio, etc.)
- Precipitación química: Eliminación de metales pesados haciéndolos insolubles con la adición de lechada de cal, hidróxido sódico u otros que suben el pH.
- Oxidación-reducción: Se utilizan oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro o reductores como el sulfito sódico.
- Reducción electrolítica: Provoca la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.
- Intercambio iónico: Se utilizan resinas que intercambian iones. Se usa para quitar dureza al agua. Osmosis inversa: Se hace pasar al agua a través de membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos.

se perderán por percolación, siendo arrastrados hasta los acuíferos. Los más comunes son:

2.7.3. PROCESOS BIOLÓGICOS

Dentro de este grupo de acciones puede diferenciarse entre las inherentes a las actividades radiculares de las plantas (establecidas en algunas de las modalidades de esta tecnología de tratamiento), y las producidas por los microorganismos del suelo. - Las raíces de las plantas actúan a modo de bombas aspirantes, extrayendo del suelo el agua y las sales minerales necesarias para su desarrollo. La mayor parte de estos aportes procederá de las aguas residuales a tratar.

- Lodos activos: Consiste en añadir agua con microorganismos a las aguas residuales en condiciones aerobias.
- Filtros bacterianos: Los microorganismos están fijos en un soporte sobre el que fluyen las aguas a depurar. Se introduce oxígeno suficiente para asegurar que el proceso es aerobio.
- Biodiscos: Es un proceso intermedio entre los dos anteriores. Grandes discos dentro de una mezcla de agua residual con microorganismos facilitan la fijación y el trabajo de los microorganismos.
- Lagunas aireadas: Procesos biológicos realizados en lagunas de grandes extensiones.
- Degradación anaerobia: Procesos con microorganismos que no necesitan oxígeno para su metabolismo.

3. CAPITULO 3. LOCALIZACIÓN DE LA EDAR

El proyecto tiene como objetivo la implementación de dos plantas, una solar fotovoltaica y otra eólica. Estas dos plantas han de ser capaces de generar la energía suficiente para abastecer a una estación depuradora de aguas residuales.

Para ello, se analizarán, por separado, los requisitos necesarios que ha de cumplir una localización a la hora de la implantación de las plantas eólica y solar.

Una vez realizado dicho análisis se realizará un estudio poblacional del emplazamiento de la EDAR, ya que este proyecto requiere de una población cambiante a lo largo del periodo anual.

Estas dos plantas dependen de factores externos al control humano como son la irradiación solar y la fuerza del viento, por tanto, para el correcto desarrollo del proyecto será absolutamente esencial una correcta localización del emplazamiento de la estación depuradora.

3.1. REQUISITOS EÓLICOS

Como se ha comentado anteriormente, es esencial a la hora de instalar una central eólica los parámetros característicos del viento en la zona de instalación, principalmente velocidad y dirección.

Además, hay otras cualidades que hay que tener en cuenta a la hora de desarrollar un proyecto de estas características, a saber, distancia a núcleos urbanos, situación del terreno de la central o la alteración de las particularidades de la avifauna del entorno.

Para poder estimar la potencia que va a ser capaz de generar un parque eólico en una zona determinada es necesario conocer la velocidad media del viento a la altura del buje de los generadores. Estos bujes están diseñados para operar dentro de un rango de velocidades. El límite inferior o velocidad de conexión establece la velocidad mínima de viento necesaria para poder operar. Por otra parte, el límite superior o velocidad de corte indica la velocidad máxima a la que, por motivos de seguridad y fiabilidad del aparato, puede generar el mecanismo. Por tanto, se buscará una localización en la que la velocidad media del viento sea elevada y sople a con cierta regularidad. (Gálvez, 2005)

Aunque los aerogeneradores funcionan a partir de una velocidad eólica de 3-4 m/s, se considera que la velocidad media mínima necesaria para implantar una central eólica está en 5 m/s a 80 metros de altura. A partir de esta velocidad los aerogeneradores son capaces de ofrecer un rendimiento suficientemente eficiente. (Eoliccat, 2017)

Esta información se extrae a partir de los mapas eólicos. Los mapas muestran la información geográfica relativa a los vientos. En base a esta información se puede estimar el lugar idóneo para la implementación de un parque eólico. Se realizan a partir de la unión de distintos puntos con las mismas velocidades de viento (isolíneas). Las diferentes isolíneas señalan distintas zonas con el mismo viento medio.



Ilustración 12. Mapa eólico España. IDAE 2009

Como se puede observar en el mapa anterior las principales zonas de acción eólica están situadas en el litoral.

3.2. REQUISITOS SOLARES

Para analizar la eficiencia de la explotación de la energía solar fotovoltaica en una geografía concreta es necesario determinar la irradiación solar en ese lugar. Es decir, la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo determinados (Enciclopedia de Ciencias y Tecnologías en Argentina, 2016) y se mide en kWh/m². Es el parámetro principal a tener en cuenta a la hora de determinar la viabilidad de una central solar fotovoltaica.

Esta radiación tiene una distribución irregular a lo largo del planeta Tierra. Influyen distintos factores como la distancia entre la Tierra y el Sol, el ángulo de incidencia de los rayos solares y muy especialmente la nubosidad de la zona.

En este sentido, España es uno de los países europeos con una mayor riqueza en este recurso. Su situación geográfica supone un gran privilegio a la hora de poder desarrollar la energía solar fotovoltaica.

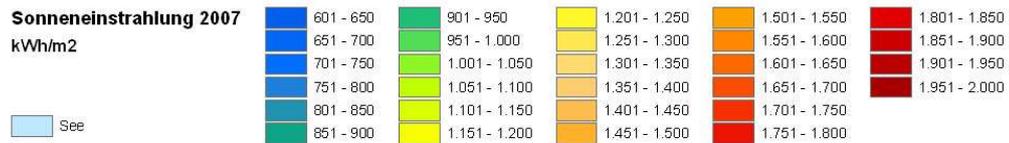
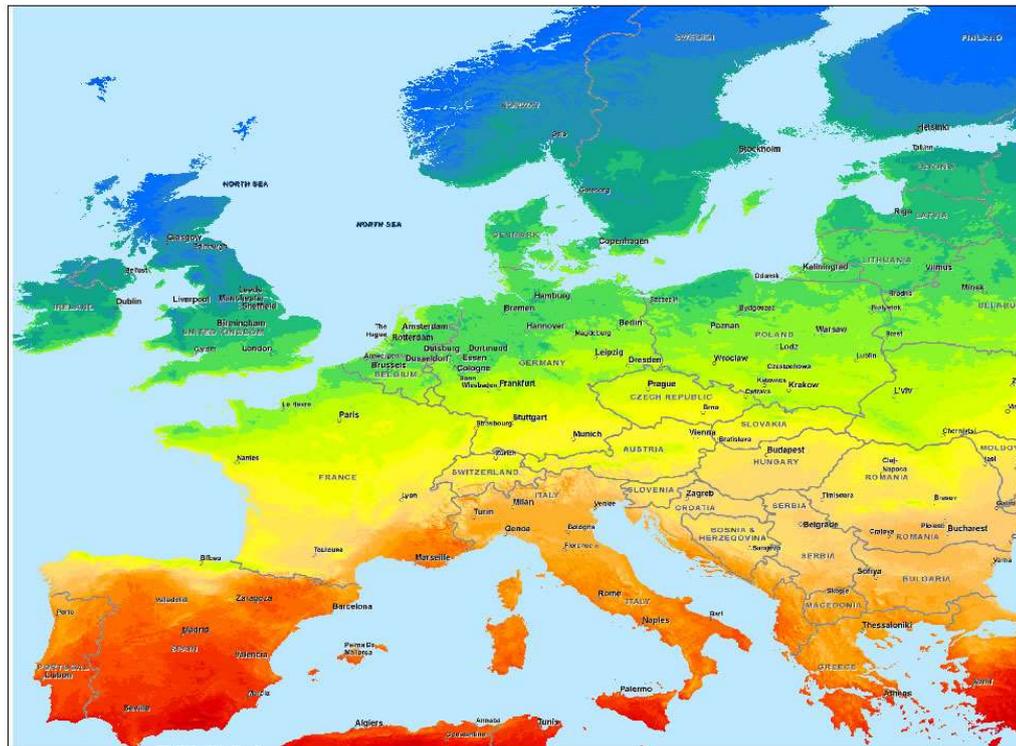


Ilustración 13. Mapa Radiación Solar Europa

El recurso solar puede considerarse medio-elevado a partir de una radiación solar diaria de 4,55 kWh/m², o lo que es lo mismo, unos 1660 kWh/m² anuales (Carrascosa, 2016). Por tanto, y atendiendo al mapa anterior, la Península Ibérica es un lugar óptimo para el desarrollo de plantas fotovoltaicas.

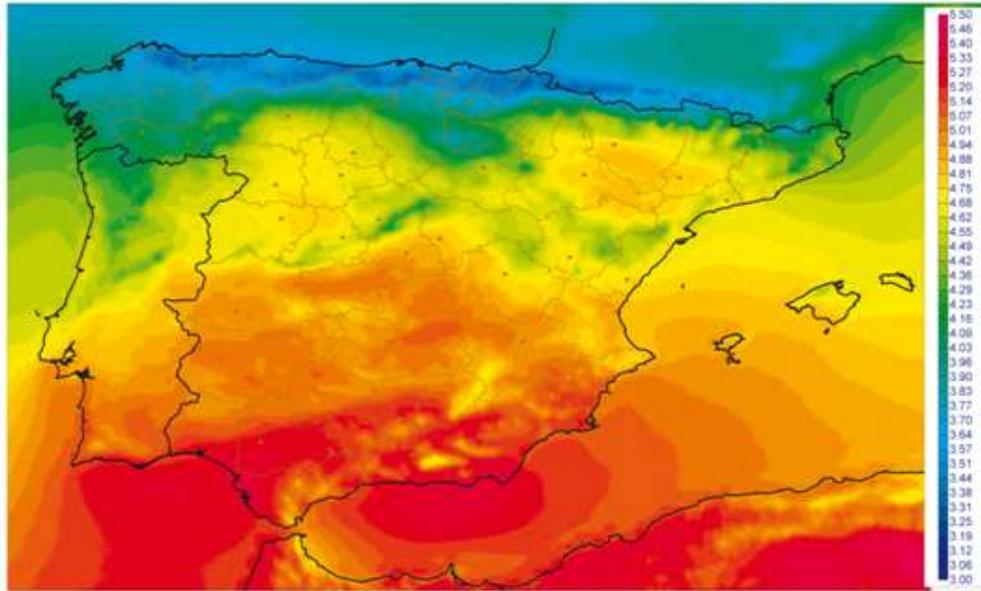


Ilustración 14. Mapa radiación Solar en España. (AEMET, Agencia Estatal de Meteorología)

En este mapa se observa más en detalle la radiación solar en España y Portugal. Se puede apreciar como en la mitad sur peninsular la radiación media está siempre por encima de los 5 kWh/m² siendo esta la zona preferente para la implantación de paneles solares.

Por otra parte, el litoral cantábrico se revela como la zona menos aconsejable para la implantación de centrales solares fotovoltaicas ya que la incidencia de la radiación solar es inferior a 4 kWh/m².

Finalmente, el litoral mediterráneo se mantiene como una zona con alta incidencia solar sin llegar a los máximos peninsulares.

3.3. REQUISITOS POBLACIONALES

A la hora de tener en cuenta la elección del emplazamiento de la EDAR se han de tener en cuenta diversos factores.

En primer lugar, es necesario tener en cuenta el número de habitantes de un municipio. Una vez conocido el tipo de vertido que ha de tratar la EDAR, la característica principal a la hora de dimensionar el consumo eléctrico de una estación depuradora de aguas residuales es el número de habitantes que ha de atender. Este dato es básico a la hora de conocer los diferentes tipos de tratamientos, la entidad de los mismos y su intensidad. El dimensionamiento eléctrico de la EDAR dependerá totalmente de este parámetro y determinará la viabilidad del proyecto a través de la demanda de energía que requiera.

Otra de las características del lugar de desarrollo del proyecto que se busca es que ha de tener una variación poblacional importante durante las distintas estaciones el año. De esta forma, el caudal

de agua tratado a lo largo de un año variará. Por esta razón, será necesario estimar dos demandas eléctricas diferentes, una para la temporada alta, y otra, para la baja.

Con el fin de poder encontrar una población que cumpla este requisito, parece evidente que el lugar ideal para el emplazamiento de la EDAR ha de ser un municipio con un interés turístico relevante. De esta manera se garantiza una variación poblacional notable durante el transcurso de las diferentes épocas del año.

3.4. ELECCIÓN DE LOCALIZACIÓN

De esta manera, ya tenemos determinados los principales parámetros a través de los cuales se decidirá el asentamiento final de la estación depuradora de aguas residuales que ha de ser abastecida a través del mix de energía eólico-solar.

Tras considerar diversos emplazamientos que cumplieran con los requisitos requeridos por los recursos eólicos y solares, el municipio elegido para la implantación de la EDAR es Santa Eularia des Riu (Santa Eulalia del Río), Ibiza en las Islas Baleares.

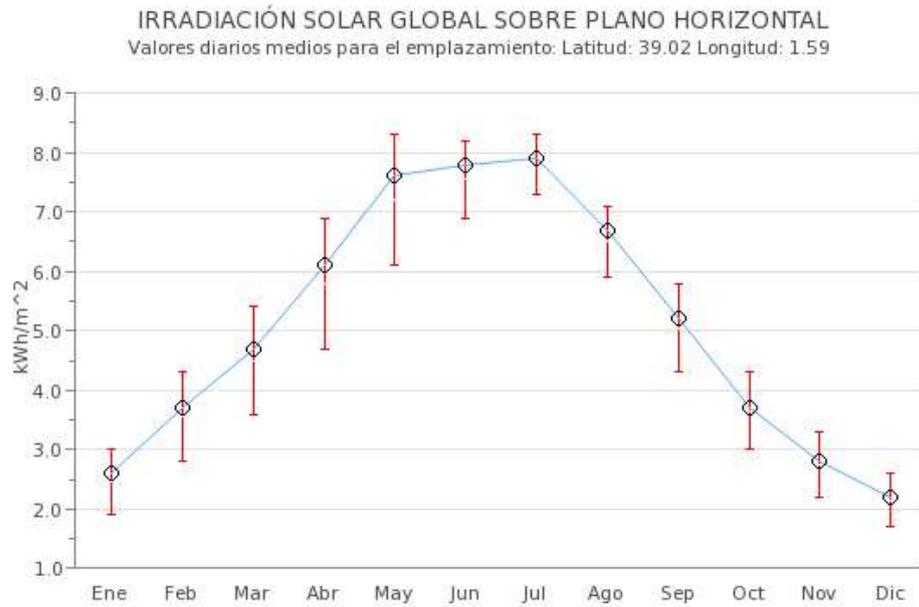
- Está situado en la zona este de la isla. Es el segundo núcleo poblacional más importante de la isla y la población en 2017 era de 36.605 habitantes (INE). En el año 2011 la población estacional máxima del municipio era de 72.987 personas.
La población estacional máxima es una estimación de la población máxima que soporta Santa Eulària des Riu. En el cálculo se incluyen las personas que tienen algún tipo de vinculación o relación con el municipio, ya sea porque residen, trabajan, estudian o pasan algún período de tiempo en él. Los datos son publicados anualmente por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, en colaboración con las Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consejos Insulares. (Foro-Ciudad, 2018)
- El municipio consta de 153,58 km² y es atravesado por el principal río de la isla ibicenca, el Santa Eulalia. En él se vierte el efluente de la EDAR una vez ha sido tratado de la manera adecuada.



Ilustración 15. Mapa Ibiza

- Cumple con los requisitos mínimos de radiación solar necesarios. Según ADRASE, *Acceso a Datos de Radiación Solar en España*, la radiación solar anual media en la provincia de Ibiza se sitúa alrededor de los 5-5,5 kWh/m². Tiene una media de más de 300 días soleados al año.

En el gráfico inferior se puede ver la distribución mensual de la radiación solar a lo largo del año. A simple vista se puede apreciar las grandes diferencias entre unas estaciones y otras. De los 8 kWh/m² que se alcanzan en los meses de junio y julio a los prácticamente 2,5 kWh/m² que se alcanzan de media en los meses de enero y diciembre. Pero dado que este cambio de radiación solar coincide con el gran incremento poblacional registrado en la época estival, podría ser incluso beneficioso para el funcionamiento de la EDAR, ya que los picos de radiación coinciden con los picos de población previstos para el municipio de Santa Eulalia y, por tanto, al pico de demanda de la EDAR.



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	3.0	4.3	5.4	6.9	8.3	8.2	8.3	7.1	5.8	4.3	3.3	2.6
Valor medio	2.6	3.7	4.7	6.1	7.6	7.8	7.9	6.7	5.2	3.7	2.8	2.2
Percentil 25	1.9	2.8	3.6	4.7	6.1	6.9	7.3	5.9	4.3	3.0	2.2	1.7

Ilustración 16. Datos Radiación Solar en Santa Eulalia del Río. ADRASE

- Siguiendo los parámetros establecidos con anterioridad cumple con los requisitos mínimos de velocidad del viento necesaria a 80 metros de altura. La velocidad en la provincia se sitúa en unos 6,5 m/s. Como se ha indicado anteriormente, serían suficientes para la implantación de un parque eólico eficiente y rentable.

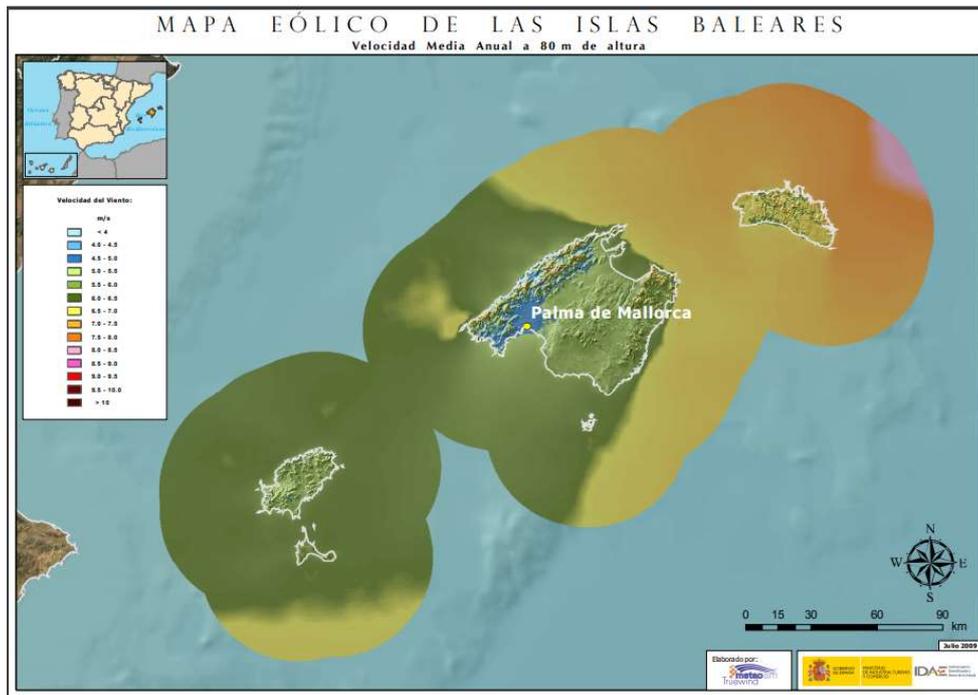


Ilustración 17. Mapa eólico Islas Baleares. IDAE

4. CAPITULO 4. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Una vez que se han establecido las condiciones necesarias para determinar el emplazamiento de la estación depuradora se procede a realizar un análisis más profundo de las características del entorno alrededor del cual está asentada la EDAR con el fin de realizar un dimensionamiento adecuado de la misma. El análisis desglosará tanto las cualidades del entorno físico de la depuradora como el marco legislativo en el que se desempeñan sus funciones.

4.1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

El mar Mediterráneo ha sido a lo largo de los siglos la cuna de diversas culturas; dentro de ella Ibiza se encuentra en una privilegiada situación en el occidente del Mare Nostrum de los romanos. Este hecho la convirtió en encrucijada destacada en los caminos de diferentes civilizaciones. Antes de ser derrotados por los romanos, los cartagineses habitaban la isla, después de sustituir a los fenicios que se habían establecido donde antes había habido población prehistórica. Todos ellos dejaron restos en el territorio que después, con el islam, se denominaría Xarc -levante, en árabe- y después Santa Eulària, bajo los cristianos.

Los nobles capitaneaban el ejército que el año 1235 integró a las Pitiusas en el seno de la corona de Aragón de Jaime I. Arrebatándoselas a los musulmanes que las habitaban desde los albores del siglo X, repartieron las tierras adquiridas entre los soldados y las familias catalanas que habían acudido seducidas por la posibilidad de encontrar mejores condiciones que en sus lugares de origen (Tarragona, Barcelona, Ampurdán...). Gracias a estas distribuciones sabemos que, en época islámica, la isla se dividía en circunscripciones; la que estaba situada más a levante recibía el nombre de Xarc -levante, en árabe.

Desde principios del siglo XIV, este topónimo árabe cedió su lugar a otros: Quartó del Rei, porque era el monarca quien tenía la jurisdicción y recibía los beneficios de los impuestos que pagaban sus pobladores, o de Santa Eulària, porque se había construido una capilla bajo la advocación de esta santa. Ambos designaban la porción de tierra que se situaba entre el Port de Benirràs al norte y el de Cala Llonga al sur. La importancia de esta circunscripción radicaba, más que en su gran extensión geográfica, en el hecho de tener una corriente continua de agua que permitía el funcionamiento de molinos harineros en una época en la que el pan era alimento básico para casi todo el mundo. El río y los molinos fueron la semilla del futuro pueblo de Santa Eulària y toda la isla acudía a ellos para moler. A su alrededor, sobre una colina que los dominaba, se edificó una iglesia fortificada para defenderse de los ataques que los corsarios del Magreb, y más tarde los turcos, dirigían contra las costas cristianas. Este primer templo fue destruido en uno de estos ataques, a principios del siglo XVI. Poco después, a mediados del mismo siglo, se construyó lo que hoy conocemos como iglesia del Puig de Missa.

Poco había cambiado su entorno desde los siglos anteriores. La gente seguía viviendo dispersa aquí y allá por el campo y no existía el pueblo. Los molinos seguían siendo imprescindibles para la isla. Recuas de animales de tiro iban y venían y fue necesario construir un buen puente, el Pont Vell,

sobre el río. La zona de los molinos era un centro neurálgico que, como las salinas, solía ser el blanco de violentos ataques que se llevaban personas y mercancías, a pesar de la presencia de la elevada iglesia donde corrían a refugiarse molineros, trajineros y payeses al oír el toque de rebato de caracolas y campanas.

A partir de la segunda mitad del siglo XVII, los peligros del mar disminuyeron y volvieron a ser los ibicencos quienes sitiaban las costas norteafricanas. La iglesia de Santa Eulària creció en los siglos XVII y XVIII: le adosaron capillas de estilo barroco, de acuerdo con la corriente artística del momento, y los magníficos porxos, donde los fieles se refugiaban antes de entrar o al salir de misa los domingos. Era un lugar importante para la vida social de una población que se reunía de tarde en tarde. En ellos se hacían las lecturas de los bandos oficiales, los parlamentos, circulaban las noticias, pero también tenían un lugar las miradas, las elecciones amorosas, los susurros de las mujeres y las risas contenidas... Los nuevos ámbitos añadidos consiguieron disimular un poco aquella apariencia tan guerrera de la fisonomía del templo dedicado a la santa.

