



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

MÁSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

MÁSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DIGESTIÓN ANAEROBIA DE FANGOS

EN PEQUEÑAS DEPURADORAS.

VIABILIDAD ECONÓMICA

Autor: D^a. Raquel Rodríguez Antolín

Tutores: D^a. María Fernández-Polanco

D. Javier Pablos Aragón

Valladolid, julio, 2019

TFM

D.A. EN PEQUEÑAS DEPURADORAS

AGRADECIMIENTOS

Tras un largo periodo de trabajo, me encuentro con el momento más complicado, escribir los agradecimientos a todas las personas que han estado conmigo no solo durante la realización de este TFM, sino también durante el máster.

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mi tutora, María, por darme las herramientas necesarias para completar el trabajo de fin de máster satisfactoriamente. Tu dedicación e incansable paciencia han sido de gran ayuda. Gracias.

También me gustaría agradecer a Somacyl su cooperación durante la realización de todo el estudio, no solo en el ámbito laboral sino también en el personal. Habéis conseguido amenizar las horas de trabajo. Gracias en especial a Javier y Pablo por preocuparse cada día en que entendiera los conceptos nuevos y supiera cómo utilizarlos.

Tanto el tfm como el máster no hubieran sido posibles sin la ayuda de mis padres y de mi hermano. La llamada diaria de mamá, los consejos de papá y las risas con Jorge son fundamentales los días de cansancio. Os quiero mucho.

Gracias a mis amigos, los de Palencia y los de Valladolid, por hacer que no me sienta sola en ningún momento y por todas esas conversaciones absurdas en momentos complicados. Con vosotros todo es mucho más fácil. Gracias Isma, por lograr ser la voz de mi conciencia y por supuesto, mi paño de lágrimas.

Finalmente, agradecer a todas esas mujeres que durante su vida han luchado por la igualdad de derechos en todos los ámbitos, personales y profesionales. Con vuestra valentía habéis conseguido que seamos libres para ser lo que queramos ser. Muchas gracias.

ÍNDICE

1.	RESUMEN	1
2.	NOMENCLATURA	3
3.	INTRODUCCIÓN	5
3.1	Depuradoras de pequeño tamaño	5
3.2	Fangos de depuradora.....	6
3.3	Principales destinos de los fangos de depuradora	7
3.4	Aplicación al terreno de los fangos	9
4.	ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN	11
4.1	Digestión aerobia	11
4.2	Digestión anaerobia	12
4.3	Tratamiento con cal viva	13
4.4	Secado térmico	13
4.5	Tratamiento térmico con digestión	14
4.6	Propuesta del proyecto	14
5.	OBJETIVOS.....	15
6.	MEMORIA.....	17
6.1	Empresa solicitante.....	17
6.2	Localización	17
6.3	Antecedentes.....	18
6.4	Bases teóricas	19
6.5	Diagrama de bloques	24
6.6	Diagrama general del proceso	25
6.7	Diagrama de flujo.....	25
6.8	Descripción detallada del proceso	26
6.9	Balances de materia	27
6.10	Dimensionamiento de los equipos	30
6.11	Características de los equipos	31
7.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	35
7.1	Precio actual del fango	35
7.2	Precio estimado del fango	35
7.3	Precio de los equipos	36
7.4	Viabilidad del proyecto	36
7.5	Viabilidad del proyecto con aprovechamiento del biogás	40
7.6	Viabilidad del proyecto con placas fotovoltaicas	44
7.7	Comparación de alternativas	49

8. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES	51
8.1 Destino de los productos y subproductos.....	51
8.2 Condiciones de ventilación e iluminación.....	52
8.3 Control de emisiones.....	52
9. CONCLUSIONES.....	55
10. BIBLIOGRAFÍA	57
11. ANEXOS	59
Anexo 1. Diagrama de bloques.....	60
Anexo 2. Diagrama de flujo.....	62
Anexo 3. Balance línea de aguas.....	64
Anexo 4. Balance de materia línea de fangos.....	70
Anexo 5. Presupuesto de equipos.....	84
Anexo 6. Presupuesto total.....	122
Anexo 7. Tarifas de acceso a redes eléctricas.....	132
Anexo 8. VAN y TIR.....	134
Anexo 9. Presupuesto alternativa aprovechamiento del biogás.....	141
Anexo 10. Fichas técnicas instalación de placas.....	151
Anexo 11. Presupuesto alternativa instalación de placas.....	156
Anexo 12. Información energética.....	166

1. RESUMEN

La Directiva 91/271/CEE obliga tanto a los pequeños como a los grandes núcleos de población a tratar sus aguas residuales para disminuir su carga contaminante antes de ser vertidas a los distintos cauces.

La depuración de las pequeñas poblaciones genera una gran cantidad de fangos secundarios que pueden reutilizarse si se les da un tratamiento adecuado. Actualmente, su reutilización se centra en el uso como sustitutos de los fertilizantes químicos.

El proyecto, ubicado en la localidad de Olmedo (Valladolid), propone la ampliación de la línea de fangos de la depuradora añadiendo la digestión anaerobia de los fangos secundarios tras ser espesados hasta el 3%. Se ha optado por esta solución por su sencilla implantación y control. Además, se reduce el volumen de fangos en un 50% y el producto final, digestato, se puede aprovechar en el sector de agricultura, disminuyendo el coste de explotación actual de la planta.

Con un caudal de entrada al pretratamiento de 1.700 m³/d de agua residual, se generan 28,12 m³/d de fangos, que serán tratados en un digestor anaerobio de 100 m³ de volumen. Este digestor trabajará con una carga de 3,07 kgSSV/m³·d y una temperatura de 55°C. El tiempo de residencia del digestor será de 10 días y se obtendrán 0,88 m³/d de digestato concentrado al 16% de sólidos suspendidos volátiles tras la deshidratación.

El proyecto original, con una inversión inicial de 160.984,63€, ha resultado ser viable, con una rentabilidad del 3% al cabo de 20 años y un pay-back de 11 años. Se descarta el aprovechamiento del biogás, por no ser viable económicamente.

Además, se ha estudiado la posibilidad de instalar placas solares fotovoltaicas para generar electricidad en la planta y así reducir el coste energético de explotación. Esta alternativa mejora la rentabilidad del proyecto original generando mayores beneficios.

Finalmente, se han establecido una serie de consideraciones medioambientales que tienen como objetivo reducir la cantidad de contaminantes que perjudican al medioambiente y establecer un destino final para los productos y subproducto obtenidos.

2. NOMENCLATURA

α : relación DQO y la concentración de microorganismos en la purga

η : rendimiento

γ : rendimiento celular

c: edad celular

ρ : densidad

AGV: ácidos grasos volátiles

atm: atmósferas

c: calor específico

d: día

DBO: demanda biológica de oxígeno

DQO: demanda química de oxígeno

EDAR: estación depuradora de aguas residuales

g: gramos

h: hora

h-e: habitantes equivalentes

hab: habitantes

K: kelvin

kg: kilogramos

kPa: kilopascal

kW: kilovatios

L: litros

m³: metro cúbico

\dot{m} : flujo másico

mg: miligramos

mV: milivoltios

P_{molecular}: peso molecular

P_x: producción de fango

P: presión

Q: caudal

R₀: oxígeno requerido al proceso

R: constante de los gases ideales

rpm: revoluciones por minuto

RSU: residuos sólidos urbanos

SS: sólidos suspendidos

SST: sólidos suspendidos totales

SSV: sólidos suspendidos volátiles

T: temperatura

TIR: tasa interna de retorno

t: tonelada

U: velocidad de utilización del sustrato

V: volumen

VAN: valor actual neto

W: vatios

3. INTRODUCCIÓN

3.1 Depuradoras de pequeño tamaño

La Directiva 91/271/CEE establece que cualquier población está obligada a tratar las aguas residuales que produce con el fin de disminuir su carga de contaminación antes de ser vertidas a los diversos cauces. Además, incluye el concepto de estado ecológico que exige garantizar las condiciones de la componente abiótica (condiciones fisicoquímicas e hidromorfológicas) para que la componente biótica pueda mantenerse de forma equilibrada.

La depuración de las aguas residuales parece un hecho obvio cuando se habla de grandes poblaciones, teniendo que cumplir unos límites de vertido más exigentes. Sin embargo, las pequeñas aglomeraciones también están obligadas a tratar sus aguas residuales.

En España existen más de 8.000 municipios, de los que en torno a 7.000 tienen menos de 10.000 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, 2019). El proceso de la depuración en estos casos puede conllevar distintos tipos de tratamiento, que varían en función del número de habitantes equivalentes, tal como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1 Tratamiento previo al vertido de las aguas residuales (Directiva 91/271/CEE)

Vertido en aguas dulces y estuarios				
Tamaño aglomeración	Zona menos sensible	Zona normal alta montaña	Zona normal	Zona sensible
0-2.000 h-e	T.A.	T.A.	T.A.	T.A.
2.000-10.000 h-e	T.1º	T.2º	T.2º	T.2º
>10.000 h-e	T.2º	T.2º	T.2º	T.3º

En la tabla:

- T.A es entendido como tratamiento adecuado, es decir, cualquier proceso y/o sistema de eliminación que permita que las aguas cumplan los objetivos de calidad de las directivas comunitarias.
- T.1º, solo pretratamiento. En él, se llevan a cabo procesos meramente físicos que permiten separar los sólidos debido a su densidad.
- T.2º, entendido como el conjunto de un pretratamiento y un tratamiento secundario, en el que parte de la materia orgánica es metabolizada y transformada en materia viva. El tratamiento secundario más utilizado es el de fangos activos, caracterizado por la generación de un gran volumen de fangos (mezcla de sólidos con agua).
- T.3º, que no solo requiere el pretratamiento y tratamiento secundario, sino que además es necesario algún tipo de tratamiento terciario que aumente la calidad de las aguas residuales de salida de la planta.