Los siglos XVII y XVIII fueron malos para Ibiza. Desde el siglo XVI el Mediterráneo ya no era el centro ya que América lo había desplazado en los mapas y apartado de muchos intereses mercantiles que antes le daban vida. Finalmente, con la Ilustración, llegó la hora de un nuevo impulso. La Ilustración había formado intelectuales con ansias de reforma. La concesión del título de ciudad a la antes villa d'Eivissa permitió la elección del Obispado ibicenco en 1782. La capilla de Santa Eulària, que antes había sido ascendida a vicaría, alcanzaba ahora la categoría de parroquia. Uno de los primeros obispos, Eustaquio de Azara, intentó acabar con el predominio de la población dispersa en Ibiza siguiendo la mentalidad ilustrada, que fomentaba la formación de pueblos. Adquirió terrenos alrededor de la iglesia y pagó la edificación de casas donde, bien pronto, se instalaron las primeras familias. Era el primer núcleo urbano de Santa Eulària.

Mientras tanto, los nuevos reyes, surgidos del cambio de dinastía en la corona de España -de los Austrias a los Borbones mediante una guerra en la que Ibiza, Cataluña, Valencia y Mallorca lucharon por el bando derrotado-, habían transformado en municipio, previa modificación de sus límites, los antiguos cuarterones. A la todavía casi inexistente villa de Santa Eulària, le tocó ser capital del municipio, que llevaría su nombre. Antes sólo tenía un representante, un batle quarteroner en el Consell de la Universitat, órgano rector de toda Ibiza y Formentera que, como consecuencia de las reformas administrativas, desaparecería entonces. De todas maneras, la división municipal no alcanzará su forma definitiva hasta 1833.

El éxito del obispo Azara fue parcial ya que la ubicación a la sombra de la iglesia del Puig de Missa de las nuevas casas contaba con graves inconvenientes de espacio y servicios. Pero a principios del siglo XIX se trazó el definitivo pueblo de Santa Eulària, en el llano situado en la parte de levante de la colina de la iglesia. Se trazaron dos vías principales, la actual calle Sant Jaume y el paseo S'Alamera, que presidía, y lo sigue haciendo, un magnífico edificio público destinado a cuartel de la Guardia Civil y a ayuntamiento (en la actualidad todo el edificio es la sede del Ayuntamiento de Santa Eulària des Riu). Con estos ejes como base se trazaron a cordel el resto de las calles. Esta red urbana y algunas de las casas de entonces todavía se conservan hoy. Por fin, se había formado un verdadero pueblo. Tenía agua corriente, el río y las acequias se encargaban de ello. Después llegarían más mejoras, la semilla del siglo XVIII iba dando paso a un árbol: el puente nuevo, el primer coche, la

electricidad... también la guerra..., pero al fin el turismo y, con él, el despegue económico, los servicios y la prosperidad. (Antoni Ferrer Abárzuza, Ayuntamiento de Santa Eulalia)



Ilustración 18. Extensión de Santa Eulalia del Río

4.2. LOCALIZACIÓN

Santa Eulalia del Río está situada en la zona oriental de la isla de Ibiza, en las Islas Baleares. Comprende un área de 153,58 km². Se sitúa concretamente en las coordenadas 38° 59' 5" N, 1° 32' 1" a una altura de 52 metros sobre el nivel del mar.



Ilustración 19. Mapa de España

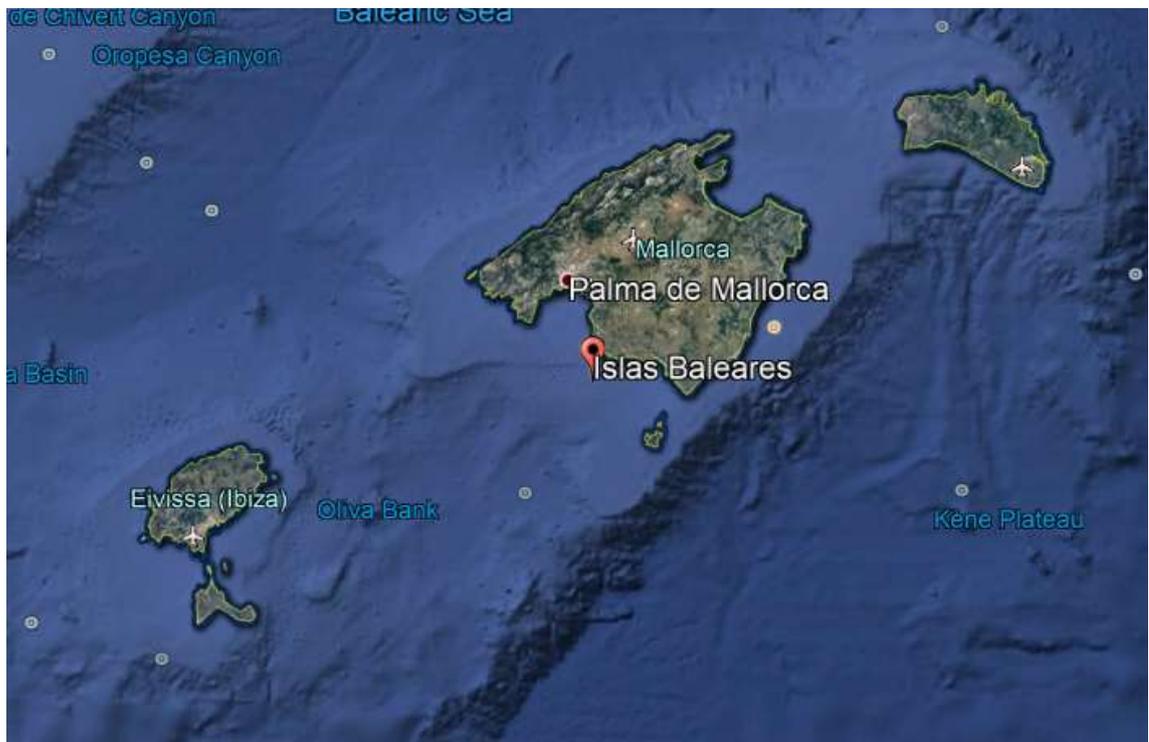


Ilustración 20. Mapa Islas Baleares



Ilustración 21. Mapa Isla de Ibiza

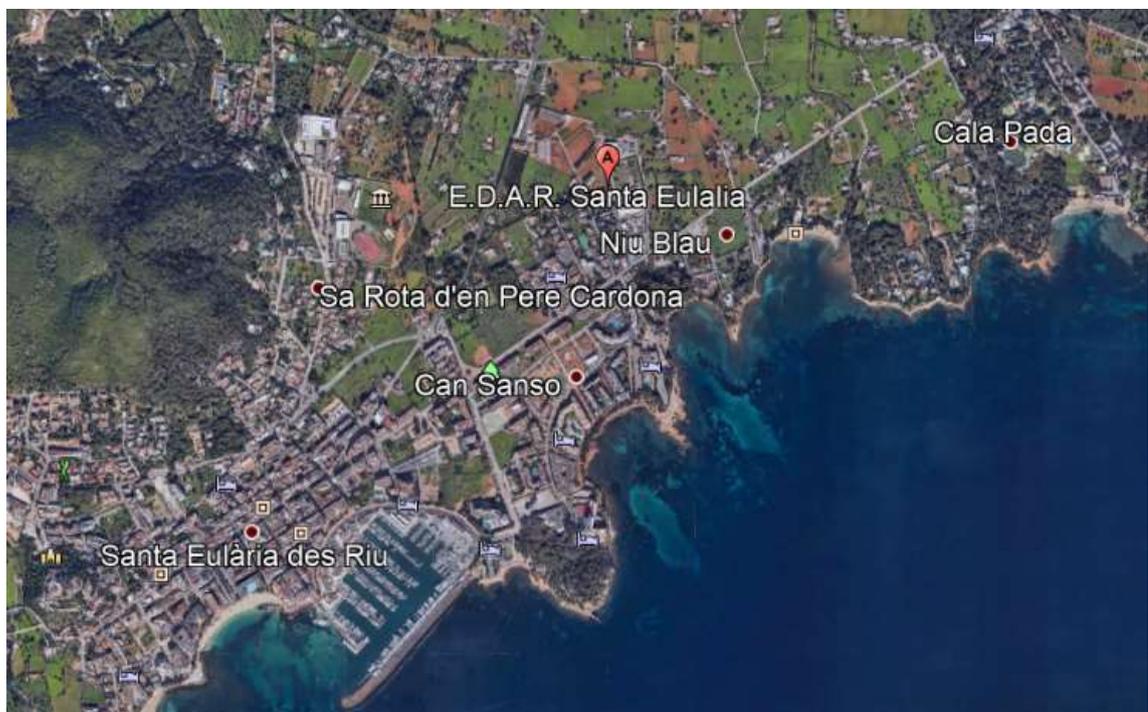


Ilustración 22. Localización EDAR de Santa Eulalia del Río

Según datos de IBESTAT, *Instituto de Estadística de las Islas Baleares*, el municipio consta de 15.351,98 hectáreas, de las cuales 2.777,03 se consideran protegidas. Las zonas adyacentes a la estación depuradora no pertenecen a zonas protegidas y, por tanto, son aptas para la implantación de las dos plantas generadoras que pretenden ser instaladas.

4.3. LEGISLACIÓN

Para poder determinar el consumo eléctrico de una estación depuradora de aguas residuales lo primero que ha de conocerse es la variedad de procesos que se realizan en ella. Según el tipo y la cantidad de tratamientos que se realicen la energía necesaria para ponerla en funcionamiento variará.

Por ello, es necesario conocer los requisitos finales que ha de cumplir el efluente para poder ser vertido. Estos requisitos vienen establecidos según la ley vigente y son los que, en definitiva, determinan la importancia y variedad de los tratamientos que se llevan a cabo dentro de una EDAR.

Para poder determinar el valor final de los parámetros que determinan la pureza del vertido existen dos criterios diferentes, según el Manual de Gestión de Vertidos elaborado por el Gobierno de España, debiéndose aplicar el que refleje un resultado más restrictivo:

- La procedencia del vertido
- El lugar de vertido

De esta manera, el tipo de tratamiento requerido para cada tipo de agua residual será diferente atendiendo a la zona donde se realice el vertido y de la densidad de población en una zona urbana, es decir, según el número de habitantes. Esta normativa viene recogida en la directiva 91/271/CEE a través del RDL 11/1995, el RD 509/1996 y el RD 2116/1998.

Siguiendo la normativa mencionada, la zona será catalogada como zona sensible al tratarse de una zona costera. Por tanto, los requisitos mínimos que deberá cumplir el vertido serán los siguientes:

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de Reducción
DBO ₅	25 mg/L O ₂	70 -90%
DQO	125 mg/L O ₂	75%
Sólidos en Suspensión (SS)	35 mg/L	90%

Tabla 1. Requisitos para vertido de Aguas Residuales Urbanas. Gobierno de España

4.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA EDAR

4.4.1. TRATAMIENTO

Como se ha descrito anteriormente, Santa Eulalia del Río se trata de un municipio que, debido a su naturaleza turística, sufre una importante fluctuación poblacional. Esta elevada diferencia de habitantes se ve reflejada tanto en la contaminación del caudal que ha de tratar la EDAR como en su propio dimensionamiento.

De esta manera, el caudal del agua a tratar variará de manera relevante entre unos periodos del año y otros.

Caudales de diseño en temporada alta (2 meses: julio y agosto) y baja (10 meses):

Parámetro	T. Alta	T. Baja
Caudal medio diario (m ³ /día)	14.000	7.000
Caudal medio horario (m ³ /hora)	588,33	291,67
Caudal máximo. en tiempo seco (m ³ /hora)	1.400	700
Caudal máximo hidráulico (m ³ /hora)	1.400	1.400

Ilustración 23. Caudales de diseño EDAR Santa Eulalia, BOE (Boletín Oficial del Estado)

Características del ARB (para una carga máxima proyectada de reducción de DBO₅ diaria de 972,21 g en temporada alta) a la entrada en temporada alta y baja en la EDAR:

Parámetro	T. Alta	T. Baja
DBO ₅ (mg/l)	250	250
DBO ₅ media diaria (kg/ha)	3.500	1.750
Sólidos suspensión totales (mg/l)	350	350
N-NTK (mg N /l)	65	65
DQO (mg/l)	600	600
Población equivalente (equivalencia 60 gr/día)	58.333	29.167

Ilustración 24. Contaminación efluente EDAR Santa Eulalia. Desglose por temporadas, BOE

El

Plan Hidrológico de las Islas Baleares diseñado por la Consejería de Medio Ambiente contempla una dotación en litros por habitante día:

ISLA	Actual	Horizonte 2027
Mallorca	290	270
Menorca	283	270
Eivissa	214	250
Formentera	201	240

Ilustración 25. Dotación Islas Baleares. Desglose por Islas. Plan Hidrológico Islas Baleares

Para los cálculos de este proyecto se ha considerado la dotación de 2027 (270 l/hab*día) para que la vigencia del proyecto tenga una mayor durabilidad.

Con el fin de que el vertido cumpla con los requisitos que la legislación exige los tratamientos que realiza la planta depuradora de Santa Eulalia del Río son los siguientes:

- Pretratamiento
 - Bombeo de agua bruta
 - Desbaste de materiales con finos tamices automáticos
 - Desarenado-Desengrasados
- Tratamiento Primario
 - Decantador lamelar con recirculación de fangos con espesador
 - Tratamiento físico-químico
- Tratamiento Secundario
 - Decantador secundario
 - Estabilización aerobia
- Tratamiento Terciario
 - Decantador
 - Filtro de arenas
- Línea de Fangos
 - Deshidratación centrífuga
 - Almacenamiento en silo

El tratamiento primario solamente se realizará en temporada alta. En la época estival, dado que el número de habitantes de Santa Eulalia del Río llega a duplicarse se hace necesario un tratamiento más exhaustivo de las aguas para poder cumplir con los requisitos de pureza del agua determinados.

Esta diferencia en el proceso de tratamiento de la EDAR de una época a otra justifica la variabilidad del consumo eléctrico a lo largo del año.

Esta estructura de la EDAR se deriva del informe de viabilidad del anteproyecto *“REMODELACIÓN DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE SANTA EULALIA. T.M. SANTA EULALIA (ISLA DE IBIZA)”*

4.4.2. DEMANDA ENERGÉTICA DE LA EDAR

Por otra parte, es importante señalar que el coste principal a la hora de establecer la implantación de una estación depuradora de aguas residuales reside en el consumo energético de la planta. Entre un 30% y 50% del coste de la instalación de una EDAR se debe al gasto energético. Este gasto viene determinado principalmente por los tipos de tratamientos a realizar, es decir, viene marcado finalmente por el grado de depuración que ha de alcanzar el vertido antes de ser arrojado al medio ambiente.

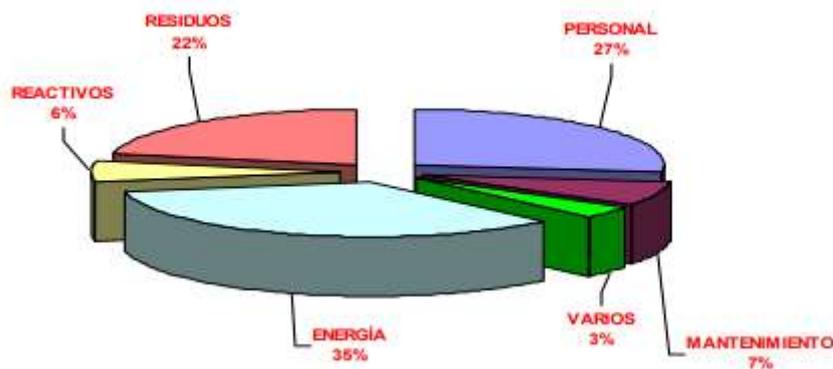


Ilustración 26. Reparto Costes de una EDAR. Simón Andreu, ESAMUR

Además, hay que tener en cuenta el que el funcionamiento de una planta depuradora es ininterrumpido, ha de estar en funcionamiento 24 horas al día los 365 días del año.

El elevado consumo que se produce en las EDAR es demandado en mayor medida por los equipos necesarios para realizar los tratamientos de purificación del agua. Estos equipos pueden clasificarse según su consumo en (IDAE, 2010):

- Bombas para el transporte de agua y fangos.
- Motores, para el accionamiento de equipos mecánicos (eliminación de gruesos, sedimentos, flotantes).
- Soplantes o aireadores superficiales que aportan oxígeno para el tratamiento biológico.

El estudio realizado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE) en colaboración con la Fundación OPTI (Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial), *“Estudio de prospectiva: Consumo Energético en el sector del agua”*, profundiza en las razones de la diferencia de eficiencia energética entre las plantas depuradoras grandes y pequeñas.

En este estudio también se considera el número de habitantes equivalentes a los que da servicio la EDAR como el principal parámetro de evaluación.

Parte de los resultados del estudio arrojan los siguientes datos: *“El resultado final del ejercicio es que la potencia necesaria para la depuración de las aguas residuales urbanas en España es de 305 MW, lo que equivale a una media de 5,6 W/h.e. o 49 kWh/(h.e.año) o 0,67 kWh/m³”*

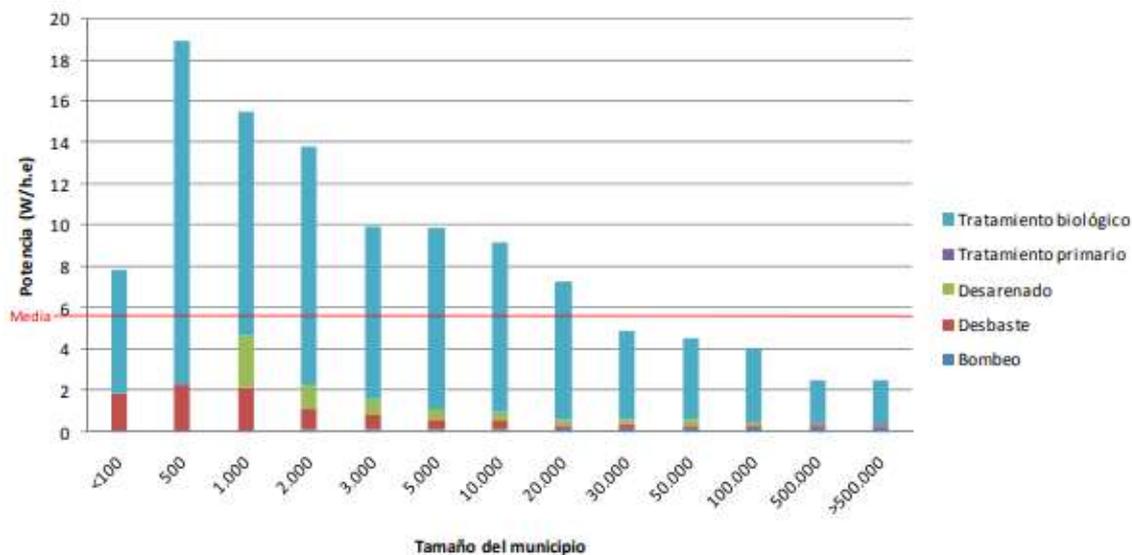


Ilustración 27. Potencia requerida por unidad de tratamiento. IDEA

Las conclusiones a las que llega este estudio son las siguientes:

- Las depuradoras para poblaciones de menos de 100 h.e. normalmente se operan por gravedad y una parte relevante carece de depuración biológica aerobia. Por ello, el consumo por habitante en este rango es bajo.
- En depuradoras pequeñas el peso del desbaste y desarenado en el consumo energético de la depuradora es relativamente grande. La explicación es que el correcto funcionamiento de estos equipos requiere de una potencia mínima de los motores y bombas, con el fin de evitar malfuncionamientos debido a atascos (robustez). El diseño, por tanto, no guarda una relación directa con el tamaño de la instalación, sino que se parte de una potencia mínima.
- En depuradoras pequeñas, la aireación se suele sobredimensionar. Ello se debe por una parte a los requisitos de robustez, similares a los del pretratamiento. Por otra, se emplea el sistema de aireación para la doble función de aireación y mezcla, a pesar de ser energéticamente ineficiente.
- El diseño de una depuradora se basa exclusivamente en parámetros de proceso y de ingeniería mecánica (robustez). No se realiza una evaluación coste/beneficio energético. De hecho, el ejercicio realizado en el marco de este estudio ha significado una cierta revelación, sobre la magnitud de las ineficiencias energéticas y, en consecuencia, de las oportunidades de mejora.

De esta manera la distribución de consumo energético de las estaciones depuradoras de aguas residuales es la siguiente:

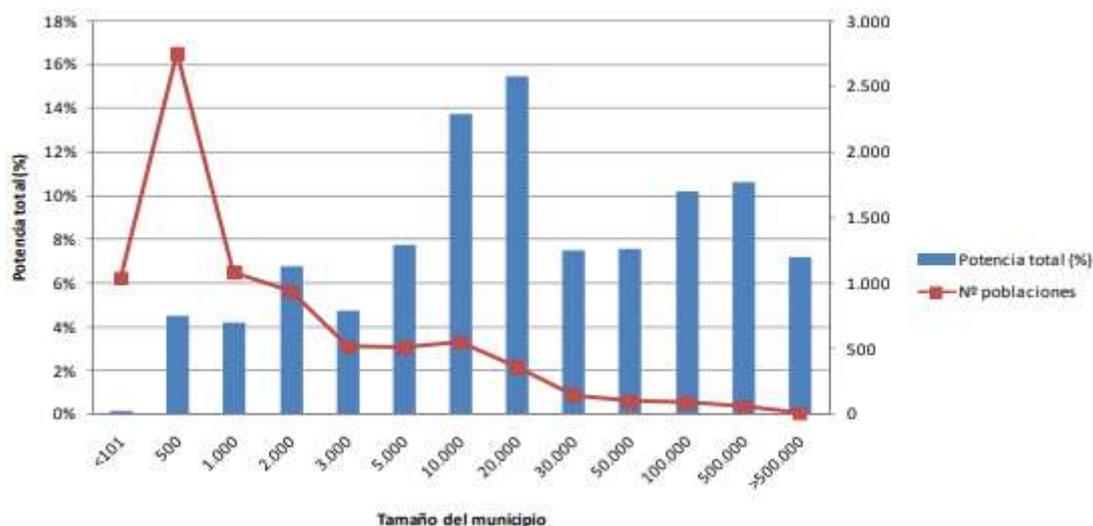


Ilustración 28. Distribución de la potencia total por tamaño de municipio. IDEA

- 28% del consumo en municipios de menos de 5.000 habitantes
- 44% en municipios de entre 5.000 y 50.000 habitantes. Es donde se concentra el mayor consumo energético
- El 28% restante del consumo se produce en depuradoras grandes que dan servicio a más de 50.000 habitantes.

Por estos motivos y a fin de proponer una manera más eficiente de abastecer este segundo grupo de plantas depuradoras el presente proyecto se localiza en Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Eulalia del Río.

A partir del estudio realizado por Arturo Albadalejo Ruiz, Juan Luis Martínez Muro y José María Santos Asensi “*Parametrización del consumo energético en las depuradoras de aguas residuales urbanas de la Comunidad Valenciana*” se extrae la conclusión de que a la hora de poder determinar el consumo eléctrico de una planta depuradora determinada el principal factor a tener en cuenta es el número de habitantes equivalentes (he) a los que da servicio la estación depuradora de aguas residuales. Por tanto, al variar de una manera tan pronunciada el número de habitantes de Santa Eulalia del Río a lo largo del año, también variará la demanda de energía eléctrica de la planta depuradora.