Por tanto, para aquellas poblaciones de menos de 10.000 h-e se necesitarán depuradoras de pequeño tamaño, es decir, con equipos más compactos, que puedan llevar a cabo los tratamientos descritos. Su construcción y mantenimiento permite el cumplimiento de los límites de vertido que marcan las diferentes Confederaciones Hidrográficas mediante las autorizaciones de vertido. En éstas, se indican los distintos valores límites de emisión de los

principales parámetros (suele ser DQO, DBO, SST, fósforo total y nitrógeno total) que son calculados teniendo en cuenta los objetivos ambientales del medio receptor et al., 2010).

Entre las características de las pequeñas depuradoras se encuentran menores variaciones de caudal y cargas más acusadas que en las grandes aglomeraciones. Es decir, se generan menores volúmenes de aguas residuales, pero más concentradas, lo que implica una mayor cantidad de residuos generados durante la depuración, la mayor parte de ellos en forma de fangos.

Estas plantas también tienen saneamientos más complejos y costosos a medida que aumenta el grado de dispersión de la población, lo que puede solucionarse con la creación de mancomunidades, en las que varias poblaciones tratan sus aguas residuales de forma conjunta (Ortega, E. et al., 2010).

Es necesario aplicar tratamientos sencillos y perfectamente estudiados con costes de explotación y mantenimiento asumibles que requieran un tiempo mínimo del operador (para que pueda controlar varias plantas cercanas). El gasto de energía debe ser pequeño para reducir los costes asociados a la depuración (Ortega, E. et al., 2010).

Uno de los principales problemas que se encuentran en las pequeñas depuradoras urbanas es la gestión de los fangos. En general, estas depuradoras no cuentan con los recursos necesarios para tratar los fangos en la propia planta y tienen que ser recogidos por empresas externas que llevan a cabo un tratamiento adecuado y la posterior eliminación. El gran volumen de fangos generados implica un mayor coste de gestión de los mismos que hace necesario la búsqueda de otros usos para ellos. El problema se agudiza si tenemos en cuenta la concentración de los fangos, pues cambia en función de la depuradora urbana que se analice y obliga a estudiar varias alternativas (Ortega, E. et al., 2010).

3.2 Fangos de depuradora

Durante la depuración de las aguas residuales se emplean procesos físicos, químicos o biológicos que permiten obtener un agua de mejor calidad a la salida de la estación depuradora.

Los contaminantes de las aguas residuales se van separando durante todo el proceso, aunque la mayor parte de la contaminación del agua se recoge en corrientes que tienen una elevada concentración de sólidos conocida como fango.

En las depuradoras de pequeño tamaño, los residuos que se generan previos al tratamiento biológico son catalogados como residuo sólido urbano (RSU) y transportados directamente a vertedero. Los aceites y grasas, separados también en el pretratamiento, son catalogados como residuo peligroso y recogidos por gestores especializados. Por tanto, solo los fangos generados en el tratamiento secundario son aprovechables.

El tratamiento secundario más utilizado es el de fangos activos. En este proceso, los sólidos se depositan en la parte inferior del decantador secundario por efecto de la gravedad. Parte de ellos son recirculados al reactor biológico para que la concentración de sólidos suspendidos se mantenga constante en el mismo, y otra parte son retirados de la línea de aguas y gestionados en una línea de fangos.

Los fangos que se obtienen del tratamiento secundario son de color marrón, relativamente ligeros, y no suelen producir olor con mucha rapidez por estar muy bien aireados. Sin

embargo, cuando la aireación no es la adecuada se acercan a las condiciones sépticas, su color se oscurece y su olor es más fuerte.

Se generan unos 3.1 litros de fango secundario por habitante y día y una de las características de estos fangos es su elevado contenido en agua (97-98.5%) (Hernández, A., 2001)

Una composición típica de los fangos secundarios se recoge en la Tabla 2:

Tabla 2 Composición típica de los fangos secundarios (Hernández, A. 2001)

Sólidos suspendidos (g/hab·d)	18-29
Contenido en agua (%)	97.5-98
Sólidos suspendidos volátiles (% S.S)	80-90
Grasas (% S.S)	3-5
Proteínas (% S.S)	20-30
Carbohidratos (% S.S)	6-8
pH	6.5-7.5
Fósforo (P) (% S.S)	1.5-2.5
Nitrógeno (N) (% S.S)	1-6
Bacterias patógenas (Nº por 100 ml)	100
Organismos parásitos (Nº por 100 ml)	1-3
Metales pesados (% S.S) (Zn, Pb, Cu)	0.2-2

3.3 Principales destinos de los fangos de depuradora

Antes de dar a los fangos cualquier destino o uso posterior es necesario analizar, no solo la procedencia éstos, en este caso urbana, sino también el proceso de depuración del agua utilizado y los puntos de extracción de los fangos del proceso, en este caso, del decantador secundario.

También es muy importante conocer el volumen de los fangos y la concentración en materia seca, es decir, realizar un análisis de estos fangos, incluyendo su contenido orgánico y los productos tóxicos e inhibidores que pudiera contener.

Los fangos de depuradora pueden tener varios destinos en función de si se consideran un subproducto no deseado que sólo presenta problemas y que es necesario eliminar o si se pretende el aprovechamiento de estos para obtener energía en forma de metano. Éste último caso también supone que el fango de salida pueda ser utilizado en otros sectores como la agricultura. En cualquiera de los dos destinos, es preciso un tratamiento del fango.

Una de las alternativas es que el fango sea **eliminado**, de modo que, su destino final será verterlo al mar o a algún cauce superficial, o bien el relleno de terrenos o escombreras (Hernández, 2001).

- El **vertido de los fangos** al mar o a cualquier otro cauce puede hacerse de forma líquida, pero siempre tras digerir el fango de forma aerobia o anaerobia. Sin embargo,

no hay que olvidarse de que el mar también tiene sus límites como receptor de residuos (Hernández, A., 2001).

- El **relleno de terrenos o el depósito en escombreras** conlleva problemas de contaminación de subálveos y la necesidad de compactar estos residuos exigiéndose la deshidratación mecánica. Estas acciones solo se realizan una vez que se ha producido la eliminación de los residuos sólidos mediante la incineración, por ejemplo. Esta incineración requiere un presecado que implica más consumo de energía y con ello mayor contaminación atmosférica (Hernández, A., 2001).

Todas estas opciones están tratando de evitarse ya que, la disposición de los fangos, sin reutilización, tiene como límite la admisibilidad de la biosfera para recibirlos, contribuyendo al aumento de la contaminación del medio ambiente (Hernández, A., 2001).

Si, por el contrario, el fango va a aprovecharse para la **obtención de energía y para uso en otros sectores**, tiene que ser tratado siguiendo una de las alternativas que se mencionan a continuación:

- Existe la posibilidad de llevar a cabo una **digestión anaerobia**, en la que el fango es introducido y digerido en un digestor en ausencia de oxígeno durante un largo periodo de tiempo (entre 15 y 20 días) (Metcalf & Eddy, 2003). Con este proceso se alcanzan temperaturas elevadas, lo que conlleva la higienización de los fangos. Como consecuencia de esta digestión se obtiene biogás con elevada concentración en metano (en torno al 70%) que puede usarse como combustible en otros equipos de la propia planta. El fango digerido es conocido como digestato, entendido como residuo líquido de elevada densidad que es muy rico en materia orgánica y mineral. Será este compuesto el que puede usarse en la agricultura como abono o en la recuperación de terrenos agotados, pues ya está libre de organismos patógenos.
- En algunos casos, se lleva a cabo una **digestión aerobia** con la que, en presencia de oxígeno, se consigue la mineralización de la materia orgánica y la concentración de los fangos. Este procedimiento suele realizarse mediante el compostaje, generalmente en pilas volteadas. El fango final, compost, tiene los mismos destinos que el digestato obtenido con el método anterior. La diferencia fundamental con la digestión anaerobia radica en que, en este caso, no se produce biogás (Hernández, A., 2001).
- Finalmente, también se puede llevar a cabo el **acondicionamiento químico del fango** mediante grandes cantidades de cal (Ca(OH)_2) o cloruro férrico (FeCl_3) y su destino final también es generalmente el abono de los campos (Hernández, A., 2001).

3.4 Aplicación al terreno de los fangos

La escasez de recursos y su coste creciente obliga a replantearse la necesidad de un tratamiento de los fangos para luego poder reutilizarlos.

La utilización del fango como abono en los campos con tratamiento previo es una opción muy contemplada actualmente, debido a que éste lleva en su composición nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, importantes para el crecimiento de las plantas y su metabolismo. Según datos del Registro Nacional de Lodos, durante años ha primado el sector agrícola como destino de los fangos de depuradora. Aproximadamente, el 80% de los fangos que se generan tienen utilización agrícola, lo que ha reducido en gran medida el depósito en vertedero (aproximadamente el 8%) (Ministerio para la transición ecológica, 2019).

La incorporación de estos fangos al campo conlleva muchas ventajas, como la mejora de la porosidad del suelo, el aumento de la retención de la humedad, la mayor retención de los nutrientes o el incremento de la actividad biológica del suelo. Además, se consigue una disminución en el uso de fertilizantes químicos. Sin embargo, estos fangos no pueden aplicarse directamente debido a dos grandes problemas.

Uno de ellos es la concentración de metales pesados, indicada en la Tabla 2. En concentraciones apreciables, los metales pesados son tóxicos. Cuando son aplicados al terreno disminuye la calidad del suelo en cuestión además de inhibir el crecimiento de las plantas o alterar su fisiología. En cualquier caso, las plantas absorber esos metales pudiendo pasar de diversas formas a la cadena trófica llegando a ser ingeridas por humanos y animales y resultando perjudiciales para la salud (García, C. et al., 2002).

En caso de que la concentración de los metales en los fangos fuera muy elevada, se podría recurrir a distintos procesos para su eliminación, como la utilización de disolventes orgánicos, ácidos minerales y complejones, la oxidación con ataque ácido o la precipitación química por neutralización.

El otro problema es la existencia de organismos patógenos, también indicados en la Tabla 2, que pueden ser arrastrados por lixiviados y puestos en contacto con alimentos cultivados producto de un mal sistema de abonado, pudiendo provocar efectos perjudiciales en la salud de las personas si estos fangos no son tratados previamente. Entre los organismos patógenos que pueden aparecer destacan la *salmonella* o el *echovirus*. Las concentraciones pueden variar en función de la cantidad que haya en las aguas residuales y para su desinfección se pueden llevar a cabo tratamientos con cal, irradiación entre 400 y 1800 Krad o tratamientos térmicos de fangos como la pasteurización (Montes-Morán, M. A. et al., 2011).

4. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN

Tal como ya se ha planteado previamente, la opción más válida en la actualidad es el uso de los fangos de depuradora como abono en la agricultura una vez que han sido tratados. Por lo que partiendo de que se pretende que el destino final sea el que ya se ha mencionado se procede a la búsqueda de distintas formas de tratamiento de los fangos.

La Comisión Europea ha publicado un documento denominado "Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction"(Carrington E.-G., 2001) en el que se indican las distintas alternativas de tratamiento de los fangos de depuradora si su destino final es la agricultura. Actualmente, la Junta de Castilla y León exige a todos los gestores de la comunidad la aplicación de alguno de esos tratamientos antes de ser aplicados al terreno. En concreto son los siguientes:

4.1 Digestión aerobia

Se trata de un proceso biológico que oxida los fangos en presencia de oxígeno. De este modo, se consigue obtener un producto estable en el que la materia orgánica se degrada totalmente. Se genera dióxido de carbono, agua y calor.

El fango que procede del decantador secundario tiene una gran cantidad de materia orgánica en forma celular por lo que este proceso trata de oxidar toda esta materia haciendo que los microorganismos entren en respiración endógena consiguiendo su autooxidación (Suarez, J. et al., 2007).

Existen dos tipos de digestión aerobia:

- Una de ellas es el **compostaje** entendido como la descomposición biológica y la estabilización de sustratos orgánicos. Las reacciones biológicas de descomposición de la materia orgánica dan lugar a un incremento de la temperatura. Para mantener esa temperatura hay que aportar aire de modo que el proceso continúe hasta que toda la materia orgánica se haya degradado y baje la temperatura. En ese momento se lleva a cabo la fase de maduración (Campos, E. et al., 2004). Existen varias formas de conseguir el requerimiento de oxígeno:
 - En pilas volteadas: se forman pilas o hileras de 2 metros de alto que se voltean de forma periódica y se humedecen cuando es necesario. Pueden ser pilas transversales triangulares o trapezoidales y su longitud puede ser superior a 20 metros. Se debe asegurar que el material permanezca a una temperatura de 55 grados durante 4 horas entre cada volteo. Deben hacerse como mínimo tres volteos de la masa que está siendo compostada, que irán seguidos de un periodo de maduración hasta completar el proceso de estabilización por compostaje (Carrington, E.-G., 2001).
 - En pilas estáticas ventiladas o en túneles: en este caso, se consigue un control mayor de todos los parámetros que participan en el sistema. La aireación se lleva a cabo mediante la impulsión de aire a presión. Se debe asegurar que todo el material mantiene una temperatura de 40 grados durante, al menos, 5 días y, como mínimo 55 grados durante 4 horas. A continuación, se procederá a una fase de maduración hasta completar el proceso de estabilización por compostaje(Carrington, E.-G., 2001).

- Otro tipo de digestión aerobia es la **digestión termófila aerobia**, en la que el fango se introduce en un digestor. Para que el producto final pueda usarse en el sector de la agricultura, se deberá alcanzar una temperatura de 55 grados durante 4 horas después de la última adición de fango y antes de la evacuación de la siguiente. Supone un elevado coste de operación debido al aumento de consumo de energía que conlleva la aireación (Carrington, E.-G., 2001).

Con este tipo de digestión se consiguen residuos finales de mejor aplicabilidad al terreno y tiempos de retención bajos. Además, no es necesario calentar el fango en exceso, por lo que el producto final tiene menos olor y el sobrenadante tiene una DBO menor.

Sin embargo, se trata de un proceso muy sensible a bajas temperaturas, pudiendo generar problemas en las depuradoras de Castilla y León. Es por este motivo por el que esta opción queda descartada en este caso.

4.2 Digestión anaerobia

Proceso en ausencia de oxígeno. Comprende diversas fases en las que se forman ácidos volátiles para luego ser degradados y producir biogás con una concentración en metano elevada y dióxido de carbono. Se deberán alcanzar las mismas condiciones que la digestión termófila aerobia, 55 grados durante 4 horas después de la última adición de fango. Con ellas, se asegura la fermentación completa de la materia orgánica y la eliminación de la mayor parte de los organismos patógenos.

El proceso se lleva a cabo en un digestor completamente cerrado y los fangos se introducen en él de forma continua o intermitente, permaneciendo en el interior durante tiempos de residencia de entre 15 y 20 días.

La temperatura es el parámetro de control del proceso más importante, ya que un valor óptimo supone una actividad óptima y con ello mejores rendimientos. El 90% de las plantas de digestión anaerobia para la estabilización de los fangos lo hacen en condiciones mesófilas, es decir, entre 35 y 40 grados. Sin embargo, la Junta de Castilla y León exige a los gestores de la comunidad tratar los lodos según el documento "Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction" (Carrington, E.-G., 2001). que indica que, para el posterior empleo de estos fangos en la agricultura, se tiene que llevar a cabo una digestión termófila a unos 55 grados. Esto supone una reducción en el tiempo de tratamiento (entre 8 y 12 días), a costa de un aumento en los costes debido al aumento de la temperatura.

Es necesario un grado de mezcla adecuado para conseguir una buena marcha del proceso.

El biogás generado puede tener tres destinos diferentes:

- **Producción de combustible** para usarlo en otros equipos del proceso. El metano que contiene es una fuente de energía muy fácilmente explotable que puede llegar a abastecer hasta el 60% de la energía consumida por la EDAR.
- **Valorización** mediante tratamientos adecuados para ser introducido en el Sistema Gasista Español.
- **Quemado en una antorcha.** A veces, no merece la pena tratar el biogás para darle un uso posterior. Esto ocurre cuando la cantidad de biogás que se genera en el digestor es muy pequeña debido a las pequeñas cantidades de fangos del proceso. En estos

casos, el tratamiento del biogás sería más costoso que los beneficios que pueden obtenerse, por lo que se recurre a quemarlo en una antorcha. De este modo, se consigue la combustión del metano a dióxido de carbono haciéndolo 14 veces menos contaminante al expulsarse a la atmósfera.

Se trata del proceso de estabilización de fangos más desarrollado en el mundo y actualmente está empezando a utilizarse cada vez más en pequeñas depuradoras (Campos, E. et al., 2004).

4.3 Tratamiento con cal viva

Con el mismo objetivo que en los casos anteriores, la aplicación al terreno de los lodos, se puede estabilizar el fango deshidratado con cal. El tratamiento se realiza de forma que el fango y la cal se mezclan bien para alcanzar un pH de, al menos, 12 y una temperatura mínima de 55 grados durante 2 horas.

Este proceso logra la estabilización del residuo de forma barata. Sin embargo, no se reduce la cantidad de materia orgánica. A este problema, se añade el hecho de que se requieren grandes espacios de almacenamiento para evitar la hidratación de la cal o su carbonatación.

En algunos casos la cal puede ser sustituida por cenizas volantes, polvo de hornos de cemento y carburo cálcico (Campos, E. et al., 2004).

4.4 Secado térmico

Entendido como un proceso en el que el agua se evapora en la superficie del cuerpo mediante la aplicación de energía térmica. El vapor de agua generado es arrastrado por la corriente de aire.

Se diferencian dos etapas. En la primera, el agua se evapora a una velocidad constante en la superficie. Durante la segunda etapa, el agua es evaporada en el poro o capilar donde permanece, y sale a la superficie en forma de vapor.