El citado estudio establece una relación entre el número de habitantes equivalente con el consumo eléctrico de la EDAR.

Establece una segmentación de las plantas depuradoras por número de habitantes equivalentes.

Para poder relacionar los habitantes con el consumo energético se toma como variable independiente el número de habitantes equivalentes tras haberle aplicado una serie de logaritmos.

El estudio citado extrae una serie de conclusiones que han sido consideradas durante este proyecto para poder estimar el consumo energético de la planta depuradora de Santa Eulalia del Río.

Concluye que el mejor parámetro para poder relacionar el consumo de una EDAR con el número de habitantes es kWh/m³ que relaciona la energía consumida con el caudal que trata la planta depuradora.

Considerando este parámetro establece una ecuación a partir de la cual se puede calcular el consumo eléctrico de una planta a través, solamente, del volumen de personas cuyas aguas son tratadas por la planta depuradora.

$$C = 0.2218 \times V_{hab}^{-1.668}$$

- C: El consumo energético [kWh/m³]
- V_{hab}: Variable establecida anteriormente para relacionar el número de habitantes con el consumo [Log(Log(Habitantes))]
- Parámetro de correlación R²=0.911

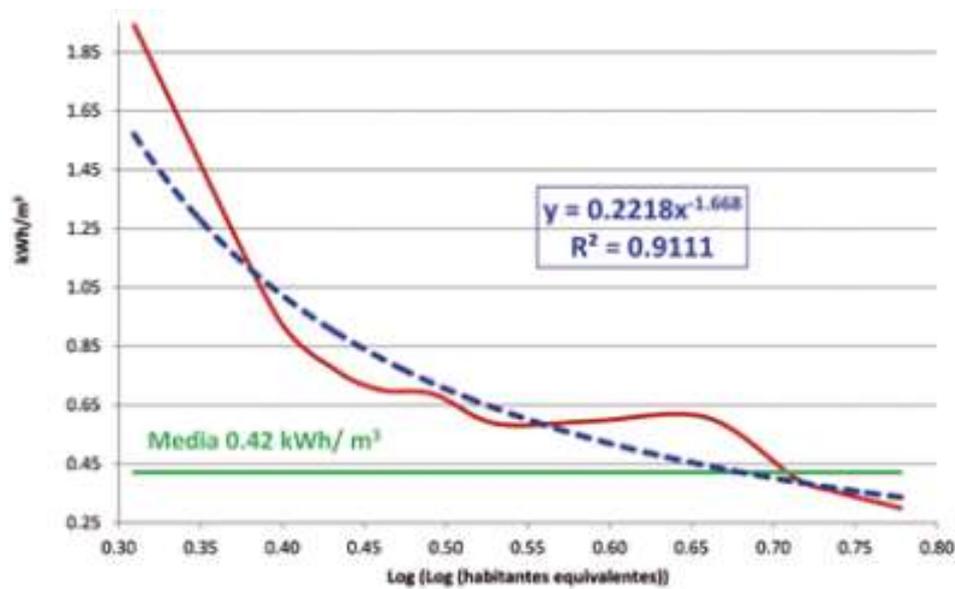


Ilustración 29. kWh/m³ respecto a Log (Log (habitantes equivalentes))

El estudio también señala otros parámetros eficaces a la hora de estimar la carga energética de una planta y los relaciona con la variable de habitantes establecida a través de ecuaciones.

Uno de ellos es la cantidad de energía consumida por cada tonelada de contaminantes (DBO₅, SS, N y P) eliminada en el proceso de depuración.

$$C = 1.5620 \times V_{hab}^{-2.181}$$

- C: El consumo energético [MWh/t]
- V_{hab}: Variable establecida anteriormente para relacionar el número de habitantes con el consumo [Log(Log(Habitantes))]
- Parámetro de correlación R²=0.9494

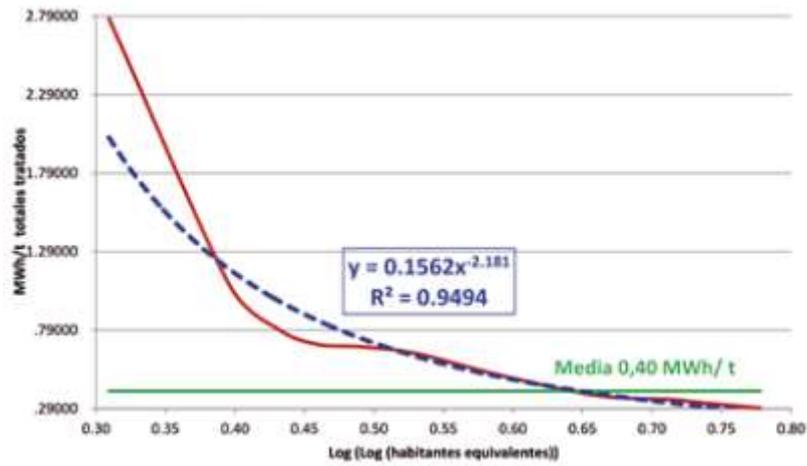


Ilustración 30. MWh/t contaminante tratada respecto Log (Log (habitantes))

Debido a que no todas las EDAR pueden tener eliminación de P y N para poder comparar consumos basándose en la eliminación de contaminantes se suele optar por otras medidas como toneladas de DBO o de Sólidos en Suspensión depuradas.

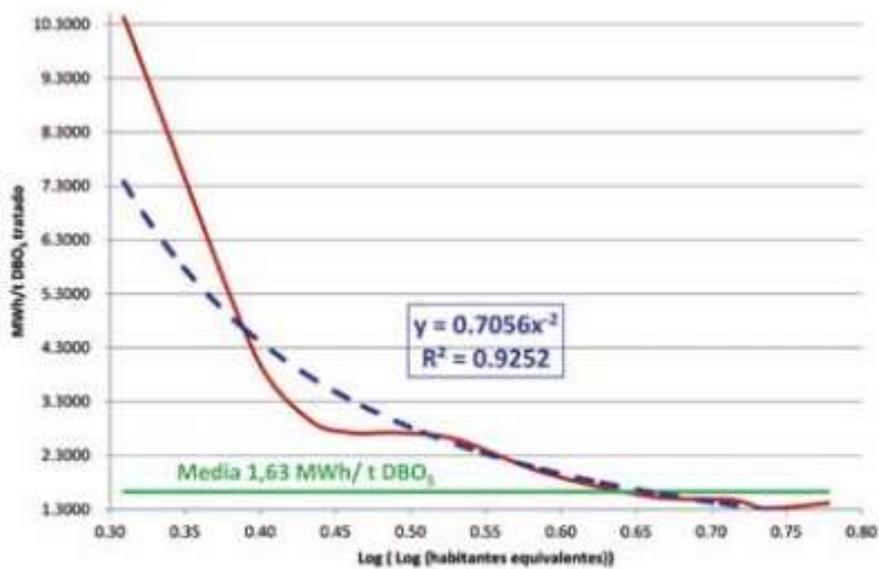


Ilustración 31. MWh/t DBO₅ tratada respecto Log (Log (habitantes))

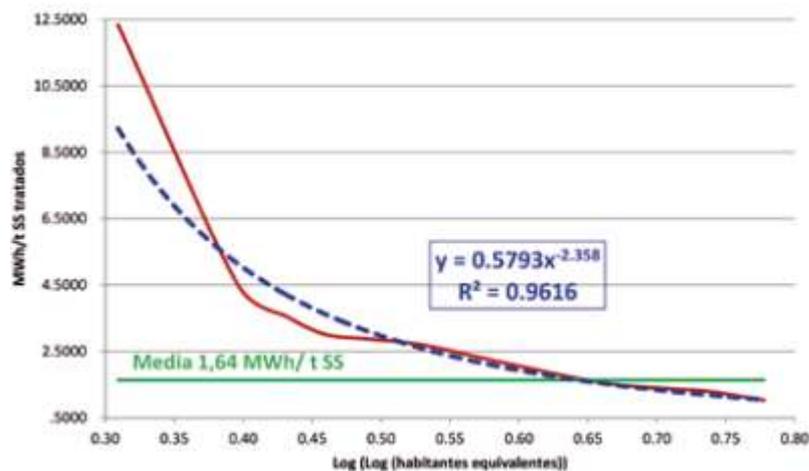


Ilustración 32. MWh/t SS tratados respecto Log (Log (habitantes))

Como se puede apreciar en las gráficas anteriores el consumo de una estación depuradora se va reduciendo de manera pronunciada a medida que aumenta el número de habitantes a los que da servicio la planta. El consumo para plantas con más de 100.000 he se reduce muy por debajo de la media mientras que para EDARs con menos de 2.000 he el consumo se dispara hasta alcanzar un consumo por m³ hasta cinco veces superior al consumo medio.

A partir de esos tamaños, el consumo energético se reduce debido a las sinergias que producen las economías de escala y a que aumentan las posibilidades de rentabilizar la implantación de sistemas de cogeneración reutilizando el biogás producido y el calor de los gases de escape de la combustión para aumentar el rendimiento de los digestores y el secado de los fangos. (Albadalejo Ruiz, Martínez Muro, Santos Asensi, 2013)

Por tanto, se deduce que una planta será más eficiente a medida que aumente el número de habitantes equivalentes de la EDAR. Lo cual hace que sea recomendable agrupar los caudales de aguas residuales de diversas poblaciones y necesario optimizar las plantas que reciben las aguas de municipios pequeños, ya que son las menos eficientes.

Para el cálculo del consumo eléctrico de la EDAR se ha seguido el siguiente procedimiento a partir de los datos recogidos del documento de aprobación de la remodelación de la EDAR de Santa Eulalia en el Boletín Oficial del Estado y del Plan Hidrológico de las Islas Baleares.

Debido a la variación poblacional en el municipio de Santa Eulalia del Río a lo largo del año se ha establecido una diferenciación de consumo a lo largo del año. Se han determinado dos temporadas de funcionamiento distinto.

- Temporada alta: Julio y Agosto
- Temporada Baja: El resto del año

Se ha considerado un consumo por unidad de volumen tratado distinto para cada temporada, ya que como se ha explicado anteriormente la eficiencia energética de una planta depuradora aumenta al aumentar el número de habitantes equivalentes que dan uso de la estación. De esta forma:

	Caudal Medio	Consumo medio
Temporada Alta	14.000 m ³ /día	0,54 kWh/m ³
Temporada Baja	7.000 m ³ /día	0,60 kWh/m ³

Con estos datos se puede calcular el consumo eléctrico diario y mensual.

	Consumo medio diario	Consumo medio mensual
Temporada Alta	7.560 kWh	234.360 kWh
Temporada Baja	4.200 kWh	130.200 kWh

Para estimar la potencia instalada necesaria se parte del consumo en kWh diario y se divide entre las 24 horas que tiene cada día, dado que como se ha indicado anteriormente, el funcionamiento de una planta depuradora es ininterrumpido.

	Consumo Diario medio	Potencia Instalada necesaria
Temporada Alta	7.560 kWh	315 kW
Temporada Baja	4.200 kWh	175 kW

Dado que la potencia instalada se ha establecido a través del consumo diario medio y es un parámetro que ha de estar considerado para poder abastecer picos de consumo y a fin de ofrecer una mayor robustez a sistema se le aplica un coeficiente de seguridad al resultado obtenido anteriormente de CS=1,2:

	Potencia Instalada necesaria
Temporada Alta	378 kW
Temporada Baja	210 kW

Finalmente se obtiene el consumo medio por temporada.

	Consumo medio por temporada
Temporada Alta	468.720 kWh
Temporada Baja	1.302.000 kWh

Así, los resultados obtenidos son los siguientes:

Parámetros	Temporada Alta	Temporada baja
Habitantes Equivalentes (he)	58.333	29.167
Caudal Medio (m ³ /día)	14.000	7.000
Consumo medio (kWh/m ³)	0,54	0,60
Consumo diario (kWh/día)	7.560	4.200
Potencia instalada necesaria (kW)	315	175
Potencia instalada considerada [C.S. = 1,2](kW)	378	210
Consumo mensual medio (kWh)	234.360	130.200
Consumo temporada (kWh)	468.720	1.302.000

Ilustración 33. Primeros Resultados consumo energético de la EDAR de Santa Eulalia del Río

Teniendo en cuenta los resultados presentados se establecen tres posibles escenarios de consumo anuales.

El consumo anual medio es la suma del consumo de ambas temporadas. Es el más cercano al real.

El consumo anual favorable sólo considera el consumo más favorable y se pondera para todo el año. Es el más pequeño pero el más inseguro.

El consumo anual desfavorable sólo considera el consumo más favorable y se pondera para todo el año. Es el más elevado pero el que más seguro. Es el que se considerará para el dimensionamiento de los parque eólico y solar.

Parámetros	Resultados
Consumo anual medio (kWh)	1.770.720
Consumo anual favorable (kWh)	1.562.400
Consumo anual desfavorable (kWh)	2.812.320

Ilustración 34. Hipótesis de consumo anuales

La potencia instalada considerada para la instalación será la máxima calculada. Dado que el funcionamiento de la planta depuradora debe estar garantizado durante todo el año es el único que tiene sentido.

Como comprobación de los resultados obtenidos se ha calculado el consumo por unidad de volumen a través de la fórmula citada anteriormente:

	Consumo estimado	Consumo medio
Temporada Alta	0,44 kWh/m ³	0,54 kWh/m ³
Temporada Baja	0,48 kWh/m ³	0,60 kWh/m ³

Como puede apreciarse el consumo calculado es bastante aproximado pese a ser un poco superior, lo que ofrece garantías sobre la robustez del sistema instalado.

5. CAPÍTULO 5. ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LA EDAR

Los consumos considerados, como se ha explicado en el capítulo anterior son los valores obtenidos de las hipótesis más desfavorables, con el objetivo de alcanzar un sistema lo más robusto posible.

Analizando la eficiencia de cada una de las energías disponibles, la capacidad de explotación en el entorno en el que se sitúa la planta depuradora y el rendimiento económico de las mismas, y tras realizar diversas simulaciones con distintos repartos energéticos, se ha llegado a la conclusión de que el reparto óptimo de generación ha de ser un 80% energía eólica y un 20% energía solar.

De esta manera, el reparto de generación será el siguiente:

Datos de Partida		
Potencia Total Instalada [kW]		378
Potencia Abastecida [%]	100%	
Potencia Abastecida [kW]		378
Potencia Eólica [%]	80%	
Potencia Eólica [kW]		302
Potencia Solar [%]	20%	
Potencia Solar [kW]		76
Tension instalación		48
Rendimiento Instalación	68,54%	

Junto con el dimensionamiento y elección de las diferentes aparatas propias de las centrales eólicas y solares se ha de establecer un sistema de almacenamiento eficiente.

El sistema de almacenamiento se hace necesario debido, principalmente a dos razones.

1. El funcionamiento de una planta depuradora es constante en el tiempo. Es decir, funciona prácticamente durante las 24 horas del día los 7 días de la semana.
2. Uno de los principales inconvenientes de las energías renovables es la poca versatilidad a la hora de producir energía y la completa dependencia de agentes externos del control humano (clima).

Estas dos circunstancias hacen altamente recomendable la instalación de un sistema de almacenamiento de energía. Este sistema de almacenamiento habilita la posibilidad de o bien seguir

abasteciendo energéticamente la planta depuradora o bien acumular la energía excedente toda vez que la demanda por parte de la EDAR y la generación de las centrales no casen.

Esta elección tiene una gran importancia en el desarrollo del proyecto y, como se podrá comprobar más adelante, supondrá la mayor parte de la inversión económica del mismo.

5.1.GENERACIÓN EÓLICA

5.1.1. INTRODUCCIÓN

El principal parámetro alrededor del cual se va a dimensionar la planta eólica es la velocidad del viento.

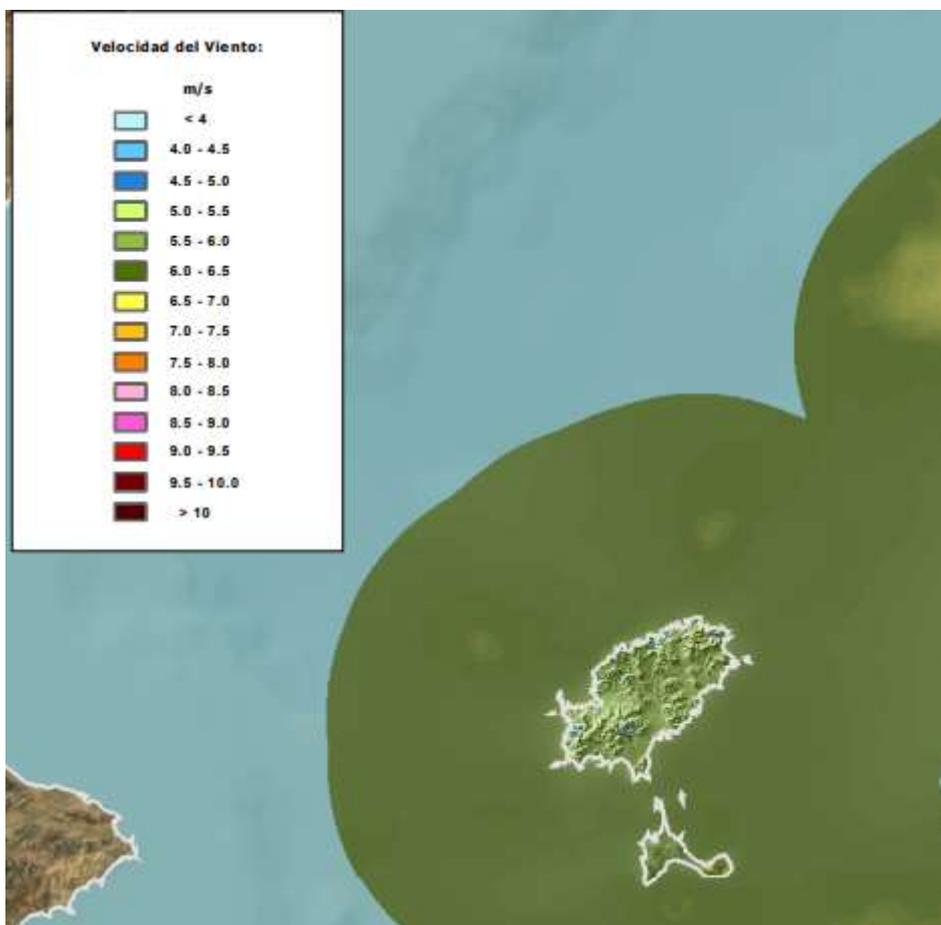


Ilustración 35. Mapa Eólico Ibiza

Como puede apreciarse en la ilustración anterior, la velocidad media anual del viento en la isla de Ibiza está alrededor de los 6,5 m/s de media anual. Profundizando en esta información y conociendo la potencia a abastecer (302 kW) por parte de la central eólica se puede proceder a calcular las dimensiones necesarias para poder abastecer la planta depuradora.

El primer punto que se ha considerado es la capacidad de generación que han de tener los aerogeneradores a instalar.

A día hoy se han desarrollado grandes avances en el campo de la energía eólica, llegándose a desarrollar aerogeneradores con una capacidad que llega a superar los 2 MW de potencia. Estos sistemas de generación requieren de torres que llegan a superar los 100 metros de altura con palas de hasta 90 metros. Considerando el objetivo de abastecimiento establecido para la EDAR de Santa Eulalia, estos sistemas superan ampliamente el objetivo de abastecimiento del actual proyecto.

Debido a que estos grandes generadores superan con mucho la potencia estimada para el funcionamiento de la estación depuradora, para el presente proyecto se han considerado aerogeneradores de menor tamaño, que a su vez, son más económicos.

Estos aerogeneradores, al ser menores (alrededor de 50 metros de alto), tienen una serie de ventajas que los hacen más apropiados para el abastecimiento de instalaciones de tamaño medio como puede ser la planta de depuración del presente proyecto.

- Requieren de un espacio menor en relación a otros aerogeneradores de mayor tamaño.
- El impacto visual ligado a estos aerogeneradores es menor.
- El mantenimiento se realiza de una manera más económica y sencilla.
- La exigencia de velocidad de viento es menor.
- La inversión en infraestructura es menor.
- Tiene una mayor versatilidad que permite realizar su instalación en terrenos menos restrictivos.

Una vez establecidas las características generales de la planta eólica se procede a dimensionarla y a elegir el modelo de aerogenerador más apropiado.

5.1.2. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

5.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO

Como se ha señalado anteriormente, la velocidad del viento es el parámetro principal de diseño de las centrales de generación eólica.

Por tanto, no sólo es necesario conocer el valor medio de este parámetro sino también la manera en la que se distribuye. Para analizar esta variabilidad es muy común utilizar la distribución de Weibull, ya que permite determinar de manera segura la probabilidad de que se den diferentes velocidades.

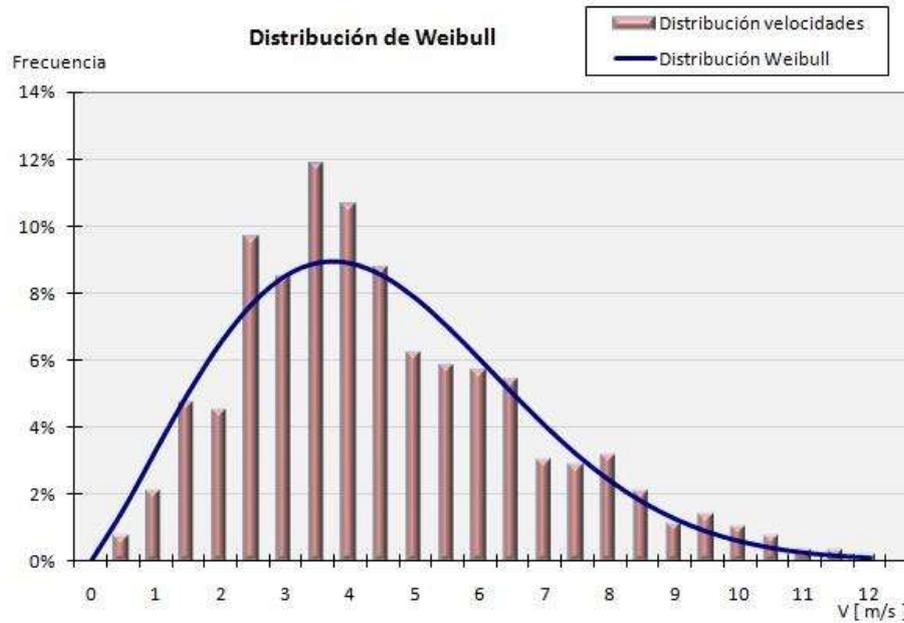


Ilustración 36. Representación de velocidades de viento respecto a una distribución Weibull. Solarweb, 2010

La distribución de Weibull de los vientos de cada zona viene determinada por el histórico de datos de esa zona.

La distribución de Weibull es una función de distribución que depende de dos parámetros, \$c\$ y \$k\$. Tiene la siguiente forma:

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

- \$c\$ [m/s] : Se denomina Parámetro de Escala. Determina el promedio del parámetro estudiado por la función, en este caso la velocidad del viento. Se puede determinar de la siguiente forma:

$$c = v \left(0.568 + \frac{0.433}{k}\right)^{\frac{-1}{k}}$$

- \$k\$: Se denomina Parámetro de Forma. Refleja la dispersión de datos recogida por la función. Se puede determinar de la siguiente forma:

$$k = \left(\frac{\sigma_v}{v}\right)^{-1.806}$$

Por tanto, para poder realizar un dimensionamiento adecuado de la instalación eólica es necesario conocer la distribución de Weibull de los vientos del emplazamiento elegido. Estos datos son proporcionados por el Instituto para la Diversificación y el ahorro de la energía (IDAE).

Los datos obtenidos son los siguientes:

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
Velocidad Media [m/s]	6,86	5,27	7,38	8,02	6,88
c [m/s]	7,12	6,08	8,32	9,01	7,86
k	1,806	2,174	1,861	1,863	1,854

Tabla 2. Parámetros distribución de Weibull por estaciones a 80m de altura. IDAE

Como se puede apreciar existe una relevante divergencia estacional en la velocidad del viento. La potencia eólica disminuye en las estaciones más cálidas y aumenta en las épocas más frías. Como se podrá comprobar más adelante, esta disminución de la capacidad energética se verá compensada tanto por el aumento del rendimiento de la energía solar fotovoltaica en la misma época del año como por la acumulación de energía que se dará en las baterías. Por ello, el dimensionamiento se ha llevado a cabo a partir de los valores medios anuales.

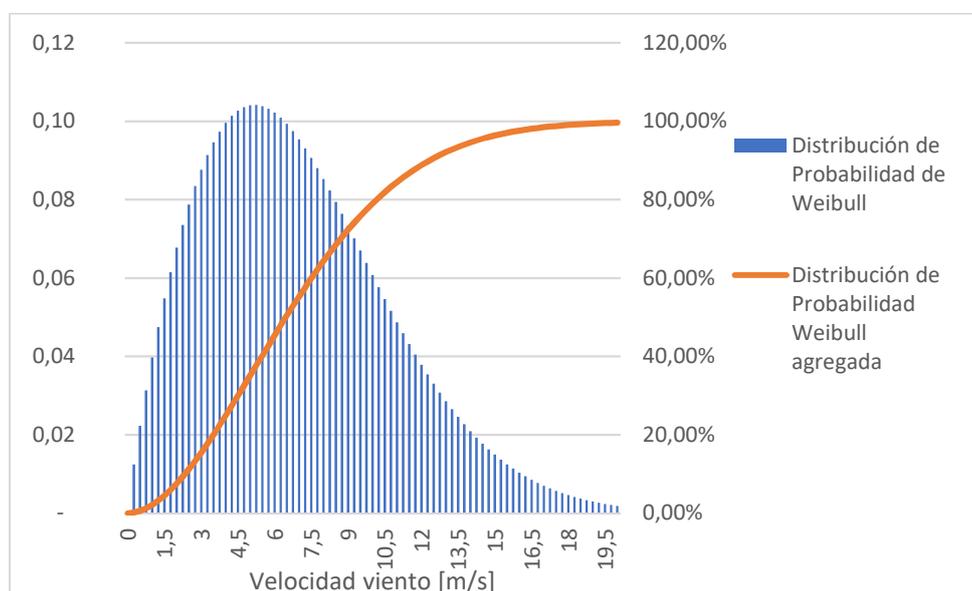


Ilustración 37 Distribución de Weibull de la velocidad del viento anual en Santa Eulalia

En la gráfica superior se puede observar la distribución de velocidades de viento anuales en el municipio de Santa Eulalia del Río. Esta gráfica se ha elaborado a partir de los datos previamente mencionados proporcionados por IDAE.

En ella, podemos comprobar como la mayor frecuencia de velocidad de acumula en torno a los 6-7 m/s, coincidiendo con la velocidad media estimada.

Además, se puede apreciar como las posibilidades de que se den velocidades superiores a los 9 m/s son muy pequeñas y van reduciéndose drásticamente hasta obtener una probabilidad casi nula.

5.1.2.2. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN

Una vez se han determinado las características del viento del que se va a disponer se procede a diseñar la instalación eólica.

Para ello lo primero es adecuar los datos de los que se dispone a las características de la instalación.

Como se ha mencionado anteriormente, la instalación eólica que se pretende implementar no está formada por grandes aerogeneradores de 80 metros de alto. Sino que se ha optado por la instalación de molinos eólicos de menor tamaño, unos 60 metros.

Por tanto, teniendo en cuenta que la información utilizada ha sido recogida a 80 metros de altura, hay que adaptar esas medidas a la altura real de la planta eólica para poder cuantificar de manera más precisa el potencial eólico del que se dispone.

Para realizar el ajuste de los parámetros v y c se utilizan la siguiente ecuación:

$$v(h) = v(h_0) \left(\frac{h}{h_0} \right)^p$$

- $v(h)$: Velocidad a la altura que quiere calcularse
- $v(h_0)$: Velocidad a la altura de la que se tienen datos
- h : Altura del buje del generador
- h_0 : Altura a la que se tienen datos
- p : Depende de la estabilidad del terreno y de la naturaleza del mismo (rugoso o plano)

Clase de estabilidad	Descripción	Exponente "p" Terreno rugoso	Exponente "p" Terreno plano
A	Altamente inestable	0.15	x 0.6
B	Moderadamente inestable	0.15	x 0.6
C	Ligeramente inestable	0.20	x 0.6
D	Neutra	0.25	x 0.6
E	Levemente estable	0.40	x 0.6
F	Estable	0.60	x 0.6

Tabla 3. Posibles valores del parámetro p. Escuela Superior de Ingeniería, ICAI

El grado de estabilidad atmosférica se determina a partir de la diferencia de temperatura entre una porción de aire y el aire circundante. (Ingeniería y Desarrollo Sostenible, ICAI)

En condiciones estables, el movimiento vertical se inhibe, mientras que en condiciones inestables la porción de aire tiende a moverse continuamente hacia arriba o hacia abajo. Las condiciones neutras no propician ni inhiben el movimiento del aire después del gradiente de calentamiento o enfriamiento adiabático. Cuando las condiciones son extremadamente estables, el aire frío cercano a la superficie es "entrampado" por una capa de aire cálido sobre este. (Ingeniería y Desarrollo Sostenible, ICAI)

Para el presente proyecto se ha considerado una estabilidad clase D, es decir, una estabilidad neutra y un terreno rugoso.

Por otra parte, para realizar el ajuste del parámetro *k* se utiliza esta ecuación:

$$k(h) = k(h_0) \frac{1 - 0,088 \ln\left(\frac{h_0}{10}\right)}{1 - 0,088 \ln\left(\frac{h}{10}\right)}$$

Por tanto, una vez aplicada la función de ajuste de la velocidad del viento según la altura y el entorno, los datos finales de dimensionamiento son:

Velocidad media [m/s]	c [m/s]	k
6,40	7,31	1,798

Tabla 4. Resultados finales dimensionamiento

El siguiente paso en el dimensionamiento de la instalación eólica es la estimación del potencial eólico.

Para poder realizar estos cálculos se necesitan datos que han de ser proporcionados por el fabricante de aerogeneradores. Por esta razón, estos cálculos se van a realizar con las características del modelo elegido. Esta elección se justificará más adelante. El aerogenerador elegido es el modelo E53 de la marca Enercon.

Para calcular la potencia que va a suministrar la planta eólica a la estación depuradora se parte de la potencia disponible.

$$P_{disp} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

- $\rho \left[\frac{kg}{m^3}\right]$: Densidad del aire. Se considera constante y se considera el valor de 1.225
- $A [m^2]$: Área de barrido. Viene determinada por el modelo de aerogenerador. Es el área total que abarcan las aspas del aerogenerador en su movimiento
- $v \left[\frac{m}{s}\right]$: La velocidad del viento

La potencia disponible determina la potencia máxima que es capaz de generar una masa de aire en movimiento. Este número difiere de la potencia real que se puede extraer de la fuerza eólica.

La Ley de Betz establece una cantidad máxima de potencia efectiva que puede extraerse del viento. Este límite de rendimiento se conoce como Límite de Betz. La Ley de Betz determina que como máximo podrá extraerse un 59,26% de la energía que produce una masa de aire en movimiento a una determinada velocidad.

$$P_{Betz} = C_{Betz} P_{disp} = \frac{16}{27} \frac{1}{2} \rho A v^3 = 0.5926 \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Una vez determinada la potencia máxima que puede aprovechar una turbina eólica hay que determinar la potencia real extraída del viento. Para ello los fabricantes proporcionan un Coeficiente de Potencia (C_p) para cada velocidad de funcionamiento del aerogenerador. Este coeficiente se determina a partir de la geometría y características del propio aerogenerador y permite estimar la potencia real obtenida del viento.

$$P_{real} = C_p P_{disp} = C_p \frac{1}{2} \rho A v^3 \leq C_{Betz} \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Como se desprende de la ecuación anterior, la potencia obtenida es muy dependiente de la variable velocidad, ya que está elevada al cubo. Por tanto, la idoneidad del terreno es la que marca si una instalación eólica es o no viable.

Por otra parte, el diseño del aerogenerador puede modificar la potencia que es capaz de generar a partir del tamaño de las aspas. Cuanto mayor sea el área de barrido, mayor será la energía generada por el aerogenerador.

Además de proporcionar este coeficiente de potencia, el fabricante proporciona unas curvas de potencia para cada modelo que permiten conocer la potencia aprovechable en función de la velocidad del viento.

Finalmente, para poder conocer la potencia que será capaz de producir el aerogenerador se parte de la distribución de Weibull de la velocidad del viento. A cada velocidad se le asigna la frecuencia de probabilidad de la distribución de Weibull y el Coeficiente de Potencia estimado por el fabricante. De tal manera que la estimación de la potencia generada por el molino eólico se estima de la siguiente manera:

$$\sum C_p Fr_{Prob} \frac{1}{2} A \rho v^3$$

- Fr_{Prob} : Es la frecuencia de probabilidad asignada a una velocidad por la distribución de Weibull de la velocidad del viento de la zona
- C_p : Es el Coeficiente de Potencia asignado por el fabricante a cada velocidad
- A [m^2]: Es el área de barrido del modelo. Lo proporciona el fabricante
- ρ [kg/m^3]: Es la densidad del viento. Se considera constante y vale 1.225
- v [m/s]: La velocidad del viento

Una vez conocida la manera de estimar la potencia que puede extraerse anualmente de cada aerogenerador, se procede, en base a los datos del propio aerogenerador a calcular el número de aerogeneradores capaces de abastecer la demanda de potencia de la central [302 kW].

Velocidad [m/s]	Probabilidad	Acumulada	CP	Frecuencia	Potencia aportada [W]
0	0,00%	0,00%	0,00	-	-
1	3,97%	2,16%	0,00	0,02	-
2	6,77%	7,60%	0,19	0,05	106
3	8,76%	15,44%	0,39	0,08	1.055
4	9,95%	24,86%	0,44	0,09	3.394
5	10,40%	35,10%	0,46	0,10	7.528
6	10,22%	45,46%	0,48	0,10	13.734
7	9,54%	55,37%	0,49	0,10	21.304
8	8,52%	64,42%	0,49	0,09	29.038
9	7,32%	72,35%	0,49	0,08	36.234
10	6,07%	79,04%	0,48	0,07	41.111
11	4,87%	84,51%	0,42	0,05	39.060
12	3,78%	88,82%	0,34	0,04	32.424
13	2,85%	92,13%	0,27	0,03	25.076
14	2,09%	94,59%	0,22	0,02	18.981
15	1,49%	96,36%	0,18	0,02	13.810
16	1,03%	97,61%	0,15	0,01	9.824
17	0,70%	98,47%	0,12	0,01	6.456
18	0,46%	99,04%	0,10	0,01	4.261
19	0,29%	99,41%	0,09	0,00	2.933
20	0,18%	99,65%	0,08	0,00	1.929
21	0,11%	99,79%	0,06	0,00	1.036
22	0,07%	99,88%	0,06	0,00	720
23	0,04%	99,93%	0,05	0,00	404
24	0,02%	99,96%	0,04	0,00	211
25	0,01%	99,98%	0,04	0,00	134
					310.764

Tabla 5. Cálculo Potencia Generada. Modelo Enercon E 53

Como se puede ver en la tabla superior, la potencia generada es superior por un aerogenerador es superior a la requerida por la EDAR (310 > 302), por tanto, se necesitará sólo un aerogenerador para abastecer la planta depuradora. Para realizar estos cálculos se ha considerado un rendimiento del 95%.

Cabe señalar que los inversores necesarios para transformar la electricidad producida por el aerogenerador a corriente alterna (genera en continua) están incluidos en el aerogenerador.

Finalmente, se ha considerado un área de 1000 m² para la instalación del aerogenerador.

5.1.2.3. ELECCIÓN AEROGENERADOR

La elección del aerogenerador se ha basado exclusivamente en términos económicos. De cara a que la instalación pueda ser lo más asequible posible.

Para ello se han considerado varios aerogeneradores, 2 de la marca Enercon, modelos E 48 y E 53, y el aerogenerador modelo AGW 100 de WEG.

Resultado Final	
Potencia aerogenerador [kW]	311
nº aerogeneradores necesarios	1
Precio Total [€]	450.000

Tabla 6. Resultados Económicos Enercon E 53

La principal ventaja que presenta el modelo E 53 es el área de barrido. La mayor longitud de aspas permite que este modelo pueda generar una mayor potencia y soporta toda la carga de potencia con un solo aerogenerador. No se han considerado modelos superiores al E 53 ya que suponían un aumento de la inversión sin que aumente las prestaciones que se buscan en el presente proyecto.

5.2.GENERACIÓN SOLAR

5.2.1. INTRODUCCIÓN

A la hora de diseñar una estación solar fotovoltaica hay que tener en cuenta una serie de parámetros que determinan el mayor o menor aprovechamiento de la energía solar. Estos parámetros son:

- Radiación Solar
- Ángulos de orientación e inclinación de los paneles
- Hora Solar pico (HSP)
- Tensión de la instalación
- Rendimiento de la instalación
- Características de los módulos solares fotovoltaicos

Cabe señalar que a la hora del dimensionamiento de la planta solar no se ha considerado el espacio a ocupar como limitante.

Como se ha señalado anteriormente, la planta depuradora de Santa Eulalia del Río se ha diseñado en función a dos temporadas de funcionamiento diferenciadas, como consecuencia de la variación estacional de población que se produce en el municipio al ser un punto de gran relevancia turística. La temporada alta coincide con los meses de julio y agosto y la temporada baja corresponde con el resto del año.

De esta manera, para dimensionar la planta solar se han considerado por separado ambas temporadas. El resultado más desfavorable, y por ende el más seguro, ha sido considerado como el objetivo de diseño de la planta.

Como resultado más desfavorable se ha considerado el escenario que implicaba la instalación de un mayor número de placas solares.

5.2.2. PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN

Una vez establecidos los parámetros de diseño y la metodología a seguir para el dimensionamiento de la instalación generadora se profundiza en las características particulares de estos parámetros en el emplazamiento de la estación depuradora para establecer las condiciones disponibles para la generación de energía solar fotovoltaica.

5.2.2.1. RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Las centrales solares fotovoltaicas son obras de una elevada complejidad formada por una gran variedad de componentes y sujeta a múltiples agentes que modifican el rendimiento global de la instalación.

El coeficiente de rendimiento constituye una de las magnitudes más importantes para la evaluación de la efectividad de una instalación fotovoltaica. En concreto, el coeficiente de rendimiento expresa la relación del rendimiento energético real con respecto al rendimiento energético teóricamente posible. (*Coeficiente de rendimiento Factor de calidad de la instalación fotovoltaica*, SMA Solar Technology AG)

Este coeficiente es prácticamente independiente de la orientación de una instalación fotovoltaica y de la irradiación solar que incide sobre ella. Por este motivo, con ayuda del coeficiente de rendimiento, es posible comparar instalaciones fotovoltaicas conectadas a red en diferentes lugares del mundo. (*Coeficiente de rendimiento Factor de calidad de la instalación fotovoltaica*, SMA Solar Technology AG)

El valor del coeficiente de rendimiento está influenciado por los siguientes factores (*Coeficiente de rendimiento Factor de calidad de la instalación fotovoltaica*, SMA Solar Technology AG):

- Factores medioambientales
 - Temperatura de los módulos fotovoltaicos
 - Irradiación solar y energía disipada
 - Sombra o suciedad en la estación de medición
 - Sombra o suciedad en los módulos fotovoltaicos
- Otros factores
 - Período de registro
 - Pérdidas por cableado

- Rendimiento de los módulos fotovoltaicos
- Rendimiento del inversor
- Diferentes tecnologías de células solares en la estación de medición y en los módulos fotovoltaicos
- Alineación de la estación de medición

Este coeficiente de rendimiento suele situarse en torno al 70% y se puede estimar de la siguiente manera:

$$k_T = (1 - k_b - k_c - k_r - k_v) \left(1 - k_a \frac{D_{aut}}{P_d} \right)$$

- k_a = Pérdidas asociadas a la autodescarga de la batería
- k_b = Pérdidas relacionadas con el rendimiento de la batería
- k_c = Pérdidas debidas al rendimiento del inversor
- k_r = Pérdidas relacionadas con los reguladores
- k_v = Otras pérdidas
- D_{aut} = Días de autonomía de la central
- P_d = Profundidad de descarga

Los valores considerados para los parámetros han sido los siguientes:

Parámetros	k_b	k_c	k_r	k_v	k_a	D_{aut}	P_d	K_{tot}
Valor	0,1	0,1	0,01	0,1	0,001	5	0,75	0,6854

Tabla 7. Parámetros rendimiento solar

De esta manera, la potencia real que ha de abastecer la central solar foto varía de la siguiente manera:



5.2.2.2. TENSIÓN DE LA INSTALACIÓN

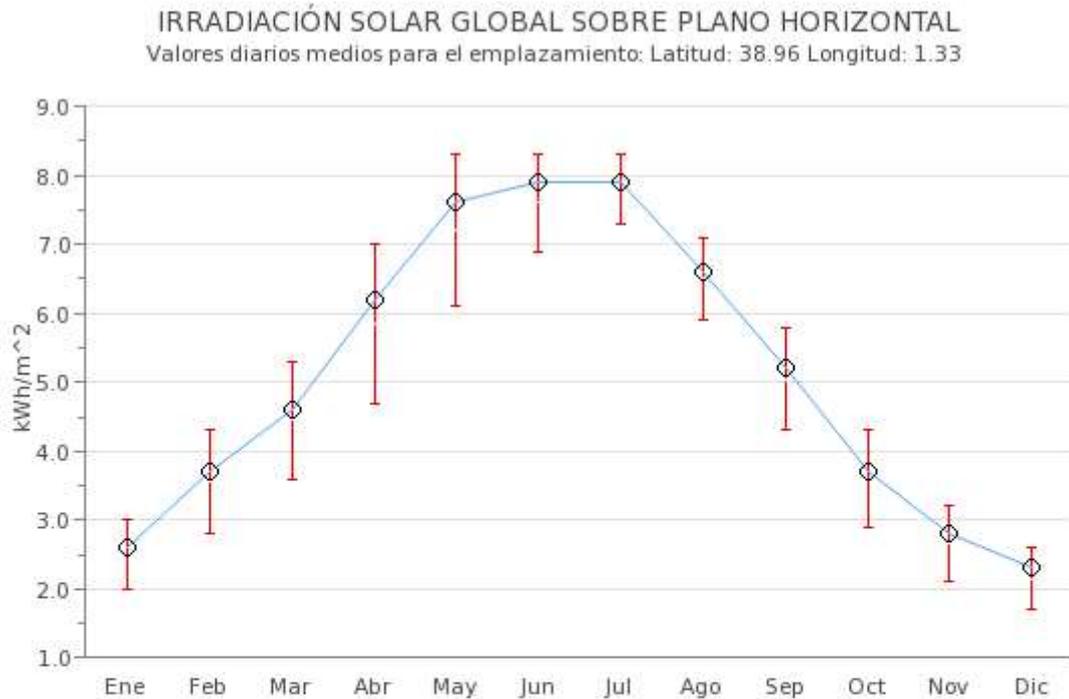
Debido a la potencia que ha de producir la instalación solar fotovoltaica (76 kW) y con el objetivo de evitar la aparición de corrientes muy elevadas, se opta por una tensión de funcionamiento de 48 V, es una tensión elevada enmarcándose en el contexto de la energía solar.

5.2.2.3. RADIACIÓN SOLAR

Para dimensionar la instalación solar es necesario conocer las medidas de las magnitudes solares en el emplazamiento de la EDAR.

La irradiancia se define como la densidad de potencia de la radiación incidente sobre una superficie, es decir, el cociente entre el flujo radiante incidente sobre la superficie y el área de esa superficie, o la velocidad a la que la energía radiante incide sobre una superficie por unidad de área de esa superficie, en W/m^2 . (*Metodología y análisis comparativo de equipos solares prefabricados indirectos por termosifón*, Miguel Ángel Navarro Martínez).

Es decir, es la magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra. El principal parámetro que determina la capacidad de un lugar para poder explotar la energía solar.



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	3.0	4.3	5.3	7.0	8.3	8.3	8.3	7.1	5.8	4.3	3.2	2.6
Valor medio	2.6	3.7	4.6	6.2	7.6	7.9	7.9	6.6	5.2	3.7	2.8	2.3
Percentil 25	2.0	2.8	3.6	4.7	6.1	6.9	7.3	5.9	4.3	2.9	2.1	1.7

Como puede observarse, la radiación solar tiene un valor medio pico en junio y julio, y en diciembre y enero los valores más bajos.

Considerando los valores más desfavorables de cada temporada, los valores que se tomarán para dimensionar la estación depuradora son:

- Temporada Alta → 6.6 kWh/m²
- Temporada Baja → 2.3 kWh/m²

A partir de estos resultados se realizará el cálculo de las Horas Solar Pico.

5.2.2.4. ÁNGULOS DE ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Para obtener un rendimiento óptimo se debería buscar un ángulo de inclinación (β) tal que la incidencia de los rayos solares sobre los paneles fotovoltaicos sea siempre perpendicular. Debido a los movimientos de traslación y rotación de la Tierra, esto no es posible.

Por tanto, se tiene la necesidad de buscar un ángulo de inclinación óptimo que permita maximizar la captación de energía solar del panel.

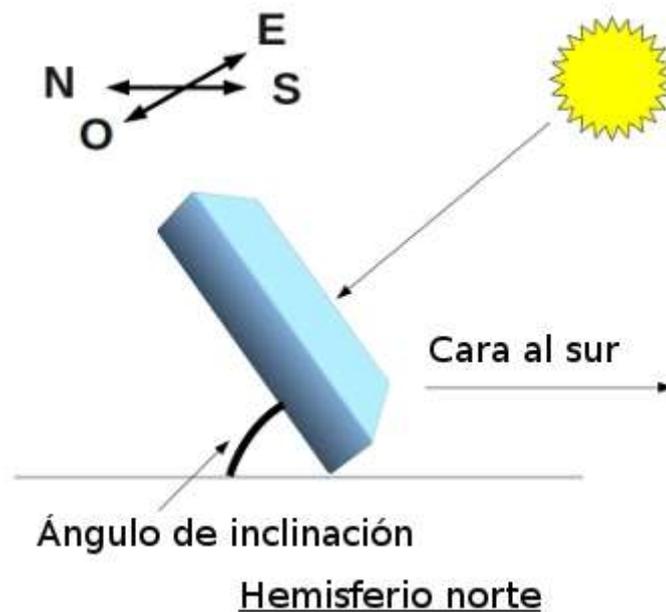


Ilustración 38. Representación de la orientación de un panel solar fotovoltaico

La orientación de los paneles ha de ser tal que se maximice y facilite la incidencia directa en perpendicular a los paneles. Por tanto, en España, al estar en el hemisferio norte, la orientación ideal se sitúa en los 0° , hacia el sur geográfico.

Por otra parte, el grado de inclinación de los paneles viene determinado por la época del año en la que más va a ser utilizado.