La naturaleza del material a secar condiciona el sistema de secado. Los fangos de depuradora tienen una red capilar muy extensa por lo que el agua es difícil de extraer debiendo asegurarse que la temperatura del fango alcanza, al menos 80 grados durante 10 minutos para conseguir que el contenido de agua se reduzca a menos del 10%.

El proceso suele realizarse en túneles de secado donde la energía necesaria se puede aportar mediante el empleo de bombas de calor o sistemas de cogeneración.

A pesar de que se consigue reducir la masa y el volumen del fango y se obtiene un producto estable, se requiere una elevada cantidad de energía térmica incrementando el coste de proceso y con ello el coste de explotación en la planta (CEDEX, 2016).

4.5 Tratamiento térmico con digestión

Se lleva a cabo un secado térmico a una temperatura de al menos 70 grados durante 30 minutos, y luego una digestión mesófila anaerobia a una temperatura de 35 grados durante 12 días.

A pesar de que el proceso es efectivo, se requiere un tiempo de operación mayor que deriva en costes energéticos más elevados, pudiendo hacer inviable el proceso (Carrington, E.-G., 2001).

4.6 Propuesta del proyecto

Una vez contempladas las alternativas, se ha propuesto la digestión anaerobia como la mejor opción para la digestión de los fangos de las pequeñas depuradoras pues se entiende que el proceso podría ser instalado con bastante facilidad en las plantas depuradoras. Además, conlleva tiempos de residencia más bajos lo que reduce el volumen de digester necesarios.

El resto de las alternativas han sido descartadas por diversos motivos entre los que se encuentran la necesidad de amplios espacios que requiere el compostaje en pilas volteadas o estáticas y el tratamiento con cal viva. Además, deshidratación de los fangos de depuradora con el secado térmico es muy complicada debido a la complejidad en su estructura y las elevadas temperaturas requeridas que encarecen el proceso.

Por estos motivos se llevará a cabo un proceso de digestión anaerobia termófila en digestores de dimensiones considerables perfectamente aislados para mantener la temperatura en el interior del digester. El digester estará construido en acero inoxidable con el fin de reducir costes y contará con una recirculación para aumentar la mezcla del fango en el interior de este. Se estudiará cual es el destino más adecuado para el biogás así como la viabilidad de las alternativas.

5. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente proyecto es la reducción de la cantidad de fangos resultantes en la estación de aguas residuales, en adelante EDAR, de la localidad de Olmedo. Se conseguirá dicha reducción mediante digestión anaerobia. Este proyecto puede ser ampliado a otras depuradoras de pequeño tamaño, consiguiendo reducir los costes de explotación considerablemente.

Dentro de los objetivos secundarios aparece:

- Aprovechamiento del producto final, digestato, en el sector de la agricultura.
- Reducción de costes relativos al transporte de los fangos sin tratar.
- Estudio de viabilidad económica del proyecto.
- Estudio del aprovechamiento del biogás obtenido durante la digestión anaerobia.
- Estudio de instalación de placas solares fotovoltaicas que permitan reducir el coste energético y contribuyan con el medio ambiente.

6. MEMORIA

6.1 Empresa solicitante

Este estudio ha sido propuesto por la Sociedad de Infraestructuras y Medio Ambiente de Castilla y León S.A, en adelante SOMACYL, con fin de conocer la viabilidad de la propuesta.

Desde SOMACYL se han facilitado los datos referentes a la planta donde se ubica el estudio, relativos a analíticas, caudales y toda la información necesaria de explotación para realizar el estudio.

6.2 Localización

La ubicación del proyecto será la EDAR de Olmedo, propiedad de SOMACYL.

Olmedo se encuentra en la provincia de Valladolid, más concretamente a 44.2 km de la capital. Puede verse de forma general la localización del municipio y de la planta en la Imagen 1 y en la Imagen 2.

La depuradora está ubicada en el polígono 3, parcela 266. Ctra. Olmedo a Hornillos VP-9105, km 1,7. C.P: 47410. Coordenadas (latitud, longitud): (41,3038042431; -4,6955716610).



Imagen 1 Situación de Olmedo en la provincia de Valladolid



Imagen 2 Situación de la EDAR de Olmedo

6.3 Antecedentes

La depuradora de Olmedo fue construida entre los años 2012 y 2013 y tiene como objeto proporcionar el correcto tratamiento de las aguas residuales, cumpliendo con las exigencias marcadas por la Normativa Europea enunciada en la Directiva 91/271/CEE, así como con el programa de reducción de la contaminación establecido en la autorización de vertido de la Confederación Hidrográfica del Duero resuelta el día 30 de mayo de 2014. Esta autorización autoriza el vertido de las aguas residuales procedentes del saneamiento de Olmedo solo cuando se encuentren por debajo de los valores límites especificados en la Tabla 3.

Tabla 3 Límites de vertido en la E.D.A.R de Olmedo

Parámetro	Valor	Unidad
pH	6-9	Ud pH
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	125	mg O ₂ /L
Demanda Biológica de Oxígeno 5 días (DBO5)	25	mg O ₂ /L
Sólidos en suspensión	35	mg SS/L
Amonio total	10	mg NH ₄ ⁺ /L
Nitrógeno total	15	mg N/L
Fósforo total	2	mg P/L

El nitrógeno total y el fósforo total se exigen en esta autorización de vertido porque Olmedo está catalogada como zona sensible.

La población de diseño fue de 9.714 h-e teniendo en cuenta el incremento de población que se produce en la época estival.

La dotación de aguas residuales considerada para el cálculo es de 200 L/hab-día y las instalaciones fueron diseñadas para tratar 3 veces el caudal medio, es decir, 223.59 m³/h. Sin embargo, la legislación obliga a pretratar 6 veces el caudal medio, es decir, 447.18 m³/h.

En la EDAR de Olmedo se trata un agua residual con valores medio de 500 mg DQO/L y 500 mg SST/L.

La EDAR de Olmedo ha registrado un caudal máximo de entrada a pretratamiento de 1700 m³/d, es decir, 41.66 m³/h, desde que SOMACYL está explotando la planta. Se tomará este dato de partida para realizar los cálculos de este estudio.

Además, el fango secundario obtenido en la EDAR de Olmedo tiene la composición que se muestra en la Tabla 4. Dicha composición ha sido obtenida de la realización de diversas analíticas realizadas.

Tabla 4 Caracterización del fango secundario

Densidad (kg/m³)	1004
Nitrógeno total (%)	4,07
Fósforo total (%)	1,2
Zinc (%)	3,8
Bacterias (Nº por 100 ml)	0,8
Relación C/N	2,7

6.4 Bases teóricas

Instalaciones existentes

A continuación, se muestra un esquema general de toda la planta (Imagen 3).

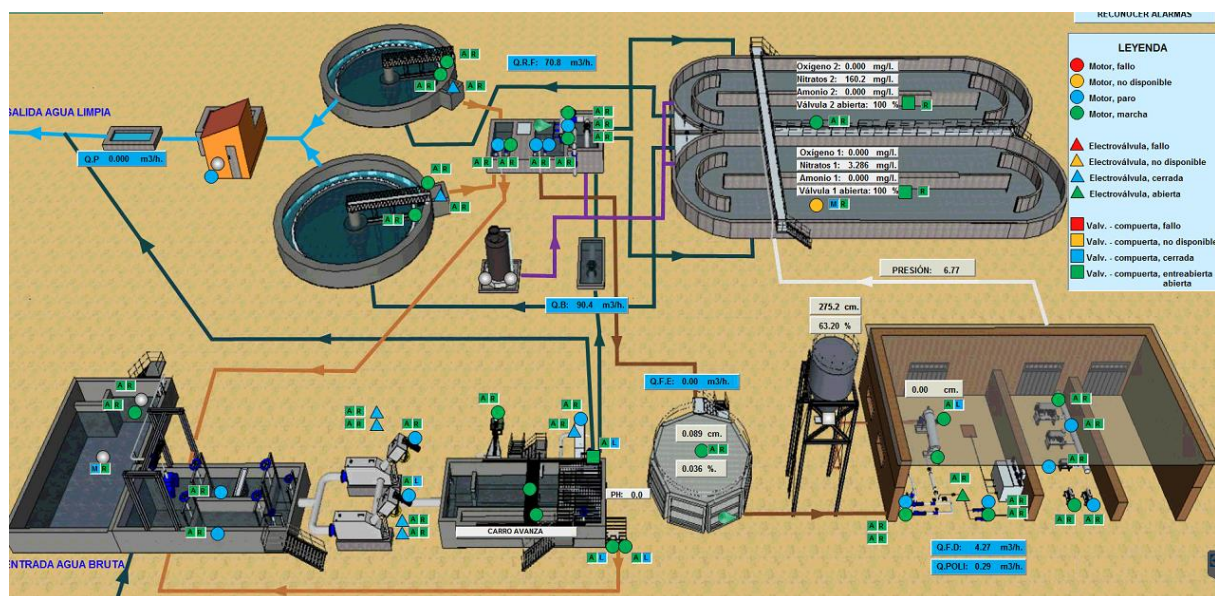


Imagen 3 Esquema general de la E.D.A.R de Olmedo

La estación depuradora cuenta con dos líneas diferenciadas, una **línea de aguas** y una **línea de fangos**, ambas completamente automatizadas.