Para intentar aprovechar la máxima radiación posible los paneles se tienen que orientar con un acimut lo más próximo posible al sur y con un ángulo de inclinación lo más próximo a la latitud, desviada $+10^\circ$ si el consumo es preferente en invierno y -10° si es preferente en verano. (*Estudio de viabilidad y valoración de los beneficios ambientales generados por la implantación de una instalación de placas solares fotovoltaicas, como parte de un sistema híbrido en una cooperativa agrícola en el Penedès*, Beatriz Cortés Carrascosa)

De esta manera, dado que las instalaciones proyectadas en el presente trabajo tienen como objetivo una funcionalidad constante a lo largo de todo el año, se ha optado por considerar $\beta=38^\circ$, la latitud del emplazamiento de la EDAR.

Finalmente, la orientación (α) de los paneles debe estar ubicada de tal forma que esté orientada hacia el sur geográfico. Por tanto, se ha considerado una orientación $\alpha=0^\circ$

5.2.2.5. HORA SOLAR PICO (HSP)

La hora solar pico (HSP) es una medida de irradiación solar y se define como el equivalente al número de horas de sol de media diarias a una radiación constante de 1 kW/m2.

$$HSP = k k' k'' I$$

- k: Factor de corrección debido a la inclinación de los paneles.
- k': Coeficiente de corrección atmosférico. Su valor oscilar entre 0,7 para emplazamientos nublados y 1,25 para muy soleados.
- k'': Coeficiente de corrección debido a la orientación del panel.
- I [MJ/m²]: Valor de la irradiación solar.

Los valores considerados para los factores correctores han sido los siguientes:

k	k'	k''
1,05	1	1

Tabla 8 Parámetros de corrección de las HSP

En los cálculos realizados no se ha considerado el 1/3,6 ya que los datos de partida están en vatios. Los resultados obtenidos en el cálculo de Horas Solar Pico han sido los siguientes:

T. Baja	T. Alta
2,3	6,6

Tabla 9. HSP por temporada

5.2.2.6. DIMENSIONAMIENTO MÓDULOS SOLARES

Una vez se han determinado los parámetros necesarios para el diseño de la central solar se procede a la evaluación de diferentes modelos de paneles solares fotovoltaicos a fin de elegir el óptimo para las características de la instalación.

El primer paso para dimensionar los paneles fotovoltaicos es conocer el consumo unitario que pueden abastecer. Para este cálculo es necesario conocer la intensidad que es capaz de aportar cada módulo.

$$C = \eta I_{max} HSP$$

- C [ah/día] = Consumo por panel
- η = Rendimiento del panel
- I_{max} [A] = Máxima corriente admisible por el módulo
- HSP = Hora Solar Pico

Una vez conocido el consumo energético que cada panel es capaz de abastecer se puede proceder a la estimación del número de paneles necesarios para abastecer la demanda de energía.

El número total de paneles necesario para abastecer la demanda energética estimada se calcula siguiendo la ecuación:

$$N_{total} = N_{serie} N_{paralelo}$$

- N_{total} = Número total de paneles necesarios
- N_{serie} = Número de paneles en serie necesarios
- $N_{paralelo}$ = Número de paneles en paralelo necesarios

- Conexión en paralelo

El número de módulos conectados en paralelo necesarios para cumplimentar con la alimentación eléctrica exigida se estima a partir del consumo que la planta depuradora y la capacidad de generación de cada panel. Por tanto, se determina a partir de la intensidad máxima que admite cada módulo.

$$N_{paralelo} = \frac{Consumo_{planta}}{Consumo_{panel}}$$

- Conexión en serie

El número de módulos conectados en serie necesarios para poder cumplir con el objetivo de potencia marcado se calculan a partir de la tensión de funcionamiento de la instalación y la tensión nominal del panel solar.

$$N_{serie} = \frac{V_{planta}}{V_{panel}}$$

De esta manera, para minimizar el número de paneles a instalar la tensión nominal de los paneles será mayor o igual que la tensión de funcionamiento de la planta solar fotovoltaica. Esta

es otra razón por la que se ha determinado el uso de una tensión nominal de los paneles y de funcionamiento de 48V.

Una vez definida la metodología de dimensionamiento de la planta solar se aplican las fórmulas anteriores a los dos periodos de funcionamiento de la planta (temporada alta y temporada baja) para dimensionar a partir de los resultados más desfavorables.

Para ello se han considerado los datos aportados por el fabricante del modelo escogido, el *Sanyo HIT195BE*, de la marca Sanyo. También se adjuntan los resultados del cálculo del área necesaria para la planta que se justificarán más adelante.

Parámetros	Dependen del fabricante	
	Datos de partida	
	Temporada alta	Temporada baja
Potencia instalada [kW]	75,6	42
Consumo eléctrico [kWh/día]	1.814	1.008
Consumo eléctrico C.S.=1,2 [kWh/día]	2.177	1.210
Rendimiento [%]	68,45%	68,45%
Consumo eléctrico total [kWh/día]	3.181	1.767
Voltaje instalación [V]	48	48
Corriente máxima [Ah/día]	66.267	36.815
Rendimiento módulo [%]	90%	90%
Intensidad máxima módulo [A]	3,53	3,53
Horas de Sol Pico (HSP) [h/día]	6,91	2,41
Corriente máxima módulo [ah/día]	21,95	7,65
Número de módulos en serie	1	1
Número de módulos en paralelo	3.018	4.812
Número total de módulos solares	3.018	4.812
Ángulo de inclinación (beta)[°]	38	38
Ancho panel	1,319	1,319
Alto panel	0,894	0,894
número paneles por placa	4	4
Distancia mínima entre paneles vertical	6,83	6,83
Distancia mínima entre paneles horizontal	1,91	1,91
Numero de agrupaciones	755	1.203
Area requerida m2	6.799	10.838

Tabla 10. Resultados dimensionamiento planta solar

Al observar los resultados obtenidos se llega a la conclusión que la época más desfavorable es la temporada baja, ya que es la que exige un mayor número de paneles solares para satisfacer la demanda energética.

En un principio estos resultados pueden parecer sorprendentes ya que la demanda energética en la temporada alta es mucho mayor que en la temporada baja. Pero este resultado se debe a la gran diferencia entre la irradiación solar entre la temporada alta y la baja (6,91 HSP vs 2,41 HSP)

De esta manera queda determinado el número de paneles solares necesarios para cubrir el objetivo de generación solar en 10.838 paneles solares fotovoltaicos. Que forman un total de 1.203 agrupaciones de placas.

Las especificaciones técnicas del modelo de panel escogido son las siguientes:

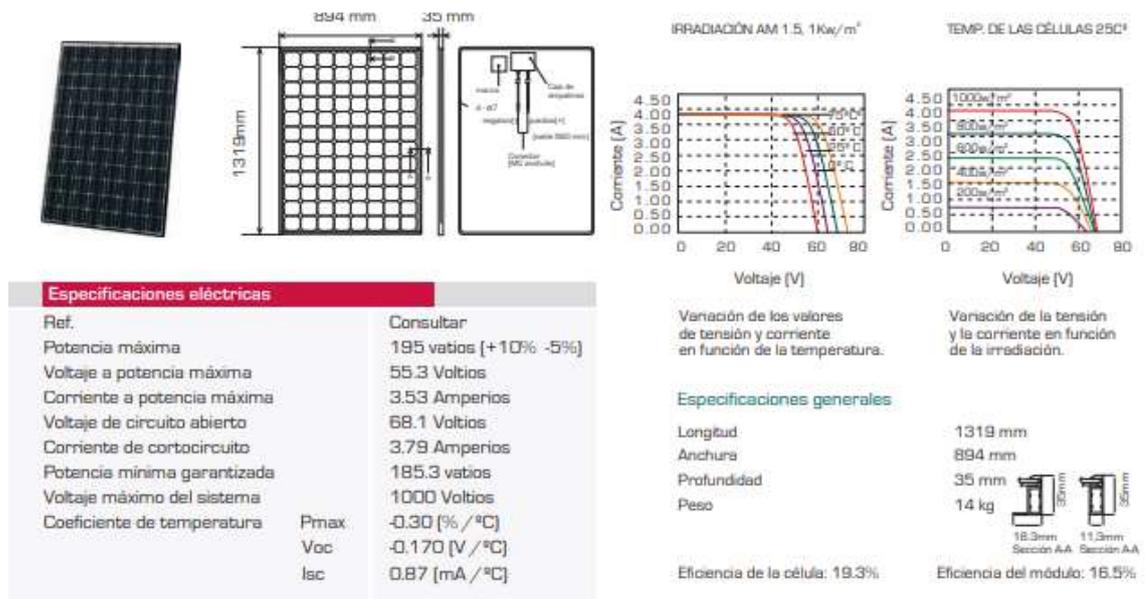


Ilustración 39. Especificaciones técnicas panel solar

5.2.2.7. ESPACIO REQUERIDO PARA LA INSTALACIÓN

La instalación de una central solar fotovoltaica requiere por lo general de un espacio bastante amplio. Por lo que, una vez conocidas las características físicas y eléctricas de los paneles a utilizar, se procede a estudiar la disposición óptima de los mismos.

Se ha considerado que los paneles se agruparán de cuatro en cuatro para optimizar el espacio utilizado y minimizar el número de apoyos utilizado.

Finalmente, hay que determinar la distancia entre paneles. Cabe señalar la importancia de esta disposición, ya que, al tratarse de paneles solares, la distribución de paneles ha de ser tal que las sombras producidas por las placas puedan reducir la irradiación solar que ellos mismos reciben. Es decir, se debe evitar que los paneles se den sombra unos a otros.

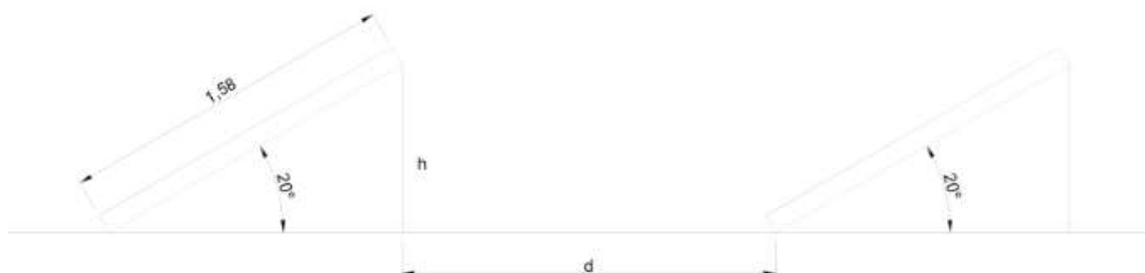


Ilustración 40. Ejemplo distancia entre paneles solares

$$D = 2 l \cos \beta$$

- D : Es la distancia entre paneles. $D = d + l \cos \beta$
- l : Altura del panel
- β : Ángulo de inclinación

Al agruparse los paneles en grupos de cuatro, se hará siguiendo una distribución de 2x2. El área total abarcada por la planta solar se calcula como:

$$\text{Área} = n^{\circ} \text{agrup} * (\text{ancho panel} + \text{distancia horizontal}) * \text{distancia vertical}$$

Parámetros	T. Alta	T. Baja
Ángulo de inclinación (beta)[°]	38	38
Ancho panel	1,319	1,319
Alto panel	0,894	0,894
número paneles por placa	4	4
Distancia mínima entre paneles vertical	6,83	6,83
Distancia mínima entre paneles horizontal	1,91	1,91
Numero de agrupaciones	755	1.203
Area requerida m2	16.644	26.535

Tabla 11. Resultados cálculo de superficie ocupada por la central solar

Finalmente se establece que el área necesaria para la instalación del sistema de generación solar requiere de 26.535 m².

5.3.SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

5.3.1. INTRODUCCIÓN

Como se ha explicado anteriormente, para poder subsanar los defectos propios de las energías renovables, véase imposibilidad de determinar de manera completamente libre la generación eléctrica, se ha decidido complementar las instalaciones generadoras con un sistema de almacenamiento que dote de versatilidad a la alimentación eléctrica de la EDAR.

Dado que es el área del proyecto que va a suponer una mayor inversión económica, el estudio del mercado va a ser fundamental para la elección de la batería. La elección de la batería se ha realizado teniendo siempre en cuenta los siguientes tres puntos:

- Duración de la batería. El desarrollo del proyecto está diseñado a través de un plan de amortización a 25 años, por tanto, la vida útil de las baterías ha de ser muy prolongada.

- La capacidad. Una alta capacidad reducirá el número de baterías necesarias. Y, aunque encarezca el precio de las mismas, a la larga supondrá una menor inversión.
- El coste económico. Finalmente, teniendo siempre en cuenta la rentabilidad del proyecto, se tratará de elegir la opción que suponga un menor esfuerzo económico.

Para abastecer sistemas independientes de la red eléctrica existen diversos tipos de baterías que varían sus características según el tipo de instalación y la vida útil de la misma. Los principales tipos son:

– Baterías de plomo:

Este tipo de baterías son las más comunes en los sistemas solares y eólicos, el funcionamiento es similar al de las baterías utilizadas en el mundo automovilístico. La principal diferencia es el tiempo de almacenamiento que proporcionan, que es mucho más elevado y el nivel de descarga suele ser más bajo.

Son baterías de uso cíclico, es decir, se cargan y descargan diariamente. La tensión de funcionamiento puede ser de 6V, 12V o incluso superior para aplicaciones más específicas. La vida útil de estas baterías es muy larga, llega a superar los 25 años.

– Baterías líquidas:

Son las más antiguas y desarrolladas, y, por tanto, las más económicas. Exigen muy poco mantenimiento. Pese a estas ventajas su vida útil no es muy prolongada (400 ciclos).

– Baterías VRLA (Valve Regulated Lead Acid battery)

VRLA son las siglas de Valve Regulated Lead Acid, lo que significa que la batería es hermética. Habrá escape de gas en las válvulas de seguridad únicamente en caso de sobrecarga o de algún fallo de los componentes. Las baterías VRLA son muy resistentes a los escapes excepcionales y se pueden utilizar en todas las posiciones. Las baterías VRLA no requieren ningún tipo de mantenimiento. (Alberi)

- AGM (Absorbent Glass Mat): En estas baterías, el electrolito se absorbe por capilaridad en una estera en fibra de vidrio situada entre las placas. Las baterías AGM resultan más adecuadas para suministrar corrientes muy elevadas durante períodos cortos (arranque) que las baterías de Gel. (Alberi)
- Gel: En este tipo de baterías, el electrolito se inmoviliza en forma de gel. Las baterías de Gel tienen por lo general una mayor duración de vida y una mejor capacidad de ciclos que las baterías AGM (Alberi)

– Baterías estacionarias

Estas baterías están diseñadas para un uso diario prolongado y permiten ciclos de carga muy prolongados. Gozan también de una vida útil muy prolongada (alrededor de 25 años). Existen dos tipos:

- OPZS: Modelo clásico, más económico y extendido.
- OPZV: Se trata de un modelo gelificado.

Para el sistema de almacenamiento del presente proyecto, se ha optado por la implementación de baterías estacionarias OPzS, ya que son las que mejor se adaptan a las características de la estación depuradora dentro de unas limitaciones económicas.

5.3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Para diseñar el sistema de almacenamiento de energía de los grupos generadores, se parte del consumo eléctrico en MWh/día. Como dato se considera el establecido para la temporada alta, ya que es más elevado, y por tanto, más restrictivo.

Parámetros	Temporada Alta	Temporada Baja
Potencia instalada necesaria [kW]	378	210
Consumo diario [MWh]	9072	5040

Tabla 12. Consumo diario EDAR Santa Eulalia

El parámetro más importante a la hora de elegir una batería es su capacidad. La capacidad mínima que requieren las baterías de la instalación se calcula de la siguiente manera:

$$C_{Bat} \geq \frac{C_{max} D_{aut}}{P_d}$$

- C_{Bat} [ah]: Capacidad nominal de la batería
- C_{max} [a h/día] : Capacidad máxima de la instalación

La capacidad máxima de la instalación se determina de la siguiente manera:

$$C_{max} = \frac{Consumo_{max}/día}{V_{instalación}}$$

- D_{aut} : Días de autonomía de la central
- P_d : Profundidad de descarga

De esta manera se puede determinar el valor mínimo de capacidad que exige la instalación del sistema de almacenamiento.

Una vez determinada la capacidad de la instalación se procede a calcular el número de baterías necesarias para abastecer el sistema. Para ello, se aplicará la siguiente fórmula.

$$N_{total} = N_{serie} + N_{paralelo}$$

- N_{total} = Número total de baterías necesarias
- N_{serie} = Número de baterías en serie necesarias
- N_{total} = Número de baterías en paralelo necesarias

- Conexión en paralelo

$$N_{paralelo} \geq \frac{C_{planta}}{C_{bateria}}$$

- Conexión en paralelo

$$N_{serie} \geq \frac{V_{planta}}{V_{bateria}}$$

El modelo elegido ha sido el Midac OPzS 4703Ah (C100) ya que su elevada capacidad permitirá reducir ostensiblemente el número de baterías a instalar.

Siendo los resultados obtenidos los siguientes:

Parámetros	Resultados
Potencia Instalada [kW]	378
Tension [V]	48
Consumo diario [kWh]	9.072
Rendimiento	0,69
Consumo total [kWh]	13.236
Corriente diario máximo	275.751
Capacidad total necesaria	1.838.343
Capacidad nominal bateria	4.703
Tension nominal bateria	12
Baterias en serie	4
Baterias en paralelo	391
Baterías totales	395

Tabla 13. Resultados del cálculo de baterías

6. CAPÍTULO 6. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

Toda vez que ya se ha determinado la elección de los diferentes elementos que formarán las plantas de generación de la EDAR de Santa Eulalia se procede a realizar el estudio económico del proyecto para determinar la viabilidad económica del mismo.

La viabilidad económica del proyecto se examinará en base a dos indicadores financieros diferentes, el TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto) a 25 años vista.

6.1. INVERSIÓN

6.1.1. INSTALACIÓN EÓLICA

Resultados	
Potencia por generador [kW]	310,76
Área de barrido [m2]	2.198
Altura del buje	60
Potencia nominal [kW]	800
nº aerogeneradores	1
Coste total [€]	450.000

Tabla 14. Costes Instalación Eólica

6.1.2. INSTALACIÓN SOLAR

Parámetros	Resultados
Tensión nominal [V]	55,30
Intensidad nominal [A]	3,53
Rendimiento	0,90
Ancho [m]	1,32
Alto [m]	0,89
Módulos por placa	4
Precio módulo [€]	150
nº módulos	4.812
área [m2]	26.535
Coste total [€]	721.800

Tabla 15. Costes Instalación Solar

6.1.3. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Parámetros	Resultados
Tension [V]	12
Capacidad [a h]	4.703
Precio [€]	6.367
nº	395
Coste Total [€]	2.515.103

Tabla 16. Coste sistemas de almacenamiento

6.1.4. RESULTADOS TOTALES

Parámetros	Resultados	
Solar [€]	721.800	20%
Eólica [€]	450.000	12%
Baterías [€]	2.515.103	68%
TOTAL [€]	3.686.903	

Tabla 17. Costes totales

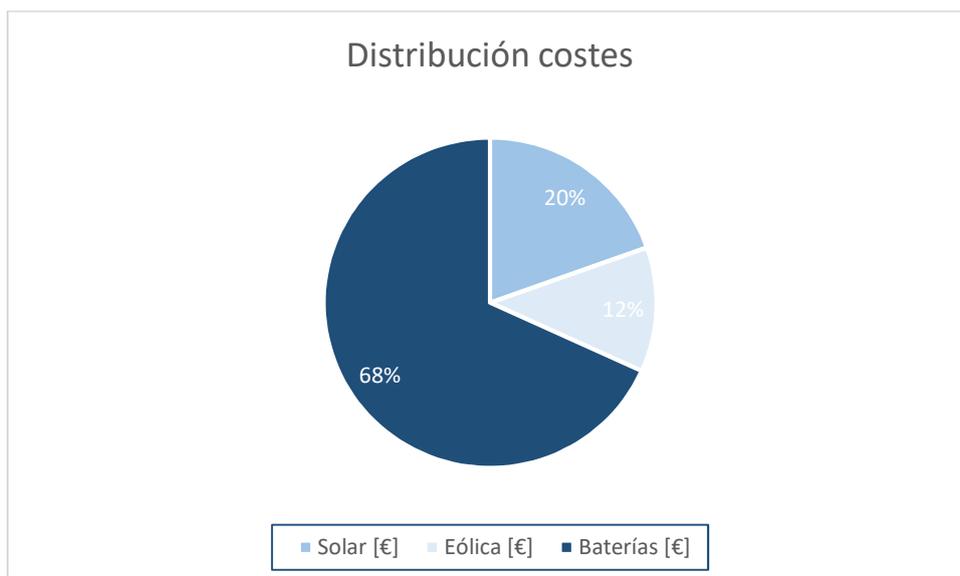


Ilustración 41. Distribución de costes

6.1.5. RESULTADOS TOTALES

Una vez conocidos los costes de inversión de las centrales generadoras, queda realizar un estudio económico del proyecto que determine su viabilidad.

Además de conocer la inversión realizada para desarrollar el proyecto se tienen en cuenta una serie de factores extra:

- Impuesto de sociedades
 - o Se ha considerado un tipo reducido del 15%
- Gastos de mantenimiento
 - o Se ha considerado 4€/MWh
- Gastos de administración
 - o Se ha considerado un 4%
- Terreno
 - o Se ha considerado un precio de 1000€ por m²
- Inflación
 - o Se ha considerado una inflación del 2%
- Primas
 - o 25€ /MWh
- Precio MWh
 - o El precio del MWh se ha considerado al precio medio anual (60,25 €/MWh)
- Seguro
 - o Se ha considerado un seguro de 10 € por placa y 250€ por aerogenerador

6.1.6. VIABILIDAD ECONÓMICA

- VAN: El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable. (Esan)

$VAN < 0$ el proyecto no es rentable. Cuando la inversión es mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) significa que no se satisface la TD.

$VAN = 0$ el proyecto es rentable, porque ya está incorporado ganancia de la TD. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) se ha cumplido con la TD.

$VAN > 0$ el proyecto es rentable. Cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN mayor a 0) se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional.