- *Línea de aguas*

La línea de aguas cuenta con un pozo de gruesos y un desbaste. Además, hay un tanque de regulación donde se almacena el exceso de caudal que llega a la planta debido a las lluvias persistentes o intensas y que no puede ser tratado inmediatamente.

Tras el desbaste de gruesos, el agua es bombeada hasta un tamizado. Los residuos que se extraen de esta parte son conducidos hasta un tornillo transportador-compactador y vertidos a un contenedor de 800 litros para luego ser recogidos por una empresa externa que los deposita en un vertedero pues dichos residuos están catalogados como residuos sólidos urbanos (RSU).

Una vez eliminados estos sólidos, se separan las partículas de menor tamaño como arenas y grasas en un desarenado-desengrasado para que no se formen copos o flóculos y evitar la acción abrasiva que la arena podría producir en otras partes del proceso. Las grasas y las arenas son tratadas como residuos peligrosos que tienen que ser retirados y eliminados por una empresa especializada que cuente con los correspondientes permisos para hacerlo.

La siguiente parte del proceso es el tratamiento biológico con aireación prolongada con el que se reduce la concentración de la materia orgánica y el nitrógeno que lleva consigo el agua.

El agua tratada en el reactor biológico se lleva a un decantador secundario donde se separan la mayor parte de las partículas de mayor tamaño del agua depurada. Esto genera una determinada cantidad de fangos, de los que parte serán recirculados al reactor biológico para mantener la constante la concentración de microorganismos en él y otra parte serán llevados a la otra línea del proceso (línea de fangos).

- *Línea de fangos*

En primer lugar, los fangos que no son recirculados serán transportados mediante dos bombas centrífugas hasta un espesador que actúa por gravedad y reduce el volumen de los fangos mediante la eliminación parcial de la humedad.

El fango espesado se extrae mediante una bomba (más otra de reserva) de desplazamiento positivo y se mezcla con el polielectrolito que se adiciona para conseguir la aglomeración de las partículas en forma de flóculos.

Finalmente, se lleva a cabo el secado de los fangos mediante una centrífuga que reduce la humedad hasta concentrar el fango a un del 16% de sólidos suspendidos volátiles. Una vez que se ha producido este secado, los fangos son almacenados en una tolva de almacenamiento donde permanecen hasta que son recogidos por una empresa externa que se encarga de su tratamiento y eliminación.

- *Automatismo y control*

La instalación se encuentra automatizada y controlada con un controlador lógico programable (PLC) y un centro de control de motores (CCM). Además, hay un cuadro sinóptico y un equipo de supervisión.

Con estos equipos se consigue la comunicación e intercambio de información directa con el ordenador de supervisión y el arranque y parada automáticos de las máquinas, así como el

control del cuadro sinóptico y la recepción de información del estado y modo de funcionamiento.

El ordenador de control cuenta con un Scada adecuado desde el que se puede controlar toda la planta.

Fases de la digestión anaerobia

Tal como ya ha sido descrito, se ha escogido la digestión anaerobia para tratar los fangos de la depuradora de Olmedo debido a que supone un buen tratamiento de éstos para usos posteriores y a que es fácil de instalar y de controlar. Además, supone una reducción importante en el volumen de fangos.

La digestión anaerobia comprende un conjunto de reacciones de oxidación-reducción mediante enzimas que poseen los microorganismos y que son capaces de degradar los sustratos (Ferrer, Y. et al., 2010).

Este proceso está compuesto por las cuatro fases indicadas en la Imagen 4: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Batstone, D.J. et al., 2002).

Durante la **hidrólisis**, las partículas orgánicas y las macromoléculas como lípidos o hidratos de carbono se hidrolizan para dar lugar a monómeros y dímeros como aminoácidos y azúcares que pueden ser consumidos por los microorganismos. Es la etapa limitante y puede verse afectada si no se hace un buen control de la temperatura. Otros factores limitantes son el pH, la composición del fango y el tiempo de retención (Batstone, D.J. et al., 2002).

La siguiente fase es la **acidogénesis**. En esta etapa, los compuestos orgánicos solubles que comprenden los productos de la hidrólisis son convertidos en ácidos grasos volátiles tales como acético, propiónico y butírico. También se generan compuestos simples como el amonio (Batstone, D.J. et al., 2002).

A continuación, se da la **acetogénesis** en la que se produce la fermentación de los productos en acetato, dióxido de carbono (CO_2) e hidrógeno (H_2) (Batstone, D.J. et al., 2002).

Finalmente, en la fase de la **metanogénesis** se produce metano y CO_2 (biogás) a partir del ácido acético o de mezclas de H_2 y CO_2 , pudiendo formarse otros productos tales como ácido fórmico y metanol (Batstone, D.J. et al., 2002).

Cuando en el medio anaerobio existen muchos sulfatos se desarrollan bacterias formadoras de sulfuro de hidrógeno (H_2S), conocidas como sulfobacterias. Éstas juegan un papel importante en el proceso ya que cuando la concentración de sulfuros solubles en el digestor supera los 160 mg/L, las bacterias responsables de la metanogénesis se inhiben. Sin embargo, si la concentración de H_2S gaseoso está por encima del 0,2% se limita el proceso y se generan problemas de corrosión en las tuberías de conducción del biogás (Lorenzo, Y. et al., 2005).

Puede observarse un esquema completo del proceso en la Imagen 4.

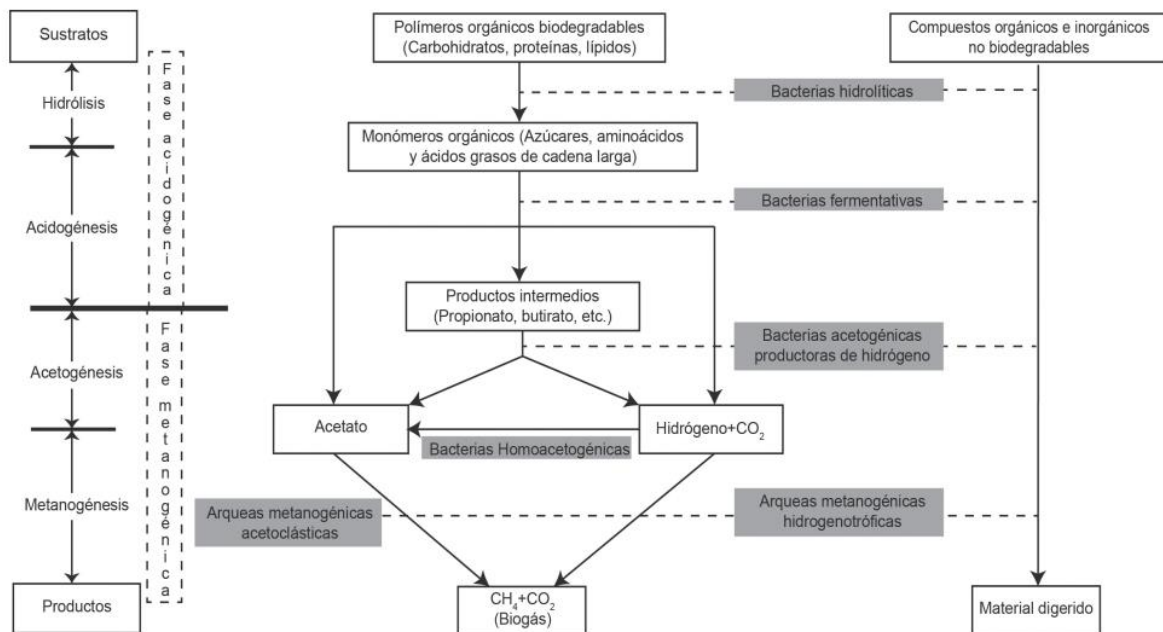


Imagen 4 Fases de la digestión anaerobia (Cárdenas-Cleves, L. et al., 2016)

La cantidad de biogás que se produce es muy variable, aunque generalmente oscila alrededor de los 0,4 NL biogás/g SSV. Este biogás es una mezcla gaseosa de metano (50 a 80%) y dióxido de carbono (20 a 50%), aunque también contiene pequeñas proporciones de otros componentes como nitrógeno, oxígeno, hidrógeno o sulfuro de hidrógeno. La cantidad de éstos dependerá de la composición del fango y del proceso en sí. Una composición típica del biogás está indicada en la Tabla (Osorio, M. et al., 2013).

Tabla 5 Composición típica del biogás (Lorenzo, Y., 2005)

Compuesto	Concentración (%)
Metano (CH₄)	50-80
Dióxido de carbono (CO₂)	20-50
Hidrógeno (H₂)	0-5
Nitrógeno (N₂)	0-3
Oxígeno (O₂)	0-1
Ácido sulfhídrico (H₂S)	0-1
Amoniaco (NH₃)	Trazas
Compuestos orgánicos	Trazas

Mezcla

La mezcla del fango en el interior del digester es muy importante para la optimización del proceso. Una buena agitación ayuda a que la temperatura sea uniforme en todo el digester. Además, se consigue que los fangos que entran en cada momento en el digester se mezclen con aquellos que ya han empezado el proceso. De este modo, aumenta el volumen activo y se minimiza la acción de los compuestos inhibidores del proceso.

En definitiva, con una buena mezcla se consigue que el entorno dentro del digester sea homogéneo.

Se diferencian tres sistemas distintos de agitación: **sistemas de agitación por gas, sistemas mecánicos y sistema de recirculación del digestato.**

- En el primer caso, se puede aprovechar el propio biogás generado en el proceso. Se realiza mediante uno o varios tubos situados en la solera del digestor o mediante una serie de lanzas suspendidas desde la cubierta del digestor y sumergidas en el fondo hasta una cierta distancia de la solera. En cualquiera de los dos casos, el biogás es presurizado mediante un compresor e introducido de nuevo en el digestor, de modo que se arrastra el fango y produce su movimiento. Otro tipo de agitación con gas es el sistema HEAT & MIX, en el que el gas es introducido en una serie de tuberías exteriores al digestor produciendo la circulación del fango a través de ellas. Los fangos se recirculan, junto con el biogás inyectado a presión, a través de la camisa interior de los HEATAMIX, mientras que por la camisa exterior circula agua caliente para calentar los fangos a la temperatura óptima del proceso (Lopez, S.J. et al., 2017).
- Entre los sistemas mecánicos están los agitadores. Estos pueden estar dentro de un tubo de succión o directamente en el interior del digestor. Si hay tubo de succión, el fango es succionado de una zona del digestor y enviado a través del tubo a otra zona del digestor. Generalmente se utiliza succión y descarga direccional para evitar que se produzca un circuito corto. Puede haber:
 - Agitados tipo hélice sin tubo de succión
 - Agitador tipo hélice con tubo de succión
 - Agitador tipo tornillo en el interior del tubo de succión

El principal problema de estos equipos es que son sensibles a la corrosión y al desgaste de las hélices y que su mantenimiento es complicado, ya que para ello es necesario vaciar el digestor.

- También se puede dar la **recirculación del fango** con bomba externa que requiere que los puntos de succión y descarga estén lo suficientemente separados para que no haya cortocircuitos. Las bombas suelen aspirar de la solera del digestor. Consiste en una tubería vertical instalada en el interior de un pilar y en el centro del digestor, que succiona el fango hacia una bomba externa para luego ser descargado en diferentes puntos del tanque. La inyección del fango se realiza mediante boquillas ubicadas en la parte inferior del digestor.

En el presente proyecto se recurrirá a la agitación mediante la instalación de un circuito externo de recirculación del digestato compuesto de una bomba y tuberías de entrada y de salida del digestor. Además, como complemento para asegurar la homogeneización del tanque se recurrirá a agitación mecánica mediante un agitador en el interior del digestor.

La recirculación del biogás podría suponer un aumento en los costes de este proyecto por el peligro que supone su uso, implicaría mucha más inversión en prevención (Sánchez, J., 2016). Es por ello por lo que esta opción no se contempla.

Parámetros de operación

Para que el proceso pueda desarrollarse correctamente es necesario mantener unas condiciones operacionales adecuadas. Por este motivo, se controlarán diversos parámetros:

El más importante de todos es la **temperatura**. A medida que ésta aumenta, la velocidad de crecimiento también lo hace acelerando el proceso de la digestión y aumentando la producción de biogás. Sin embargo, temperaturas muy altas en el proceso o cambios bruscos de este parámetro pueden provocar la desestabilización de la digestión (Osorio, M. et al., 2013). Se trabajará en rango termófilo, concretamente a una temperatura de 55 grados. (Carrington, E.-G., 2001).

La **carga orgánica volumétrica (COV)** es la cantidad de materia orgánica introducida en el digestor, expresada generalmente en sólidos volátiles por unidad de volumen y tiempo. Suele estar entre 1.6 y 4.8 kg SSV/m³·d una vez que se ha conseguido el espesado de los fangos (Metcalf & Eddy, 2003).

Otros parámetros importantes son el **pH y la alcalinidad**. El pH debe mantenerse próximo a la neutralidad, es decir, entre 6.5 y 7.5 pues es el óptimo al que trabajan las enzimas que aparecen en el proceso. Una cantidad excesiva de AGV en el sistema puede ser provocada por la presencia de una carga orgánica muy elevada o por una gran caída de la temperatura y conlleva la disminución del pH. Esto provoca que los organismos metanogénicos no trabajen correctamente.

La alcalinidad mide la capacidad tampón del medio y puede ser proporcionada por un amplio rango de sustancias. El principal equilibrio químico que controla la alcalinidad en esta digestión es el dióxido de carbono-bicarbonato (Osorio, M. et al., 2013).

El **potencial redox** tiene que estar en valores inferiores a -350mV (Osorio, M. et al., 2013).

Además, es importante la presencia de **nutrientes** en cantidades que aseguren el crecimiento de los microorganismos. El carbono y el nitrógeno son las fuentes principales de alimento de las bacterias formadoras de metano. Si el nitrógeno está en exceso puede producirse mucho amoníaco con lo que se podría inhibir el proceso anaerobio (Lorenzo, Y. et al., 2005).

El **tiempo de retención hidráulico (TRH)**, entendido como el cociente entre el volumen del digestor y el caudal de alimentación, es el tiempo que permanece el fango en el digestor. Debe asegurarse la presencia del fango en el proceso durante el tiempo suficiente para que se produzca la digestión (Osorio, M. et al., 2013).

La presencia de **sustancias inhibitorias**, como metales pesados, reduce el rendimiento de la digestión e incluso puede llegar a inhibir el proceso. A determinados niveles, los ácidos grasos volátiles generan serios problemas de inhibición que aumentan cuando hay niveles de pH muy bajos. Otros problemas de inhibición son los causados por el amonio, el ácido sulfhídrico o los ácidos grasos de cadena larga (Osorio, M. et al., 2013).

6.5 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques se encuentra adjunto en el **Anexo 1**. En dicho anexo aparecen dos diagramas de bloques. El primero de ellos (**Diagrama de bloques 1**) se muestra una visión

general de todo el proceso incluyendo tanto la línea de aguas (U-100) como la línea de fangos (U-200). En el segundo (**Diagrama de bloques 2**) se hace referencia a la línea de fangos con la modificación que supone añadir la digestión anaerobia.

6.6 Diagrama general del proceso

Tal como es mostrado en el **Diagrama de bloques 1**, la EDAR de Olmedo cuenta con dos líneas diferenciadas. En la línea de agua (**U-100**), el agua residual que entra a la depuradora es sometido a un **pretratamiento** en el que se produce la eliminación de los sólidos de gran tamaño, mediante un desbaste de los gruesos y un tamizado (residuos sólidos urbanos). En esta parte mediante un desarenado-desengrasado, también se eliminarán los aceites y las grasas que pueden generar problemas en otras partes del proceso.

A continuación, se lleva a cabo un **tratamiento biológico** con el que se consigue la reducción de la concentración de materia orgánica y del nitrógeno presentes en el agua residual.

Tras el tratamiento biológico, el agua llega hasta el proceso de la **decanación** donde se separan los fangos del agua depurada. Parte de los fangos decantados son recirculados al reactor biológico y la otra parte, los fangos purgados, son **tratados (U-200)**, obteniendo un agua residual que se recircula para depurarse, gases de combustión y un digestato, producto final de interés para el proyecto.

En el **Diagrama de bloques 2** se muestra la ampliación de la línea de fangos (**U-200**) que estudia este proyecto más en detalle. Los fangos que son purgados del decantador son **espesados** aumentando la concentración de sólidos y dirigidos hasta la digestión anaerobia.

Durante el proceso de la **digestión anaerobia** se obtiene biogás que será sometido a una **combustión** para obtener gases que pueden ser liberados a la atmósfera. Además, se obtiene el fango tratado, que recibe el nombre de digestato.

Este digestato contiene una gran cantidad de agua que es necesario eliminar. Para ello, la mezcla de digestato y agua será sometida a una **deshidratación** donde se reducirá la humedad hasta una concentración de sólidos suspendidos volátiles de un 16%. El agua obtenida será recirculada a la cabecera de la depuradora para ser tratada con el resto de agua de entrada y el digestato obtenido será recogido por una empresa externa y utilizado en el sector de la agricultura.

6.7 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo del proceso relativo al tratamiento de los fangos (**U-200**) está adjunto en el **Anexo 2**.

6.8 Descripción detallada del proceso

El proyecto está englobado en la unidad **U-200**. El proceso comienza cuando los fangos son purgados del decantador y depositados en una arqueta de recogida de fangos (**A-201**).

Mediante un grupo de bombas de impulsión se recirculan parte de estos fangos al reactor biológico. Para ello se cuenta con tres bombas (**P-201; P-202A/B**), una de ellas de reserva (2+1). La activación de estas bombas se realiza de forma automática por sondas de nivel en la arqueta de recogida de fangos (**A-201**).

El caudal de fangos en exceso, es decir, la parte que no es recirculada, es retirada de la línea de agua y enviada mediante dos bombas centrífugas sumergibles (**P-203A/B**), una de ellas de reserva, a un espesador por gravedad (**S-201**) que tiene un tiempo de retención superior a 24 horas. Con este equipo se consigue una reducción de volumen de la corriente mediante la eliminación parcial de la humedad. El agua procedente de esta separación será conducida por gravedad a un pozo de vaciados (**R-201**) y posteriormente enviada a la cabecera del biológico.