- TIR: Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Gen	MWh	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Acum	
Precio Pool	€/ MWh		60,25	61,46	62,68	63,94	65,22	66,52	67,85	69,21	70,59	72,00	73,44	74,91	76,41	77,94	79,50	81,09	82,71	84,36	86,05	87,77	89,53	91,32	93,15	95,01	96,91		
Prima	€/ MWh		25,25	25,12	25,00	24,87	24,75	24,63	24,50	24,38	24,26	24,14	24,02	23,90	23,78	23,66	23,54	23,42	23,30	23,19	23,07	22,96	22,84	22,73	22,61	22,50	22,39		
Ingresos gen	k€		274,3	277,8	281,3	284,9	288,7	292,4	296,3	300,3	304,3	308,5	312,7	317,0	321,4	326,0	330,6	335,3	340,1	345,1	350,1	355,3	360,5	365,9	371,4	377,0	382,8		
Seguros	k€		48,4	49,8	51,3	52,9	54,4	56,1	57,8	59,5	61,3	63,1	65,0	67,0	69,0	71,0	73,2	75,4	77,6	79,9	82,3	84,8	87,4	90,0	92,7	95,5	98,3		
Terrenos	k€		1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2		
Manten	k€		12,8	13,1	13,4	13,6	13,9	14,2	14,5	14,7	15,0	15,3	15,6	16,0	16,3	16,6	16,9	17,3	17,6	18,0	18,3	18,7	19,1	19,5	19,8	20,2	20,6		
Admin	k€		8,5	8,7	9,0	9,2	9,5	9,8	10,0	10,3	10,6	10,9	11,2	11,6	11,9	12,2	12,6	13,0	13,4	13,7	14,1	14,6	15,0	15,4	15,9	16,3	16,8		
Marg bruto	k€		203,5	205,0	206,5	208,0	209,6	211,2	212,8	214,4	216,0	217,7	219,3	221,0	222,7	224,5	226,2	228,0	229,8	231,6	233,4	235,3	237,1	239,0	240,9	242,8	244,7		
Amort	k€		295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	147,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	3.701,9
BAIT	k€		-91,4	-89,9	-88,4	-86,9	-85,4	-83,8	-82,2	-80,6	-79,0	-77,3	-75,6	-73,9	75,3	224,5	226,2	228,0	229,8	231,6	233,4	235,3	236,1	237,0	237,9	238,8	239,7		
Res finanz	k€		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BAT	k€		-91,4	-89,9	-88,4	-86,9	-85,4	-83,8	-82,2	-80,6	-79,0	-77,3	-75,6	-73,9	75,3	224,5	226,2	228,0	229,8	231,6	233,4	235,3	236,1	237,0	237,9	238,8	239,7		
Impuestos	k€		-13,7	-13,5	-13,3	-13,0	-12,8	-12,6	-12,3	-12,1	-11,8	-11,6	-11,3	-11,1	11,3	33,7	33,9	34,2	34,5	34,7	35,0	35,3	35,4	35,6	35,7	35,8	36,0	281,9	
BN	k€		-77,7	-76,4	-75,2	-73,9	-72,6	-71,2	-69,9	-68,5	-67,1	-65,7	-64,3	-62,8	64,0	190,8	192,3	193,8	195,3	196,9	198,4	200,0	200,7	201,5	202,2	203,0	203,8		
Amort	k€		295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	147,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	3.701,9	
Desemb	k€		3.686,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3.686,9
CF	k€		-3.686,9	217,3	218,5	219,8	221,1	222,4	223,7	225,1	226,5	227,8	229,2	230,7	232,1	211,4	190,8	192,3	193,8	195,3	196,9	198,4	200,0	201,7	203,5	205,2	207,0	208,8	1.612,3
CF Acum	k€		-3.687	-3.470	-3.251	-3.031	-2.810	-2.588	-2.364	-2.139	-1.913	-1.685	-1.456	-1.225	-993	-781	-590	-398	-204	-9	188	386	586	788	991	1.197	1.404	1.612	

disTabla 18. Calculos economicos

VAN	475
TIR	3,1%

Tabla 19. Resultados VAN y TIR

Como se desprende de los resultados marcados por los indicadores financieros, la inversión sí es rentable. El proyecto comienza a ser rentable a partir del 18 año.

El VAN marca una tasa de retorno a los 25 años de 475 k€, lo cual indica la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, el TIR ofrece un resultado que invita menos a la inversión ya que la tasa de retorno establecida es baja.

Pese a las dudas que puede ofrecer el TIR, teniendo en cuenta los resultados ofrecidos por el VAN, el gran impacto que tendría en el municipio de Santa Eulalia del Río y el empujón que supone al desarrollo tanto de las energías eólica y solar como a los sistemas de almacenamiento que las dan soporte se considera que la inversión es altamente recomendable.

7. CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

El proyecto “Generación eléctrica para una EDAR a través de energías renovables” tiene como objetivo la conjugación de dos medios como son el tratamiento de aguas residuales y el desarrollo de energías limpias que comparten un mismo fin. Avanzar en la dirección que permita al ser humano caminar por la senda de un desarrollo sostenible.

A su vez, este proyecto trata de establecer la manera en la que las plantas depuradoras puedan alcanzar una autosuficiencia energética real.

Como resultado del mismo, se ha podido establecer la viabilidad de proyectos de este calibre, así como su rentabilidad, hechos que ponen de manifiesto que las energías renovables son a día de hoy prácticamente una realidad.

También se ha comprobado como el mayor hándicap que tienen las energías renovables es su imprevisibilidad. La necesidad de paliar esta imposibilidad de control de la generación requiere de la instalación de sistemas de almacenamiento que, a día de hoy, siguen siendo teniendo un precio tremendamente elevado.

Pese a los problemas que aún arrastran las energías renovables, el impulso de proyectos de estas características es muy importante para que estas den el paso adelante definitivo que aún les falta.

8. CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA

- **Acceso a Datos de Radiación Solar en España (ADRASE),** *Mapa de Radiación peninsular*
<http://www.adrase.com/>
- **Ajuntament de Santa Eularia des Riu,** *ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LOS ISLOTES DEL MUNICIPIO DE SANTA EULÀRIA DES RIU*
<http://www.santaeulalia.net/images/Noticias/ANALISIS Y DIAGNOSTICO ISLOTES DE SANTA EULARIA.compressed.pdf>
- **Albadalejo Ruiz, Arturo, Martínez Muro, Juan Luis, Santos Asens, José María,** *Parametrización del consumo energético en las depuradoras de aguas residuales urbanas de la Comunidad Valenciana*
- **Alberi,** *Tecnología VRLA* <http://www.alberi.biz/vrla.html>
- **Alianza por el agua,** *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas*
<http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>
- **Asociación Eólica de Catalunya,** *mapas eólicos* <http://eoliccat.net/?lang=es>
- **Asociación Eólica Española (AEE),** *Mapa eólico* <https://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/mapa-eolico>
- **Asociación Eólica Española (AEE),** *Potencia Instalada* <https://www.aeeolica.org/es/sobre-la-eolica/la-eolica-espana/potencia-instalada-y-generacion>
- **Boletín Oficial del Estado (BOE),** *Resolución de 7 de abril de 2014, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto Remodelación de la estación depuradora de aguas residuales de Santa Eulària des Riu (Ibiza)*
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-4315
- **Bp.** 2016, 2017, 2018. *BP Statistical Review of World Energy.* Informe
- **Chamorro, Jorge,** *iagua, Depuración para principiantes II: Diseño de la obra de llegada.*
- **ClickRenovables,** *Velocidad del viento mínima para una instalación eólica en tres pasos*
<http://clickrenovables.com/blog/velocidad-del-viento-minima-instalacion-eolica-3-pasos/>
- **Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori. Direcció General de Recursos Hídrics, Govern de les Illes Balears,** *Plan Hidrológico de les Illes Balears*
<https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST259Z1162259&id=162259>
- **Cyclusid,** *Tipología de aguas residuales.* <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tipologias/>
- **Cyclusid,** *Tratamiento Primario.* <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-primario/>
- **Cyclusid,** *Tratamiento Secundario.* <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/>

- **Cyclusid**, *Tratamiento Terciario*. <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-terciario/>
- **Deltavolt**, *Baterías para Sistemas Solares y Eólicos* <https://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>
- **DL2G**, *Campus de la energía, Factores Influyentes en la Selección del Emplazamiento de un Parque Eólico* <http://www.campusenergia.com/blog/item/427-factores-influyentes-en-la-selecci%C3%B3n-del-emplazamiento-de-un-parque-e%C3%B3lico>
- **Eco-huella**, *CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*
- **Economía de la energía**, *Energía Eólica* <http://www.economiadelaenergia.com/energia-eolica/>
- **Fernández Varga, Sebastian**, *DISEÑO E INDUSTRIALIZACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 2 KW INTEGRADO EN VIVIENDAS PREFABRICADAS* <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4830/fichero/Definiciones.pdf>
- **Ferrer Abárzuza, Antoni**, *Ajuntament de Santa Eularia des Riu, Historia del Municipio* <http://www.santaeulalia.net/index.php/es/municipio/historia-del-municipio>
- **Ferrer Torregrosa, Carlos, Olivas Masip, Estela, Chiva Mengod, Beatriz, Cabedo Oliver, José Manuel, García Ventoso, Mairena, Basiero Sichet, José Antonio**, *Análisis energético de los procesos de una EDAR* <http://www.ingenieriadelaagua.com/2004/JIA/Jia2009/fs/MO03rev.pdf>
- **Foro-Ciudad**, *Demografía de Santa Eularia des Riu* <https://www.foro-ciudad.com/islas-baleares/santa-eulalia-des-riu/habitantes.html>
- **Gálvez Román, Raquel**, *DISEÑO Y CÁLCULO PRELIMINAR DE LA TORRE DE UN AEROGENERADOR* https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12046/PFC_Raquel_Galvez_Roman_2005.pdf
- **Gestión del Agua y Saneamiento Sostenible (GASS)**, *Tópicos Específicos*. <http://archive.sswm.info/es/category/step-gass-en-al/gass-en-castellano>
- **González, Roberto**, *twenergy, ¿CÓMO SE ELIGE LA MEJOR ZONA PARA INSTALAR MOLINOS DE VIENTO?* <https://twenergy.com/a/como-se-elige-la-mejor-zona-para-instalar-molinos-de-viento-1469>
- **HMSistema**, *Hora Solar Pico (HSP)* http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora_hsp.php
<http://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2860>
- https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/88080/50595053_TFG_14999509214781675799799297033887.pdf?sequence=2
<https://www.eco-huella.com/2014/09/consumo-energetico-EDAR.html>
<https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro>
- **Informe de viabilidad del anteproyecto “REMODELACIÓN DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE SANTA EULALIA. T.M. SANTA EULALIA (ISLA DE IBIZA)”**
- **Instituto Balear de Estadística (IBESTAT)**, *Municipio en cifras: Santa Eularia del Río* <https://ibestat.caib.es/ibestat/estadistiques/municipi-xifres/07054/Santa%20Eul%20lia%20del%20Riu>

- **Instituto Nacional de Estadística (INE), 2017, Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero**
- **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Atlas Eólico, Gobierno de España**
- **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Estudio de perspectiva: Consumo energético en el sector del agua, Gobierno de España**
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Estudio_de_prospectiva_Consumo_Energetico_en_el_sector_del_agua_2010_020f8db6.pdf
- **La enciclopedia de ciencias y tecnologías en Argentina (CYT), Irradiación Solar, https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Irradiaci%C3%B3n_solar**
- **Mas Ortega, Juan Guillermo, Análisis coste/beneficio aplicado a los procesos de depuración y reutilización <https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/tfm10/tfm10-guillermo-mas-ortega.pdf>**
- **MHEducation, Componentes de un sistema solar Fotovoltaico <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448614488.pdf>**
- **Ministerio de Vivienda, Ordenación Territorial y Medio Ambiente (MOVOTMA), Uruguay, Indicadores Medioambientales, Demanda Biológica de Oxígeno. https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/oan-demanda-bioquimica-de-oxigeno/**
- **Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE), Informe de precios 2017 http://www.omie.es/files/informe_precios_omie_2017.pdf**
- **Saleal, Línea de fangos. http://www.saleal.es/EDAR/Datos_Tecnicos/Linea_de_Fangos/**
- **SC.EHU, Curso interactivo de física en internet, Función de Distribución de Weibull <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/datos/viento/estadistica.html>**
- **Tubosolar, <https://tubosolar.net/guia-energia-fotovoltaica/>**
- **Tutienda energética, Baterías estacionarias: diferencias entre OPzS y OPzV https://www.tutiendaenergetica.es/blog/23_baterias-estacionarias-diferencias-entre-opzs**
- **Universidad Pontificia de Comillas (ICAI). 2017. Ingeniería y Desarrollo Sostenible. Tema 2, Contaminación del agua**
- **Universidad Pontificia de Comillas (ICAI). 2017. Ingeniería y Desarrollo Sostenible. Tema 3, Contaminación atmosférica**
- **Universidad Pontificia de Comillas (ICAI). 2017. Ingeniería y Desarrollo Sostenible. Tema 5, Energías Renovables**
- **Ventrat, Plantas Residuales. <http://www.ventrat.com/pag/plantas/residuales.html>**

i **DOCUMENTO II ANEXOS**

En el documento de anexos se presentan tanto los catálogos de los elementos de la instalación, así como el informe oficial de viabilidad del proyecto de remodelación de la EDAR de Santa Eulalia del Río en el que se incluyen todas las características técnicas de la planta depuradora

INFORME DE VIABILIDAD DEL ANTEPROYECTO “REMODELACIÓN DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE SANTA EULALIA. T.M. SANTA EULALIA (ISLA DE IBIZA)”

PREVISTO EN EL ARTÍCULO 46.5 DE LA LEY DE AGUAS

(según lo contemplado en la Ley 11/2005, de 22 de Junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional)

DATOS BÁSICOS

Título de la actuación: Remodelación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Eulalia.
T.M. Santa Eulalia (Isla de Ibiza)

Clave de la actuación: 11.307-0460/2101

En caso de ser un grupo de proyectos, título y clave de los proyectos individuales que lo forman:

Municipios en los que se localizan las obras que forman la actuación:

Municipio	Provincia	Comunidad Autónoma
Santa Eularia del Riu	-	Islas Baleares

Organismo que presenta el Informe de Viabilidad: Dirección General del Agua

Nombre y apellidos persona de contacto	Dirección	e-mail (pueden indicarse más de uno)	Teléfono	Fax
Gema Torres Sánchez	Pza San Juan de la Cruz s/n 28071 Madrid	gtorres@magrama.es	915975738	915976196

Organismo que ejecutará la actuación (en caso de ser distinto del que emite el informe):

1. OBJETIVOS DE LA ACTUACIÓN.

Se describirá a continuación, de forma sucinta, la situación de partida, los problemas detectados y las necesidades que se pretenden satisfacer con la actuación, detallándose los principales objetivos a cumplir.

1. Problemas existentes (señalar los que justifiquen la actuación)

- a. El colector general tiene pendiente nula que provocan fuertes olores y reboses en los pozos de registro.
- b. El caudal que entra en la actual EDAR es muy superior al caudal de diseño con el empeoramiento de la calidad del efluente.
- c. Los equipos mecánicos presentan un cierto grado de deterioro, en especial los aceros que se encuentra en bastante mal estado.

2. Objetivos perseguidos (señalar los que se traten de conseguir con la actuación)

- a. El agua tratada a la salida del tratamiento biológico deberá cumplir con lo marcado en la Directiva 91/271/CEE y el Plan Hidrológico de las Islas Baleares.
- b. El fango obtenido deberá tener una sequedad superior o igual al 25 % y un porcentaje de volátiles en fangos estabilizados inferior al 40 %.

2. ADECUACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA ACTUACIÓN A LO ESTABLECIDO POR LA LEGISLACIÓN Y LOS PLANES Y PROGRAMAS VIGENTES

Se realizará a continuación un análisis de la coherencia de los objetivos concretos de la actuación (descritos en 1) con los que establece la legislación y la planificación vigente.

En concreto, conteste a las cuestiones siguientes, justificando, en todo caso, la respuesta elegida (si así se considera necesario, puede indicarse, en cada cuestión, más de una respuesta) :

1. La actuación se va a prever:
- a) En el Plan Hidrológico de la Demarcación a la que pertenece
 - b) En una Ley específica (distinta a la de aprobación del Plan)
 - c) En un Real Decreto específico
 - d) Otros (indicar)

Justificar la respuesta: Esta actuación es declarada de interés general por la Ley 26/2009, de 23 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para 2010. Está incluido, además, en el Anexo II del Protocolo General entre el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Gobierno de las Islas Baleares, por el que se fija el marco general de colaboración en el ámbito del saneamiento y la depuración para la ejecución del Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y depuración 2007-2015.

2. La actuación contribuye fundamentalmente a la mejora del estado de las masas de agua
- a) Continentales
 - b) De transición
 - c) Costeras
 - d) Subterráneas
 - e) No influye significativamente en el estado de las masas de agua
 - f) Empeora el estado de las masas de agua

Justificar la respuesta: El vertido de las aguas depuradas se realizará en el mar mediante una conducción submarina existente.

3. ¿La actuación contribuye a incrementar la disponibilidad y/o la regulación de los recursos hídricos?
- a) Mucho
 - b) Algo
 - c) Poco
 - d) Nada

Justificar la respuesta: La EDAR dispone de tratamiento terciario por lo que en caso de demanda se puede reutilizar el agua tratada.

4. ¿La actuación contribuye a una utilización más eficiente del agua (reducción de los m³ de agua consumida por persona y día o de los m³ de agua consumida por euro producido)?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

Justificar la respuesta: En el caso de reutilización de las aguas depuradas se puede reducir el consumo de otras fuentes de mayor coste.

5. ¿La actuación reduce las afecciones negativas a la calidad de las aguas por reducción de vertidos o deterioro de la calidad del agua?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

Justificar la respuesta: Este es el objetivo de la actuación: que el vertido cumpla con los límites establecidos en la Directiva 91/271/CEE y en el Plan Hidrológico de Cuenca de las Islas Baleares.

6. ¿La actuación disminuye los efectos asociados a las inundaciones?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

Justificar la respuesta: Al actuar sobre el colector general aumentado la pendiente evita los reboses que se producen en la actualidad en los pozos de registro en aquellos tramos de pendiente nula.

7. ¿La actuación contribuye a la conservación y gestión sostenible de los dominios públicos terrestres hidráulicos y de los marítimo-terrestres?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

Justificar la respuesta: Esta actuación mejora la calidad del vertido en el mar, eliminando las afecciones correspondientes en la gestión del dominio público marítimo-terrestre.

8. La actuación colabora en la asignación de las aguas de mejor calidad al abastecimiento de población?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

Justificar la respuesta: En el caso de reutilización de las aguas estas se emplearían para el riego, permitiendo que las fuentes que se emplean en la actualidad para este uso, de mejor calidad, se destinen al abastecimiento de población.

9. ¿La actuación contribuye a la mejora de la seguridad en el sistema (seguridad en presas, reducción de daños por catástrofe, etc)?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

Justificar la respuesta: El tratamiento de las aguas residuales evita que se produzcan daños ambientales en el medio receptor. En este caso, en la pradera de Posidonea Oceánica existente.

10. ¿La actuación contribuye al mantenimiento del caudal ecológico?

- a) Mucho
- b) Algo
- c) Poco
- d) Nada

Justificar la respuesta: No está relacionada esta actuación con el mantenimiento de un caudal ecológico en un río.

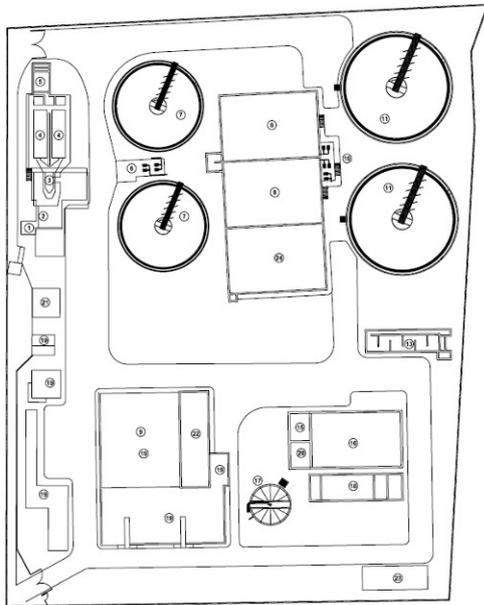
3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

La actuación se localiza en el término municipal de Santa Eulària del Riu en la isla de Ibiza:



El objeto de este proyecto es la remodelación y ampliación de la capacidad de carga la Estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR), mejora de la calidad del agua depurada y la sustitución del tramo final de entrada del colector de aguas residuales de Es Canar.

Plano 1: Estado actual de la EDAR de Santa Eulalia



Plano 2: Proyecto de remodelación de la EDAR de Santa Eulalia



Se proyecta un pretratamiento totalmente nuevo formado por un bombeo de agua bruta, desbaste de materiales finos (inf. 3 mm) con tamices automáticos y desarenado-desengrase en dos unidades rectangulares.

Un tratamiento primario con un decantador lamelar con recirculación de fangos que incluye un eventual tratamiento físico-químico. Este tipo de decantador incorpora un espesador situado bajo las lamelas.

El reactor biológico diseñado permite trabajar todo el año en oxidación prolongada si bien es cierto que durante la temporada alta se utilizará el tratamiento primario y durante la temporada baja no, entrándose directamente al reactor biológico desde el pretratamiento.

La decantación secundaria es también nueva en dos unidades reubicadas, de 26m de diámetro la unidad.

Se incluye una estabilización aerobia para los fangos primarios extraídos del decantador lamelar en temporada alta. Los fangos en exceso purgados del tratamiento biológico tanto en temporada alta como en temporada baja, se envían directamente a un nuevo espesador de fangos al tener en ambos casos edades del fango superiores a 18 días. Los fangos primarios digeridos se envían posteriormente al mismo espesador.

Finalmente se incluye una deshidratación de fangos por medio de centrífugas, con almacenamiento de fangos deshidratados en silo.

El tratamiento terciario mantiene el decantador lamelar y el filtro de arena

existentes. Las mejoras técnicas de las instalaciones proyectadas:

- By-pass general en la arqueta de entrada y con aislamiento por compuerta motorizada por flujos de avenida.
- Aumento del bombeo de agua residual bruta con (3+1) a 467 m³/h., reguladas con un diferencial de frecuencia y un medidor ultrasónico de nivel.
- Mayor desbaste de finos con 2 tamices autolimpiantes de 3 mm. de paso en canales de 0,90 m. ancho.
- Se incorpora la recogida de detritus en tornillo - prensa con posterior evacuación a contenedores protegidos de la lluvia e insolación. Instalación que facilita el acceso a la recogida por transportista autorizado.
- Desarenado y desengrasado con dos líneas de mayor tamaño, de 3 x 12 m². Aireación con soplantes de 288 m³/h. y 36 difusores por línea. Clasificación de las arenas tipo tornillo, para una capacidad de 40 m³/h.
- Nuevo concentrador de grasas de 1,5 x 2,0 m. en recinto metálico más amplio.
- Instalación de arqueta de mezcla rápida de 2,0 x 2,0 m².
- El decantador lamelar de 4,50 x 4,50 x 5,4 dispondrá de floculación para reducir el bulking y una zona de decantación de 8,0 x 8,5.
- Nueva instalación acondicionada y aislada para el almacenamiento y la dosificación de cloruro férrico y polielectrolito en Físico-Químico.
- Nuevo espesador de fangos primarios de mayor diámetro (10 m).
- Recirculación de fangos primarios con 2 bombas horizontales centrífugas de 255 m³/h a 8 m.c.a. (instalación actual de 4 bombas de 160 m³/h).
- Incluye purgado de fangos primarios con 2 bombas horizontales centrífugas de 10 m³/h a 10 m.c.a.
- Tratamiento biológico en dos líneas con un volumen total de 8.996 m³ (volumen 400% superior al actual), con una zona anóxica del 25%.
- 4 agitadores en zonas anóxicas y 4 agitadores en pasillos de aireación. Todos ellos de 2,8 kw.
- Sistema de aireación con 2.352 difusores de membranas de 9" y soplantes trilobulares. La regulación de aire se realiza con un variador de frecuencia y un medidor de caudal de aire con

válvula reguladora.

- Redistribución de la decantación secundaria en dos nuevas unidades circulares de rasquetas de 26 m. de diámetro y 4,00 m de altura recta. (Instalación inicial a demoler de 2 unidades de 22 m de diámetro y 2.5 m de altura)
- Tamizado de fangos primarios en una unidad con paso de 3 mm.