Los fangos espesados serán impulsados mediante dos bombas de desplazamiento positivo (**P-204A/B**), una de ellas de reserva, a un digestor anaerobio (**V-201**) donde se producirá el tratamiento de estos y su higienización. El digestor trabajará a una temperatura de 55°C. Se requiere una recirculación de una parte de los fangos para conseguir la agitación en el interior del digestor (**V-201**). Esta recirculación conllevará el calentamiento del fango para conseguir mantener la temperatura. Para ello, se tomará fango del interior del digestor que mediante dos bombas de impulsión (**P-205A/B**), y tras calentarlo en un intercambiador de calor (**H-202**) se reinyectará en diferentes partes del digestor (**V-201**). El digestor contará con un agitador interno (**MA-203**) para evitar la aparición de zonas muertas en el interior y prevenir problemas si la recirculación no funciona.

El agua caliente utilizada en el intercambiador (**H-202**) será calentada en una caldera eléctrica (**H-201**). Dicha agua potable será recirculada con una bomba de impulsión y otra de repuesto (**P-209A/B**).

Durante el proceso de la digestión se genera biogás, que es quemado en una antorcha (**F-201**) tras haber sido almacenado en un gasómetro (**G-201**) pensado por si el biogás no se genera de forma constante y en cantidad suficiente en el interior del digestor. Con ello se consigue una combustión controlada para evitar expulsar la alta concentración de metano del biogás, altamente contaminante, directamente a la atmósfera. La presión necesaria para el envío de biogás a la antorcha se consigue mediante una soplante (**K-201**) de tipo centrífugo que será gestionada a través de un variador de frecuencia.

Los fangos digeridos en el digestor (**V-201**), digestato con agua, son enviados mediante dos bombas de desplazamiento positivo (**P-207A/B**), una de ellas de reserva, a un equipo de deshidratación (**S-202**).

Para que se produzca una correcta deshidratación se requiere que el digestato esté correctamente acondicionado. Para ello, se recurre a un acondicionamiento químico que permite conseguir la aglomeración de las partículas en forma de flóculos mediante la adición de polielectrolitos que necesitan de concentraciones inferiores a los compuestos inorgánicos como sales de hierro y aluminio. El producto utilizado para la floculación es una disolución de polielectrolito y agua potable en un módulo de preparación de polielectrolito en continuo (**T-201**) que trabaja con dos agitadores (**MA-201; MA-202**). La dosificación del floculante, para

mezclarse con el digestato, se realiza mediante dos bombas de desplazamiento positivo (**P-206A/B**), una de ellas de reserva.

La mezcla del floculante y el digestato pasa a una centrífuga de deshidratación (**S-202**) cuya función es la eliminación de una cierta cantidad de agua del digestato. El consumo energético es bajo y la fiabilidad del equipo es grande por lo que solo se cuenta con una centrífuga. El agua que se separa es conducida por gravedad a un pozo de vaciados (**R-201**) y bombeada a la cabecera del biológico junto con el agua que se ha separado en el espesador (**S-201**).

El digestato deshidratado procedente de la centrífuga de deshidratación (**S-202**) se descarga a una bomba de fango deshidratado (**P-207**), digestato, que bombea hasta una tolva de almacenamiento (**B-201**) de 20 m³ de capacidad que está equipada con una compuerta de salida.

Se prevé la posible instalación de un tanque de almacenamiento de grasa (**T-202**) para mezclarlo con el fango espesado e introducirlo en el digestor anaerobio (**V-201**). Mediante esta adición se consigue realizar un proceso de co-digestión (Flotats, X. et al., 2001) que consiste en tratar residuos orgánicos diferentes de forma conjunta para aprovechar las distintas composiciones y acelerar el proceso, así como amortiguar las variaciones temporales que pueden producirse en la composición y producción del fango. Por ejemplo, la mezcla de purines de cerdo y fangos de depuradora ha proporcionado resultados positivos (Flotats, X. et al., 2001).

6.9 Balances de materia

Se han propuesto dos balances de materia, uno a la línea de aguas y otro a la línea de fangos.

Balance de materia a la línea de agua

El primero de ellos (**Anexo 3**) es correspondiente a la U-100, es decir a la línea de agua. Con ello se conoce el caudal de fango que es necesario tratar en la digestión anaerobia, así como los caudales y composiciones de las corrientes de dicha línea.

Partiendo de:

$$Q_{\text{entradapretratamiento}} = 1700 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$DQO_{\text{entradapretratamiento}} = 500 \frac{\text{mg } O_2}{\text{L}}$$

$$SST_{\text{entradapretratamiento}} = 500 \frac{\text{mg } SST}{\text{L}}$$

A la salida de la planta se obtiene:

$$Q_{\text{aguaclarifica}} = 1671.88 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$DQO_{\text{salidaplanta}} = 44.20 \frac{\text{mg O}_2}{\text{L}}$$

$$\eta_{\text{elimDQO}} = 88\%$$

Además, la purga de fango secundario queda definida como:

$$P_x = 281.18 \frac{\text{kg SSV}}{\text{d}}$$

$$Q_{\text{purga}} = 28.12 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$SSV = 10000 \frac{\text{mg SSV}}{\text{L}}$$

$$DQO_{\text{purga}} = 14244.20 \frac{\text{mg O}_2}{\text{L}}$$

La recirculación tendrá las mismas concentraciones que la purga y el caudal es de:

$$Q_{\text{recirculación}} = 266.92 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Con el objetivo de dejar definida toda la línea de agua se ha calculado:

- **Volumen reactor biológico**

$$V = 1.530 \text{ m}^3$$

- **Edad celular**

$$c = 8,16 \text{ d}$$

Los valores típicos están comprendidos entre 4 y 10 días (Metcalf & Eddy, 2003).

- **Velocidad de utilización del sustrato**

$$U = 0.35 \frac{\text{kg DQO}}{\text{kg SSV} \cdot \text{d}}$$

- **Oxígeno requerido en el proceso**

$$R_0 = 163.08 \frac{\text{kg O}_2}{\text{d}}$$

Balance de materia a la línea de fangos

El otro balance (**Anexo 4**) es correspondiente a la U-200, es decir a la línea de fangos, con el objetivo de caracterizar todas las corrientes y poder realizar el dimensionado del digestor. Los datos obtenidos están recogidos en las Tablas 6 y 7:

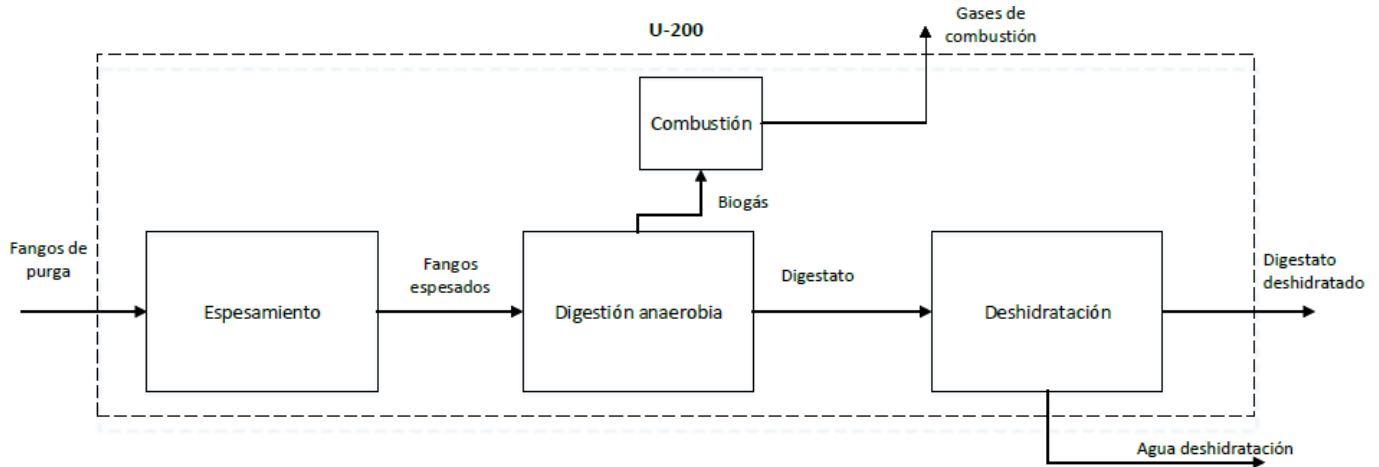


Imagen 5 Diagrama de bloques de la línea de fangos (U-200)

	$\dot{m}_{sólidos}$ (kg/d)	\dot{m}_{agua} (kg/d)	\dot{m}_{total} (kg/d)	Concentración SSV (kg/m ³)	Porcentaje SSV (%)
Fangos de purga	281,18	27.949,35	28.230,54	10,00	1,00
Fangos espesados	281,18	9.091,51	9.372,69	30,69	3,00
Digestato	140,59	9.091,51	9.232,10	15,23	1,52
Digestato deshidratado	140,59	738,32	878,91	160	16,00

	$Q_{sólidos}$ (m ³ /d)	Q_{agua} (m ³ /d)	Q_{total} (m ³ /d)
Fangos de purga	0,17	27,95	28,12
Fangos espesados	0,07	9,09	9,16
Digestato	0,14	9,09	9,23
Digestato deshidratado	0,14	0,74	0,88

Tabla 6 Caracterización de la línea de fangos

	\dot{m}_{CH_4} (kg/d)	\dot{m}_{CO_2} (kg/d)	\dot{m}_{H_2S} (kg/d)	$\dot{m}_{vapordeagua}$ (kg/d)	\dot{m}_{S_2O} (kg/d)	\dot{m}_{total} (kg/d)
Biogás	55,58	66,30	1,71	17,00		140,59
Gases de combustión	-	218,78	-	142,78	3,22	364,78

	Q_{CH_4} (m ³ /d)	Q_{CO_2} (m ³ /d)	Q_{H_2S} (m ³ /d)	$Q_{vapordeagua}$ (m ³ /d)	Q_{S_2O} (m ³ /d)	Q_{total} (m ³ /d)
Biogás	93,23	40,54	1,35	40,54		160,51
Gases de combustión		457,84		729,74	3,5	1.191,08

Tabla 7 Caracterización del biogás generado en la digestión anaerobia y de los gases de combustión

6.10 Dimensionamiento de los equipos

Se procede a obtener las dimensiones adecuadas para cada equipo en función de las necesidades de la planta.