- Nuevo digestor aeróbico de fangos primarios en temporada alta en una cuba unitaria de 1.941 m³. Tiene sistema de aireación con 1.008 difusores de membranas de 9" y 1 soplante trilobulares, con una capacidad de sedimentación de 2.000 m³/h.
- Recirculación externa de fangos con un variador de frecuencia y un medidor electromagnético de caudal.
- Recirculación interna de fangos.
- Bombeo de fangos en exceso a espesador con 2 bombas sumergibles de 20 m³/h. de caudal unitario.
- Bombeo de fangos primarios digeridos a espesamiento con 2 bombas sumergibles, regulado con un variador de frecuencia y un medidor electromagnético de caudal.
- Depósito de Espesamiento tampón para almacenamiento de fangos digeridos en una unidad circular por gravedad, con rasquetas, de 14 m. de diámetro (instalación inicial a demoler de 9 m de diámetro).
- Bombeo de los fangos espesados a deshidratación, con 3 bombas de tornillo, accionados con variadores de frecuencia al igual que las bombas dosificadoras de polielectrolito.
- Deshidratación mecánica por medio de 2 centrífugas.
- Acondicionamiento del fango por medio de un equipo compacto de preparación de polielectrolito de 1.500 l. y 2 bombas dosificadoras de 400 l./h.
- Impulsión de fangos a silo con 2 bombas de tornillo reguladas con variadores de frecuencia.
- Almacenamiento de fangos deshidratados biológicos, en un silo metálico de igual capacidad al inicial (40 m³).
- Se incorpora la desodorización por carbón activo en pretratamiento, espesamiento y deshidratación de fangos, para un caudal máximo de 15.000 m³/h.

La tubería de interconexión de la EDAR con la red de saneamiento procedente de Es Canar se realiza mediante colector de ARB que seguirá nuevo trazado próximo al margen izquierdo de la carretera de Es Canar y por suelo rústico general. Tiene una longitud de 792 m y se ejecuta en conducción de PVC de 500 mm de sección.

4. EFICACIA DE LA PROPUESTA TÉCNICA PARA LA CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS

1. Alternativas posibles para un análisis comparado de coste eficacia.

ALTERNATIVAS EDAR

- Alternativa 0:

La alternativa 0 describe la evolución esperable si no se lleva a cabo el proyecto actual. Considerando los datos actuales de las analíticas y las necesidades y proyecciones de población al futuro, así como los crecientes requisitos legales como la implementación de la DMA, la EDAR ha quedado ya obsoleta.

Los datos actuales ya han llegado a superar los 14.000 m³ diarios en agosto de 2011 y los 40.335 hab-eq. en 2012, pese a que el diseño original es para 8.000 diarios y 32.000 hab-eq anuales. Esto demuestra que pese a que los datos de las analíticas sean en la actualidad legalmente admisible, se demuestra que el vertido corre peligro de superar los límites, especialmente en verano, con baja capacidad de dilución y alta demanda por población turística.

La zona de vertido está considerada sensible por el criterio C, o sea por ser una zona de aguas costeras para baño e incorporar criterios microbiológicos y químicos. Actualmente la EDAR tiene en su fase final un tratamiento de cloración para la asegurar la eliminación de microorganismos, pero la estación no está diseñada actualmente para reducir el N o el P, tal y como sería deseable para este tipo de vertido en una zona de estas características.

Los impactos derivados de la no ejecución del proyecto de remodelación de la EDAR implican en un principio insuficiencias técnicas y más tarde, consecuencias graves sobre el entorno:

- Imposibilidad de cubrir la creciente demanda de la población de los núcleos servidos, especialmente durante la temporada alta
- Aumento del caudal derivado al emisario sin depurar
- Disminución de la calidad del agua
- Incumplimiento de requisitos legales de vertido y de aguas para baño
- Efectos negativos por olores debido a depuración insuficiente
- Disminución de recursos alternativos para riego y aumento de presión sobre acuíferos y torrentes.
- Riesgo de contaminación de acuíferos, pozos, arroyos y suelos agrícolas por falta de capacidad de depuración de la EDAR
- Efectos negativos sobre ecosistemas marinos y costeros por vertidos del emisario

Por todo ello, se puede considerar ambientalmente perjudicial la irrealización del proyecto pues los efectos ambientales son más graves que si se lleva a cabo cualquiera de las alternativas constructivas, debido precisamente a la esperable mejora a corto y más aún a largo plazo que proporciona la mayor capacidad de depuración, ya insuficiente hoy en día.

- Alternativa 1:

En esta alternativa se proyecta un pretratamiento totalmente nuevo formado por un bombeo de agua bruta, desbaste fino con tamices automáticos y desarenado-desengrase en dos unidades rectangulares.

A continuación se proyecta un tratamiento primario con un decantador lamelar con recirculación de fangos que incluye un eventual tratamiento físico-químico. Este tipo de decantador incorpora un espesador situado bajo las lamelas.

El reactor biológico diseñado permite trabajar todo el año en oxidación prolongada si bien es cierto que durante la temporada alta se utilizará el tratamiento primario y durante la temporada baja no, entrándose directamente al reactor biológico desde el pretratamiento.

La decantación secundaria es también nueva en dos unidades.

Se incluye una estabilización aerobia para los fangos primarios extraídos del decantador lamelar en temporada alta.

Los fangos en exceso purgados del tratamiento biológico tanto en temporada alta como en temporada baja, se envían directamente a un nuevo espesador de fangos al tener en ambos casos edades del fango superiores a 18 días. Los fangos primarios digeridos se envían posteriormente al mismo espesador.

Finalmente se incluye una deshidratación de fangos por medio de centrifugas, con almacenamiento de fangos deshidratados en silo.

El tratamiento terciario se mantiene.

- Alternativa 2:

Esta alternativa se desarrolla para aprovechar al máximo las instalaciones existentes.

El pretratamiento y el tratamiento primario son exactamente iguales al de la Alternativa 1, ubicándose en el mismo lugar.

El reactor biológico en esta alternativa lo constituyen las dos cubas existentes más la tercera cuba, que en la actualidad se está utilizando como cuba de estabilización aerobia. A estas tres cubas se le añaden unas zonas anóxicas en cabeza de manera que el volumen total asciende a 4.118 m³ con una anoxia del 24%. Con este volumen se trabaja a media carga todo el año si bien es cierto que durante la temporada alta se utilizará el tratamiento primario y durante la temporada baja no, entrándose directamente al reactor biológico desde el pretratamiento.

La decantación secundaria se resuelve con las dos unidades existentes y con la inclusión de una nueva igual a las existentes. Habida cuenta de las edades de fango de trabajo del reactor biológico, se hace necesario una estabilización aerobia para los fangos en exceso durante todo el año y para los fangos primarios extraídos del decantador lamelar en temporada alta.

Los fangos en exceso purgados del tratamiento biológico tanto en temporada alta como en temporada baja, se envían directamente a un nuevo espesador de fangos por flotación previo a la digestión.

Los fangos digeridos se envían posteriormente a un espesador/tampón de nueva construcción.

Finalmente se incluye una deshidratación de fangos por medio de centrífugas, con almacenamiento de fangos deshidratados en silo.

El tratamiento terciario se mantiene.

- Alternativa 3:

Esta alternativa se plantea a partir de la 1 pero planteando como objetivo la reducción de la Fase IV a su mínima expresión para superar la fase de tratamiento únicamente primario que pueda realizar vertidos excesivos para los umbrales exigidos por la legislación.

Sus características son las siguientes respecto a la alternativa 1:

- a) Mantener iguales las fases 1, 2 y 3.
- b) Dividir la fase 4 en diferentes subfases:
 - Realizar un bombeo provisional de recirculación para el decantador situado en la esquina de la parcela (Decantador actual 1 (DA1)), con impulsión provisional de recirculación hasta los nuevos reactores biológicos.
 - Efectuar conexiones entre el bombeo provisional y alimentación al DA1.
 - Demoler el decantador actual 2 (DA2), más cercano a la arqueta de salida, y la arqueta de reparto y recirculación actual (ARA).
 - Construir el decantador secundario futuro 2 (DF2), y la arqueta de reparto y recirculación futura (ARF).
 - Poner en funcionamiento el DF2 y la ARF, y demoler el DA1 y el bombeo provisional.
 - Construir el nuevo decantador secundario (DF1), y conectarlo a la nueva arqueta de reparo y recirculación.

Con esta solución, se elimina o disminuye el tiempo de funcionamiento con tratamiento primario, aunque se incrementa ligeramente el coste debido a las instalaciones provisionales necesarias (bombeo provisional, recirculación y alimentación al decantador), no contempladas en el proyecto inicial, por lo que deberán contemplarse y cuantificarse en el proyecto de licitación.

2. Comparativa de alternativas:

- Proceso:

Desde el punto de vista del proceso, la Alternativa 1 parece más fiable. Esto es debido básicamente al hecho de que en la Alternativa 2 se conservan los decantadores secundarios y estos tienen un calado en vertedero de 2,50 m., altura muy justa para conseguir unos buenos resultados. En el Anejo Nº 1 Dimensionamiento de el Estudio de Alternativas del proyecto, se encuentran calculados los decantadores de acuerdo a la normativa ATV.(A-131), donde puede observarse que con este calado se pueden obtener resultados aceptables con índices de saturación volumétricos (SVI) de 90 ml/gr. Este dato corresponde a un fango de un biológico que funciona bastante bien. Sin embargo, podrían darse ocasiones en las que por diversas causas aumentara en SVI por encima de 90, y entonces se tendrían problemas en la decantación secundaria con arrastre de flóculos al efluente.

En la Alternativa 1 y 3 el calado de los decantadores es de 4,00 m, lo que garantiza su correcto funcionamiento para SVI de 130 ml/gr. Como puede observarse la diferencia con la alternativa 3 es importante.

Por otro lado el hecho de no tener que digerir los fangos en exceso durante todo el año supone una gran ventaja, añadida al hecho de no tener espesamiento por flotación de estos fangos.

La calidad del efluente es parecida en ambos casos, con una cierta mejora en algunos parámetros en el caso de la Alternativa 1 y 3. En particular la DBO5 es claramente mejor en la Alternativa 1 y 3 y los S.S. también debido básicamente a los decantadores secundarios nuevos con mayor calado. El ciclo del nitrógeno es bastante parecido en ambas soluciones. No obstante se debe recordar que el proceso constructivo de la alternativa 3 permite funcionar con el secundario durante toda la fase constructiva, lo que no ocurre en la alternativa 1, por lo que esta diferencia resulta clave a la hora de comparar ambas entre sí.

Por lo tanto, desde el punto de vista del proceso se opta por la alternativa 3.

- **Explotación y mantenimiento:**

Se ha realizado un estudio económico de la explotación y mantenimiento de las 3 alternativas que se encuentra en el Anejo Nº 2 de este Estudio de Alternativas.

Para la realización de este estudio se ha considerado que la temporada alta tiene una duración de 10 semanas y las restantes 42 semanas son de temporada baja.

El caudal medio diario en temporada alta será en el año horizonte de 14.000 m³/día, mientras que en temporada baja será de

7.00 m³/día. En realidad en temporada baja el caudal medio diario ponderado puede ser algo diferente, pero para el objeto que se persigue con la comparación de alternativas, consideramos que puede ser válido.

La diferencia entre las 3 soluciones es muy pequeña, pero es importante significar que la oxidación prolongada es más económica. Además desde el punto de vista de la complejidad del mantenimiento, es menos complicada la Alternativa 1 al tener menos operaciones unitarias en funcionamiento.

Desde el punto de vista de la explotación y el mantenimiento las mejores opciones son las alternativas 1 y 3.

- **Inversiones:**

En el Anejo Nº 5 del proyecto de obra se han realizado las valoraciones de las obras correspondientes a las diferentes alternativas. La Alternativa 1 requiere más inversión que la 2, al no conservarse en la primera elementos existentes. Además la 3 aunque igual a la 1 en cuanto a instalaciones y explotación implica unos mayores costes para la construcción ya que se incrementa ligeramente el coste debido a las instalaciones provisionales necesarias (bombeo provisional, recirculación y alimentación al decantador), no contempladas en la alternativa 1, por lo que deberán contemplarse y cuantificarse en el proyecto de licitación. La diferencia en ejecución material corresponde casi en su totalidad a la obra civil, siendo los equipos muy parecidos incluso algo más económicos en la primera.

La alternativa 3 resulta la más económica de las planteadas.

Desde el punto de vista del proceso y de la explotación la Alternativa 3 es la más ventajosa, y aunque la inversión global de la Alternativa 3 es mayor que las Alternativas 1 y 2, la Alternativa 3 es más conveniente que las otras 2,

fundamentalmente porque el mayor costo que ésta representa queda claramente compensado por la garantía de funcionamiento durante toda las fases de construcción y la vida útil de las instalaciones.

Debido a la problemática de la fase 4 en la alternativa 1, los cambios propuestos en la eliminación de esta fase permiten seleccionar **la ALTERNATIVA 3 como la ALTERNATIVA ELEGIDA.**

5. VIABILIDAD TÉCNICA

Deberá describir, a continuación, de forma concisa, los factores técnicos que han llevado a la elección de una tipología concreta para la actuación, incluyéndose concretamente información relativa a su idoneidad al tenerse en cuenta su fiabilidad en la consecución de los objetivos (por ejemplo, si supone una novedad o ya ha sido experimentada), su seguridad (por ejemplo, ante sucesos hidrológicos extremos) y su flexibilidad ante modificaciones de los datos de partida (por ejemplo, debidos al cambio climático).

La actuación proyectada alcanza satisfactoriamente los objetivos planteados. El proyecto redactado cumple con las Prescripciones Técnicas Oficiales que le son aplicables en función de la naturaleza de las obras que incluye y del objeto de la misma.

La conducción general de saneamiento que recoge el agua residual y la transporte a la estación depuradora, se ejecuta mediante métodos constructivos ampliamente contrastados.

La depuración de las aguas residuales urbanas mediante el tratamiento de fangos activos, es una técnica experimentada que permite la consecución de los objetivos. Dentro de unos límites, la modificación de los datos de partida, permitiría la adaptación de la instalación.

El proyecto redactado cumple con los requisitos establecidos en el Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.

6. VIABILIDAD AMBIENTAL

Se analizarán aquí las posibles afecciones de la actuación a la Red Natura 2000 o a otros espacios protegidos. Se especificará, además, si se han analizado diversas alternativas que minimicen los impactos ambientales y si se prevén medidas o actuaciones compensatorias.

- ¿Afecta la actuación a algún LIC o espacio natural protegido directamente (por ocupación de suelo protegido, ruptura de cauce, etc) o indirectamente (por afección a su flora, fauna, hábitats o ecosistemas durante la construcción o explotación por reducción de aportes hídricos, creación de barreras, etc.)?

A. DIRECTAMENTE

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada
- d) Le afecta positivamente

B. INDIRECTAMENTE

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada
- d) Le afecta positivamente

En el área de trabajo del proyecto no se localiza ningún espacio natural protegido. Los LICs, ZEPAS e IBAS más cercanos se asocian a las islas cercanas a la costa o a los fondos marinos con praderas de Posidonea y situados en la zona desde donde preferentemente llegan los vientos y el oleaje, por lo que se hallan al abrigo de los vertidos desde el oeste.

En los alrededores del proyecto se localizan los Espacios del Área Marina de Cap Martinet (LIC

ES5310108) e “Islotes de Santa Eulària, Rodona y Es Cana” (LIC ES0000082), IBA ES414 “Aguas del Levante de Ibiza” y Hábitat “Praderas de Posidonea Oceánica”.

2. Si el proyecto ha sido sometido a un proceso reglado de evaluación ambiental se determinarán los trámites seguidos, fecha de los mismos y dictámenes. *(Describir)*:

Por resolución de la Dirección General del Agua de 13 de mayo de 2013 se autoriza la incoación del expediente de información pública de este anteproyecto junto con su estudio de impacto ambiental, a los efectos previstos en la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y de Procedimiento Administrativo Común, la Ley de Expropiación forzosa y su Reglamento y el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, de evaluación de impacto ambiental. El anuncio fue expuesto los días preceptivos en el tablón de anuncios del ayuntamiento de Santa Eulària des Riu, publicado en el B.O.E. nº 132 de 3 de junio de 2013 y el B.O.I.B. nº 76 de 30 de mayo de 2013.

La Secretaría de Estado de Medio Ambiente emite Declaración de Impacto Ambiental favorable a la realización del proyecto mediante resolución de 7 de abril de 2014.

3. Impactos ambientales previstos y medidas de corrección propuestas *(Describir)*.

Para la definición de impactos se establece en primer lugar las actuaciones que se deben llevar a cabo y a continuación sus impactos principales, tanto negativos como positivos.

1. Actuaciones en fase de obra

- Remodelación y desmontaje de la Estación de Depuración de Santa Eulària según las 4 fases establecidas en el plan de actuación
- Funcionamiento simultáneo de la EDAR con la inversión del digestor biológico durante todo el proceso
- Construcción del trazado de la conducción del colector de interconexión con la ejecución de dos actuaciones que transcurrirán por el mismo trazado: el soterramiento y conexión de la tubería de 500mm de PVC corrugado y el desmontaje del interceptor existente en el tablero de la carretera de Es Canar (puente con torrente de s'Aguadar) que transcurre por el tramo que va por la carretera.

Estas actuaciones conllevarán el desarrollo de estas mismas acciones:

- Ocupación temporal del territorio
- Movimiento de tierra
- Desbroce de cubierta vegetal
- Perforación de zanjas
- Tránsito de maquinaria y vehículos pesados
- Emisión de ruidos, olores y vibraciones
- Acopio de material, tierra y residuos
- Reposición de pavimentos
- Reposición de pared de "pedra en sec" y elementos de patrimonio.

El soterramiento del colector se desarrollará básicamente a lo largo de viales rurales entre el Torrente de s'Aguadar y el de s'Argentera. Se ocupará básicamente suelo agrícola, excepto algunos tramos que transcurren a través de la depuradora y por huertos de viviendas. El desmontaje de la intercepción del colector actual se realiza bajo el puente de la carretera de Es Canar.

2. Impactos en fase de obras

- Impactos sobre el suelo (perfil edáfico, contaminación) (F1) por apertura de zanjas para colector
- Impactos sobre la calidad atmosférica por polvo en suspensión (F2) durante los movimientos de tierras y maquinaria
- Impactos sobre el nivel acústico (confort sonoro) (F3) por funcionamiento de maquinaria de obra y la actual depuradora
- Impactos sobre el nivel olfatométrico (emisión de malos olores) (F4) por deficiente funcionamiento de la EDAR en temporadas altas
- Impactos sobre las aguas por riesgo de inundaciones y drenaje del suelo (F5) al actuar en zona de vulnerabilidad en los torrentes.

- Impactos sobre aguas subterráneas por vulnerabilidad de acuíferos (F6) por apertura de zanja en acuífero costero con alta vulnerabilidad.
- Impactos sobre las playas y los sedimentos marinos (F 7) por mantenimiento del vertido desde el emisario al mar.
- Impactos sobre la calidad de agua marina (Transparencia, eutrofización) (F 8) por mantenimiento del vertido desde el emisario.
- Impactos sobre la vegetación y espacios protegidos (F 9) por mantenimiento del vertido desde el emisario por mantenimiento del vertido desde el emisario hacia pradera de Posidonia.
- Impactos sobre especies protegidas o de interés (F 10) por mantenimiento del vertido hacia zona sensible.
- Impactos sobre la fauna terrestre (F11) por actuación en el trazado del colector entre áreas agrícolas.
- Impactos sobre la fauna marina (F12) por exceso de vertido por el emisario.
- Impactos sobre viario rural (camino y accesos) (F 13) por trazado del colector y circulación de vehículos pesados
- Impactos sobre accesibilidad por infraestructuras viarias (F14) por transporte de materiales y obras en puente y carretera.
- Impactos sobre los usos turísticos y recreativos (F15) por realización de obras en áreas de uso alto interés turístico.
- Impactos sobre los recursos culturales (F16) por levantamiento de setos y muretes entre parcelas agrícolas.
- Impactos sobre los usos agrícolas (F17) por afeción a parcelas hortofrutícolas en trazado del colector.
- Impactos sobre morfología urbana y periurbana (F18) por circulación de maquinaria y vehículos pesados.
- Impactos sobre el paisaje (F 19) por aparición temporal de desmontes, desbroces, acopios...
- Impactos sobre la intervisibilidad (F 20) por intercepción de cuencas visuales.
- Impactos sobre el saneamiento y la depuración (F 21) por cambios de la capacidad depuradora en fases intermedias de la instalación.
- Impactos sobre aceptabilidad social, salud y seguridad de la población (F 22) por cumplimiento de leyes vigentes y necesidades sociales.
- Impactos sobre la trama urbana y viales rurales (F 23) por afeción a redes eléctricas, hidráulicas o eléctricas.
- Impactos indirectos sobre densidad de población (F 24) por aumento de la capacidad de demanda.
- Impactos indirectos sobre usos de la infraestructura viaria (F 25) por accidente y accesibilidad.
- Impactos indirectos sobre el empleo (F 26) por contratación en obra.
- Impactos indirectos sobre consumo de energía y abastecimiento de agua (F27) por aumento del consumo y de la demanda.
- Impactos indirectos sobre los servicios y equipamientos (residencial, turísticos, educativos, ELP) (F28) con afecciones temporales durante los trabajos.

3. Actuaciones en fase de funcionamiento

La Estación Depuradora supondrá distintas afecciones al medio y a la población por:

- Funcionamiento del colector subterráneo.
- Bombeo de las aguas residuales a la EDAR.
- Tratamiento acondicionado de las aguas residuales brutas con el pre-tratamiento, tratamiento secundario y la desinfección
- Tratamiento de fangos junto a su desodorización.
- Reutilización de aguas depuradas y fangos.
- Vertido de las aguas depuradas a través de emisario.
- Reparación de averías y tareas de mantenimiento derivadas del funcionamiento de la estación y conducciones.

4. Impactos en fase de funcionamiento

Durante esta fase, gran parte de los impactos de la fase precedente se transforman en impactos

positivos por la mejora de las condiciones depuradoras de la EDAR y su efecto sobre los vertidos y el entorno.

- Impactos sobre el nivel acústico (confort sonoro) (F 3) por funcionamiento de bombas y equipos.
- Impactos sobre el nivel olfatométrico (disminución de malos olores) (F 4+) por instalación de nuevos filtros de carbón.
- Impactos sobre las playas y los sedimentos marinos (F 7) por mantenimiento del vertido desde el emisario al mar.
- Impactos sobre la calidad de agua marina (Transparencia, eutrofización) (F 8) por mantenimiento del vertido desde el emisario.
- Impactos sobre la vegetación y espacios protegidos (F 9) por mantenimiento del vertido desde el emisario por mantenimiento del vertido desde el emisario hacia pradera de Posidonia.
- Impactos sobre especies protegidas o de interés (F 10) por mantenimiento del vertido hacia zona sensible.
- Impactos sobre la fauna marina (F 12+) por emisión de sólidos utilizables como fuente de alimentación de ciertas especies marinas.
- Impactos sobre los usos turísticos y recreativos (F15+) por mejora de la calidad al disminuir la carga orgánica de nitratos y fosfatos.
- Impactos sobre los usos agrícolas (F 17+) por capacidad para acumular un volumen de agua y fangos para su reutilización en el sector.
- Impactos sobre la morfología urbana y periurbana (F18+) por – Impactos sobre el paisaje (F 19+) por mejora de calidad del vertido sobre zonas de uso turístico.
- Impactos sobre el visibilidad (F 20+) por enterramiento de tuberías y desaparición de instalaciones temporales.
- Impactos sobre el saneamiento y la depuración (F21+) por incremento de la capacidad de caudal a depurar.
- Impactos sobre aceptabilidad social, salud y seguridad de la población (F22+) por garantía de la depuración adecuada a la población en temporada alta.
- Impactos sobre la trama urbana y viales rurales (F 23+) por disminución de la circulación pesada.
- Impactos indirectos sobre densidad de población (F 24+) por disminución de la presión sobre los recursos.
- Impactos indirectos sobre el empleo (F 26+) por creación de empleos en seguimiento y mantenimiento.
- Impactos indirectos sobre consumo de energía y abastecimiento de agua (F27+) por mejora del rendimiento de la EDAR.
- Impactos indirectos sobre los servicios y equipamientos (residencial, turísticos, educativos, ELP) (F28+) por incremento de la capacidad de depuración.

5. Actuaciones en fase de avería y reparación (riesgos)

La eventual avería de la EDAR supondrá distintas afecciones temporales al medio y a la población por:

- Vertido por rotura del colector, afectando al suelo y a los recursos hídricos por la vulnerabilidad del acuífero
- Mal funcionamiento de la EDAR: emisión de olores, vertido excesivo, reducción de la depuración, fallo de bombas...
- Vertido a través del emisario submarino de aguas residuales mal tratadas o sin tratar que pueden afectar a la biota marina, la calidad de las aguas de baño y al uso recreativo de la playa.

6. Impactos en fase de avería y reparación

Estos impactos se deberían a la posibilidad de riesgo de fuga en el colector, avería de la depuradora o rotura del emisario.

- Impactos sobre el suelo (perfil edáfico, contaminación) (F1) por fugas.
- Impactos sobre el nivel olfatométrico (emisión de malos olores) (F4) por parada de servicio de la EDAR.
- Impactos sobre aguas subterráneas por vulnerabilidad de acuíferos (F6) por fugas o falta de depuración.
- Impactos sobre las playas y los sedimentos marinos (F7).
- Impactos sobre la calidad de agua marina (Transparencia, eutrofización) (F8) por vertidos sin depurar.

- Impactos sobre la vegetación y espacios protegidos (F9) por vertidos.
- Impactos sobre especies protegidas o de interés (F 10) por vertidos sin depurar por el emisario.
- Impactos sobre la fauna terrestre (F11) por vertidos indirectos a cauces.
- Impactos sobre la fauna marina (F12) por vertidos a fondos marinos.
- Impactos sobre los usos turísticos y recreativos (F15) por vertidos a la costa.
- Impactos sobre los usos agrícolas (F17) por reducción de recursos reutilizables.
- Impactos sobre el saneamiento y la depuración (F21) por falta de servicio
- Impactos sobre aceptabilidad social, salud y seguridad de la población (F22) por problemas de salubridad.

Las medidas ambientales que se adoptan son las siguientes:

1. Medidas durante la fase de obras:

1.1. Sobre la ocupación temporal del campo y carreteras:

- Delimitar y señalizar todas las parcelas donde se ubicarán las obras y las instalaciones auxiliares.
- Situar planchas metálicas sobre pendientes de erosión.
- Evitar la ocupación innecesaria del cauce del torrente y de tierras agrícolas adyacentes a la obra.
- Identificar los accesos en la proximidad del vial principal.
- Las actuaciones se tendrán que restringir al área señalizada, evitando así las afecciones innecesarias al entorno.
- Tramitación de permisos ante los órganos competentes de Costas y Aguas de Baleares.

1.2. Sobre los movimientos de tierras:

- Riego de caminos con camión cisterna.
- Vigilancia arqueológica a cargo de técnico cualificado.
- Tramitación de permisos en patrimonio y realización de prospección previa en trazado de colector.

1.3. Sobre el desbroce:

- Delimitar y marcar el área que resulta imprescindible deforestar.
- Desbroce fuera de épocas de reproducción de aves singulares y/o fase larvativa (Cronograma).
- Revegetación en entorno de EDAR con especies autóctonas.

1.4. Sobre el acopio de material de construcción, tierras y vertedero:

- Localización de acopios fuera de zonas sensibles (inundabilidad, vulnerabilidad, Dominio público...)
- Cubrición y cerramiento adecuado de acopios.
- Restauración de perfiles del torrente de S'Agador tras los trabajos.
- Establecimiento de una balsa de lavado de hormigón y tratado posterior de los fangos como RTP.
- Localización de un punto verde dentro del perímetro de obras con separación de residuos.
- Plan de Gestión de Residuos establecido por la empresa promotora.
- Reutilización de tierra vegetal en restauración de perfiles.
- Gestión del material de relleno y del sobrante de excavación a través de canteras autorizadas.

1.5. Sobre el uso de maquinaria y vehículos pesados:

- Cumplimiento de la reglamentación sobre emisiones a la atmósfera.
- Carga cubierta totalmente con lonetas o con otros sistemas de protección eficaces.
- Limitación de la velocidad y señalización adecuada.
- Minimización de los transportes con adecuada gestión de cargas.
- Respecto a los viales elegidos y su vegetación colindante.
- Realización de tareas de mantenimiento en lugares apropiados, preferentemente en talleres y fuera de la zona.
- Establecimiento de métodos preventivos y correctores de vertido por accidente o avería.
- Localización de parques de maquinaria fuera de zonas sensibles (inundabilidad, vulnerabilidad, Dominio público...)

1.6. Sobre la perforación de zanjas terrestres y decapaje:

- Señalización de franja de decapado y excavación.
- Segregación de inertes de otros residuos para su adecuada gestión en rellenos y vertidos.
- Separación, mantenimiento y reutilización de suelo vegetal.
- Restauración de muretes de "pedra en sec"
- No se desviará ni ocupará cauce en época de precipitaciones máximas.

1.7. Sobre la Fase constructiva IV: demolición de la decantación secundaria existente:

- Coordinación del secundario existente y el de nueva construcción y el decantador lamelar dimensionado para dicha fase que en ese momento se encuentra en servicio manteniendo el vertido en los mismos valores de fases anteriores.
- Cronograma con fase IV lo más lejana de temporada alta por razones preventivas.

1.8. Sobre la instalación del colector:

- Uso de tuberías de polietileno de alta densidad PE-100 de alta estanqueidad y resistencia sobre zona de vulnerabilidad.

2. Medidas durante las fases de funcionamiento y reparación.

2.1. Sobre las averías de la conducción hidráulica:

- Impermeabilización de la zanja para minimizar la afección de derrames al suelo.
- Instalación de caudalímetros en el origen del interceptor (puente de s'Aguardar) y en el bombeo de entrada a la estación depuradora para detectar las pérdidas.
- Retirada inmediata de residuos y acopios.

3.2.2. Sobre las averías de la Estación de Depuración:

- Verificación de la retirada y gestión adecuada de todos los residuos especiales y peligrosos generados durante la reparación y mantenimiento de la línea.
- Cumplimiento de las cargas de diseño de los equipos instalados.
- Retirada inmediata de residuos y acopios.

3.3. Medidas preventivas y propuesta de mejoras

- Libro de registro de funcionamiento de la depuradora (PVA).
- Formación del personal en medio ambiente.
- Autocontrol de vertidos durante la fase obras (PVA).
- Vigilancia de las labores de instalación del colector y de los vertidos al mar (PVA).
- Calendario constructivo.
- Solicitar informe de idoneidad para el uso del suelo.
- Reutilización aguas depuradas.

Adicionalmente a lo anterior se incluirá información relativa al cumplimiento de los requisitos que, para la realización de nuevas actuaciones, establece la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE). Para ello se cumplimentarán los apartados siguientes:

4. Cumplimiento de los requisitos que para la realización de nuevas actuaciones según establece la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE)

Para la actuación considerada se señalará una de las dos siguientes opciones.

- a. La actuación no afecta al buen estado de las masas de agua de la Demarcación a la que pertenece ni da lugar a su deterioro
- b. La actuación afecta al buen estado de alguna de las masas de agua de la Demarcación a la que pertenece o produce su deterioro

Si se ha elegido la primera de las dos opciones (no afección o deterioro), se incluirá, a continuación, su justificación, haciéndose referencia a los análisis de características y de presiones e impactos realizados para la demarcación.

Justificación:

Esta actuación tiene como objetivo la mejora de la calidad de las masas de aguas al ser su

finalidad el cumplimiento de la Directiva 91/271/CEE y el Plan Hidrológico de las Islas Baleares.

En el caso de haberse señalado la segunda de las opciones anteriores (afección o deterioro de las masas de agua) se cumplimentarán los tres apartados siguientes aportándose la información que se

4.1 Las principales causas de afección a las masas de agua son *(Señalar una o varias de las siguientes tres opciones)*

- a. Modificación de las características físicas de las masas de agua superficiales.
- b. Alteraciones del nivel de las masas de agua subterráneas

Justificación:

4.2. La actuación se realiza ya que *(Señalar una o las dos opciones siguientes):*

- a. Es de interés público superior
- b. Los perjuicios derivados de que no se logre el buen estado de las aguas o su deterioro se ven compensados por los beneficios que se producen sobre *(Señalar una o varias de las tres opciones siguientes):*

- a. La salud humana
- b. El mantenimiento de la seguridad humana
- c. El desarrollo sostenible

Justificación:

4.3 Los motivos a los que se debe el que la actuación propuesta no se sustituya por una opción medioambientalmente mejor son *(Señalar una o las dos opciones siguientes):*

- a. De viabilidad técnica
- b. Derivados de unos costes

Justificación:

7. ANALISIS FINANCIERO Y DE RECUPERACION DE COSTES

Este análisis tiene como objetivo determinar la viabilidad económica de la actuación, considerando el flujo de todos los ingresos y costes (incluidos los ambientales recogidos en las medidas de corrección y compensación que se vayan a establecer) durante el periodo de vida útil del proyecto. Se analizan asimismo las fuentes de financiación previstas de la actuación y la medida en la que se espera recuperar los costes a través de ingresos por tarifas y cánones; si estos existen y son aplicables.

Para su realización se deberán cumplimentar los cuadros que se exponen a continuación, suministrándose además la información complementaria que se indica.

1. Costes de inversión totales previstos.

Costes de Inversión	Total (Euros)
Terrenos	
Construcción	3.291.142,62
Equipamiento	2.420.029,59
Asistencias Técnicas	
Tributos	
Beneficio Industrial (6 % PEM)	342.670,33
Gastos Generales (16% PEM)	913.787,55
IVA (21%)	1.463.202,32
Total	8.430.832,41

2. Plan de financiación previsto

FINANCIACION DE LA INVERSIÓN	Total (Euros)
Aportaciones Privadas (Usuarios)	
Presupuestos del Estado	8.430.832,41
Fondos Propios (Sociedades Estatales)	
Prestamos	
Fondos de la UE	
Aportaciones de otras administraciones	
Otras fuentes	
Total	8.430.832,41

3. Costes anuales de explotación y mantenimiento previstos

Costes anuales de explotación y mantenimiento	Total (Euros/año)
GASTOS FIJOS	
Personal	196.305,00
Factor potencia energía eléctrica	24.661,18
Mantenimiento equipos	29.000,00
Gastos laboratorio	2.500,00
Otros (vestuario, material oficina, agua potable, teléfono....)	11.900,00
GASTOS VARIABLES	
Retirada de detritus, arenas y grasas	4.830,00
Consumo reactivos	14.794,46
Retirada de fangos	34.438,29
Energía eléctrica	98.324,30
Total gastos	416.753,23 €/año

4. Si la actuación va a generar ingresos, realice una estimación de los mismos en el cuadro siguiente:

Ingresos previstos por canon y tarifas (según legislación aplicable)	Total (Miles de Euros)
Uso Agrario	
Uso Urbano	
Uso Industrial	
Uso Hidroeléctrico	
Otros usos	
Total	

5. A continuación explique como se prevé que se cubran los costes de explotación y mantenimiento para asegurar la viabilidad del proyecto:

Esta previsto que una vez terminadas la obras, se encomiende la gestión de las mismas al órgano que tenga competencia (Ayuntamiento, Comunidad Autónoma), asumiendo estos los costes de explotación, mantenimiento y conservación, y repercutiendo los mismos en la tarifa a cobrar a los usuarios.

Se formalizara un acuerdo por el que los beneficiarios o, en su caso los ayuntamientos (o la Comunidad Autónoma) se responsabilicen de los costes de mantenimiento, explotación y conservación de las actuaciones.

8. ANÁLISIS SOCIO ECONÓMICO

En la medida de lo posible, describa los impactos socioeconómicos de la actuación en los apartados siguientes:

1. ¿Cuál de los siguientes factores justifica en mayor medida la realización de la actuación (si son de relevancia semejante, señale más de uno)?
 - a. Necesidades de nuevas aportaciones hídricas para abastecer a la población
 - b. Necesidades de nuevas aportaciones hídricas para la agricultura
 - c. Aumento de la producción energética
 - d. Necesidades de nuevas aportaciones hídricas para la actividad industrial o de servicios
 - e. Aumento de la seguridad frente a inundaciones
 - e. Necesidades ambientales

2. La explotación de la actuación, en su área de influencia, favorecerá el aumento de:
 - a. La producción
 - b. El empleo
 - c. La renta
 - d. Otros _____

Justificar:

La construcción de las obras requerirá el uso de diversos recursos humanos y materiales. Dichos recursos provendrán, en gran parte, de la zona de influencia de la actuación, lo que se traduce en un incremento de empleo y de los factores asociados.

3. Otras afecciones socioeconómicas que se consideren significativas (*Describir y justificar*).

Beneficio Ambiental.

Justificar:

El objetivo del proyecto es el saneamiento y la depuración, con lo que se minimizan las afecciones negativas al dominio público hidráulico al conseguir un efluente que cumpla con los requisitos fijados en la legislación vigente (DMA y la Directiva 91/271/CEE).

4. ¿Existe afección a bienes del patrimonio histórico-cultural?

- a. Si, muy importantes y negativas
- b. Si, importantes y negativas
- c. Si, pequeñas y negativas
- d. No
- e. Si, pero

positivas Justificar:

No es previsible la afección a bienes del patrimonio histórico-cultural. No obstante, entre las medidas ambientales contempladas en el proyecto se incluye la vigilancia arqueológica a cargo de técnico cualificado y la realización de una prospección previa a la ejecución del colector.

En relación con los muretes de piedra en seco entre parcelas se restauraran aquellos que sean afectados por las obras.

Incluya, a continuación, un pronunciamiento expreso sobre la viabilidad del proyecto y, en su caso, las condiciones necesarias para que sea efectiva, en las fases de proyecto o de ejecución.

El proyecto es:

1. Viable

2. Viable con las siguientes condiciones:

a) En fase de proyecto

Especificar:

- Se realizara un control ambiental que minimice los efectos de las actuaciones previstas sobre el medio.
- El depósito de los materiales procedentes de las actuaciones se realizara en vertederos autorizados, según la legislación vigente.
- Las tarifas a aplicar a los usuarios se atenderán a la legislación vigente y tenderán a una recuperación de los costes asociados.

b) En fase de ejecución

Especificar:

- Se realizara un control ambiental que minimice los efectos de las actuaciones previstas sobre el medio.
- El depósito de los materiales procedentes de las actuaciones se realizara en vertederos autorizados, según la legislación vigente.
- Las tarifas a aplicar a los usuarios se atenderán a la legislación vigente y tenderán a una recuperación de los costes asociados.

3. No viable



Fdo.: Madrid, 10 de junio de 2014

Nombre: Gema Torres Sánchez

**Cargo: Jefa de Área de Tratamiento de Aguas. Subdirección General de Infraestructuras y Tecnología.
Dirección General del Agua.**

Institución: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



Informe de Viabilidad correspondiente a:

Título de la actuación: **REMDELACION DE LA ESTACION DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE SANTA EULALIA. T. M.. SANTA EULALIA (ISLA DE IBIZA)**

Informe emitido por: **SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA (DGA)**

En fecha: **JUNIO 2014**

El informe se pronuncia de la siguiente manera sobre la viabilidad del Proyecto:

- Favorable
 No favorable

¿Se han incluido en el informe condiciones para que la viabilidad sea efectiva en fase de proyecto o de ejecución?

- No
 Si (especificar):

Resultado de la supervisión del Informe de Viabilidad

El informe de viabilidad arriba indicado

- Se aprueba por esta Secretaría de Estado de Medio Ambiente, autorizándose su información pública, sin condicionantes
- Se aprueba por esta Secretaría de Estado de Medio Ambiente, autorizándose su información pública, con los siguientes condicionantes:
- ✓ Se realizará un control ambiental que minimice los efectos de las actuaciones previstas en la vegetación natural.
 - ✓ El depósito de los materiales procedentes de las actuaciones se realizará en vertederos autorizados, según la legislación vigente.
 - ✓ Las tarifas a aplicar a los usuarios se atenderán a la legislación vigente y tenderán a una recuperación de los costes asociados.
 - ✓ Se formalizará un acuerdo por el que los beneficiarios o, en su caso los ayuntamientos (o la Comunidad Autónoma) se responsabilicen de los costes de mantenimiento, explotación y conservación de las actuaciones.
- No se aprueba por esta Secretaría de Estado de Medio Ambiente. El Órgano que emitió el informe deberá proceder a replantear la actuación y emitir un nuevo informe de viabilidad.

Madrid, a **13** de **JUNIO** de 2014
EL JEFE DE SERVICIO

Miguel Francés Mahamud

EL SUBDIRECTOR GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS Y TECNOLOGÍA

Antonio J. Alonso Burgos
LA DIRECTORA GENERAL DEL AGUA

Liana Ardiles López

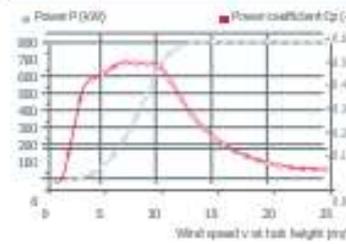
EL SECRETARIO DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE

Federico Ramos de Armas

25 JUN 2014



Calculated power curve



Wind (m/s)	Power P (kW)	coefficient Cp (-)
1	0.0	0.00
2	1.0	0.10
3	4.0	0.20
4	16.0	0.30
5	36.0	0.40
6	64.0	0.45
7	100.0	0.45
8	144.0	0.45
9	196.0	0.45
10	256.0	0.45
11	324.0	0.45
12	400.0	0.45
13	484.0	0.45
14	576.0	0.45
15	676.0	0.45
16	784.0	0.45
17	900.0	0.45
18	1024.0	0.45
19	1156.0	0.45
20	1300.0	0.45
21	1456.0	0.45
22	1624.0	0.45
23	1804.0	0.45
24	1996.0	0.45
25	2200.0	0.45

Technical specifications E-53

Rated power:	800 kW
Rotor diameter:	52.9 m
Hub height (meter):	50 / 60 / 75
Wind zone (IEC):	W2 II exp
Wind class (IEC):	IEC/WVI Class 5
WEC concept:	Gearless, variable speed, single blade adjustment
Rotor	
Type:	Open rotor with active pitch control
Rotation direction:	Clockwise
No. of blades:	3
Swept area:	2,198 m ²
Blade material:	GFRP (epoxy resin), Bulb-in lightning protection
Rotational speed:	Variable, 11 - 29.5 rpm
Pitch control:	ENERCON single blade pitch system; one permanent pitch system per rotor blade with allocated emergency supply
Drive train with generator	
Main bearing:	Twin tapered roller bearing
Generator:	ENERCON direct drive annular generator
Grid feed:	ENERCON inverter
Brake systems:	- 3 independent pitch control systems with quasi power supply - Rotor brake - Rotor lock
Yaw system:	Active via yaw gear, load-dependent damping
Cut-out wind speed:	28 - 34 m/s (with ENERCON pitch control*)
Remote monitoring:	ENERCON SCADA

* In case of pitch control system failure, the cut-out wind speed is 28 m/s.

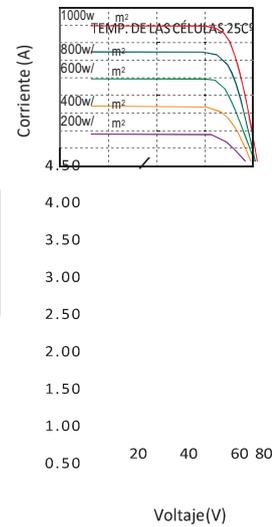
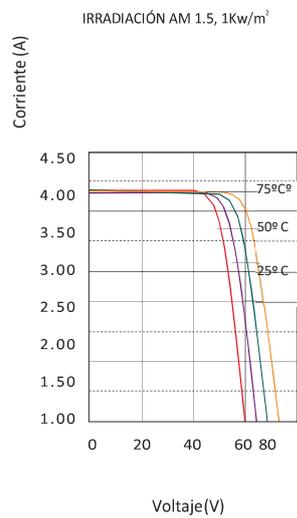
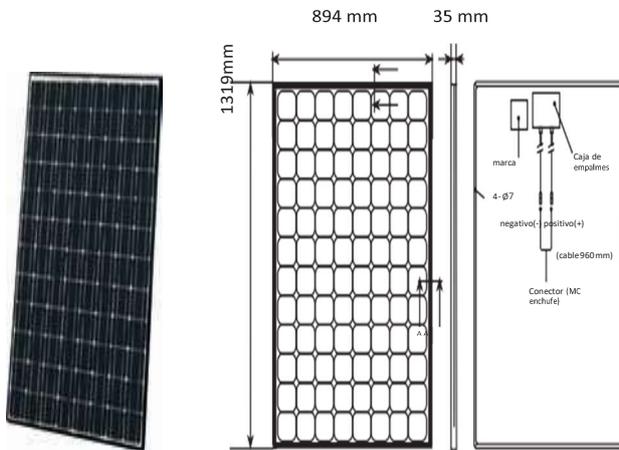


Producto Sanyo HIT Series Módulos	Modelo Sanyo HIT195BE	Referencia Consultar 53701010	SANYO
---	---------------------------------	--	--------------



Especificaciones técnicas

195 BE



Especificaciones eléctricas

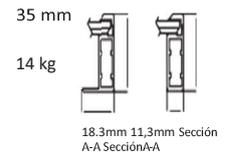
Ref.	Consultar
Potencia máxima	195 vatios (+10% -5%)
Voltaje a potencia máxima	55.3 Voltios
Corriente a potencia máxima	3.53 Amperios
Voltaje de circuito abierto	68.1 Voltios
Corriente de cortocircuito	3.79 Amperios
Potencia mínima garantizada	185.3 vatios
Voltaje máximo del sistema	1000 Voltios
Coefficiente de temperatura	-0.30 (% /°C)
Pmax	-0.170 (V /°C)
Voc	0.87 (mA/°C)
Isc	

Variación de los valores de tensión y corriente en función de la temperatura.

Variación de la tensión y la corriente en función de la irradiación.

Especificaciones generales

Longitud	1319 mm
Anchura	894 mm
Profundidad	35 mm
Peso	14 kg



Eficiencia de la célula: 19.3%

Eficiencia del módulo: 16.5%



Incluye los 6 módulos de 2V. Con alta capacidad de descarga.

Código del producto: da0440

Características:

- Medidas: 212 x 576 x 847 mm.
- Peso: 230 Kg cada vaso.
- Voltaje: 2V cada vaso (6 vasos en total: 12V).
- Tipo de batería: Estacionaria OPZS.
- Capacidad en C100: 4703Ah, y en C10: 3000Ah.
- Bajo mantenimiento.
- Terminales M10 con inserción por rosca.
- Placas positivas formadas por placa tubular con aleación de plomo de rejilla de selenio.
- Placas negativas formadas por placas con rejilla de aleación de plomo y selenio.
- Vida útil de más de 15 años.
- Más de 1.500 ciclos de descarga profunda.
- Máxima eficiencia de carga.
- Conectores más seguros contra los contactos accidentales.
- Contenedor transparente de alta resistencia SAN.