Digestor anaerobio (V-201)

El dimensionamiento del digestor consiste en obtener el volumen del digestor y comprobar que la carga y el tiempo de residencia son los adecuados.

A partir de los cálculos del **Anexo 4** referentes al balance de materia de la línea de fangos, se ha obtenido un caudal de entrada de mezcla de fangos y agua al digestor igual a:

$$Q_{\text{entradadigestor}} = 9.16 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Por otro lado, se establece un tiempo de residencia de 10 días por considerarlo suficiente al estar trabajando a la temperatura de 55°C (Osorio, M. et al., 2013).

$$t_{\text{residencia}} = 10 \text{ días}$$

Por tanto, el volumen del digestor es:

$$V_{\text{digestor}} = Q_{\text{entradadigestor}} \cdot t_{\text{residencia}} = 91.62 \text{ m}^3$$

Se ha realizado un sobredimensionamiento del 10% con el fin de cubrir imprevistos:

$$V_{\text{digestorfinal}} = 1.1 \cdot V_{\text{digestor}} = 100 \text{ m}^3$$

Para comprobar que el volumen determinado es correcto, se procede a calcular la carga del digestor. Dicha carga debe estar entre 2 y 5 kg SSV alimentado/m³ · d (Metcalf & Eddy, 1995). A partir del balance de materia realizado a la línea de fangos (**Anexo 4**) se ha obtenido:

$$SSV_{\text{entradadigestor}} = 281.18 \frac{\text{kg SSV}}{\text{d}}$$

$$Carga = \frac{SSV_{\text{entradadigestor}}}{V_{\text{digestorfinal}}} = 3.07 \frac{\text{kg SSV}_{\text{alimentado}}}{\text{m}^3 \cdot \text{d}}$$

Intercambiador de calor (H-202)

Se recurrirá a un intercambiador de calor tubular. Se ha calculado que, para calentar el fango de **55 a 65** grados, se requiere una potencia calorífica mínima de 1.78 kW, por tanto, el intercambiador será un equipo comercial de potencia mínima **3 kW** para cubrir las pérdidas de calor que pudieran producirse.

Caldera eléctrica (H-201)

Se ha calculado que, para calentar un flujo de agua de **2461.90 kg/d** de **70 a 85** grados, se requiere una potencia calorífica mínima de 1.78 kW, por tanto, la caldera eléctrica será un equipo comercial de potencia mínima **8 kW** para cubrir las pérdidas de calor que pudieran producirse.

Bombas de impulsión (P-209 A/B, P-207 A/B)

La bomba de impulsión **P-209 A/B** se instala para conseguir recircular el agua caliente que entra en el intercambiador de calor. Esta bomba tendrá que ser capaz de soportar un caudal mínimo de **2.46 m³/d.**

La bomba de impulsión **P-207 A/B** se instala para impulsar el digestato hasta la centrífuga de deshidratación. Esta bomba tendrá que ser capaz de soportar un caudal mínimo de **9.23 m³/d.**

Gasómetro (G-201)

Se establece un tiempo de residencia mínimo de 7 horas de almacenamiento del biogás. Por tanto:

$$Q_{\text{entradabiogasgaso}} = 160.51 \frac{m^3}{d}$$

$$t_{\text{residenciagasómetro}} = 7 \text{ horas}$$

$$V_{\text{gasómetro}} = 46 m^3$$

$$V_{\text{gasómetrofinal}} = 50 m^3$$

Antorcha (G-201)

Se escoge una antorcha con un caudal de entrada de 112.47 m³/d en condiciones normales. Con este caudal se escoge una antorcha de **50 W**, que la más pequeña que se puede instalar.

6.11 Características de los equipos

Las características de todos los equipos se encuentran incluidos en el **Anexo 5.**

Digestor anaerobio (V-201)

El digestor será suministrado por la marca **LEV2050**. Será fabricado en acero inoxidable AISI 316 que resiste temperaturas de 65°C y tendrá un volumen de 100 m³.

Su fondo superior es cónico de 15º y el inferior un plano inclinado. Todas las soldaduras son TIG con gas inerte, maceadas para evitar tensiones, esmeriladas, decapadas o pasivadas.

Se introducirá en el digestor un agitador lateral de 5 kW a 200 r.p.m para que la mezcla de mantenga homogénea en caso de que la recirculación no funcionara correctamente. La recirculación lleva una bomba para dar el caudal necesario y se colocarán varios manguitos hembra.

El digestor contará con una válvula blanketing para permitir la entrada de nitrógeno en el digestor y desplazar el oxígeno en el interior del depósito, evitando explosiones. Con el fin de

aumentar la seguridad se establecerá una válvula de sobrepresión en el digester. También se instalará un transmisor de presión diferencial.

La salida del biogás será por la parte superior y tendrá un DN150.

El digester estará aislado en el fondo superior y en la parte recta del depósito mediante lana mineral $e=80$ mm y forro soldado de 2 mm de espesor.

Como accesorios se tendrá: 4 orejetas de izaje, una barandilla perimetral, una bola de limpieza desmontable, una boca de hombre, una conexión macho DIN DN80 más tubo de buzo para entrada de producto, una boca frontal ovaladas y una salida total con válvula mariposa DIN DN80.

Intercambiador de calor (H-202)

Intercambiador de calor marca Sedical para 3 kW de potencia. Compuesto por 20 placas con un régimen de: PRIMARIO (90/50°C+/4kPa)- SECUNDARIO (80/60°C/6kPa).

El equipo tiene que ser diseñado a medida debido a la baja potencia requerida por lo que el precio aumentará considerablemente.

Caldera eléctrica (H-201)

Caldera eléctrica suministrada por BAXI DE 10 kW de potencia conseguida mediante resistencias de 2.5 kW cada una. Cuenta con calderín en chapa de acero aislado con fibra de vidrio.

Incorpora circulador de alta eficiencia, un depósito de expansión, válvula de seguridad y purgador automático. El cuadro de mando tiene selector de potencia giratorio para ajustar la potencia calorífica de la caldera a las exigencias.

Bombas de impulsión (P-207 A/B)

Bomba modelo DN 20L1 de hierro fundido G25 con placa de acero al carbono S235JR.

Bomba de recirculación de caldera (P-209 A/B)

Se ha escogido una bomba circuladora de rotor húmedo de la marca Wilo con unión por bridas y motor ED con adaptación electrónica de la potencia integrada. El modelo concreto es Wilo-Stratos PICO.

Es útil para cualquier sistema de calefacción por agua caliente, circuitos cerrados de refrigeración y sistemas industriales de circulación, por lo que en este caso será utilizada para la recirculación del agua de caldera.

La marca no ha aportado un presupuesto concreto, pero se estima que el precio de una unidad de esta bomba es de unos 850€.

Gasómetro (G-201)

Gasómetro suministrado por la empresa Biogas Technology. Será de 50 m³ y contará con una membrana exterior con revestimiento de PVC de color blanco y una membrana interior de PVC gris con impermeabilidad mejorada a los gases.

Cuenta con una estación de entrega de aire compuesta por un soplante ATEX I13G, un colector de acero inoxidable 304 para conectar el sistema con el gasómetro, una válvula antirretorno, una válvula mariposa, una válvula de alivio de presión de aire, una tubería flexible y un sistema laser de medición de nivel.

Antorcha (G-202)

Antorcha suministrada por Inbiogas. Se trata de un equipo compacto sencillo de aspiración-combustión con capacidad para la extracción y combustión de hasta 50 m³/h de biogás (contenido en metano entre el 50% y el 70% (v/v)).

Se incluye chasis metálico para colocación de los demás elementos, calderería en acero (según elementos, acero al carbono zincado, galvanizado en caliente o acero inoxidable), compensadores elásticos a la entrada y salida del soplante y filtro de gas a la entrada de la soplante.

Cuenta con un filtro cortallamas entre soplante y antorcha, conforme ATEX, resistente a combustión prolongada y válvulas manual y automática.

En el propio equipo compacto se dispone de una válvula automática general de tipo electroválvula (para evitar que salga biogás cuando el equipo esté parado), de accionamiento eléctrico, así como una válvula manual a la entrada del equipo.

La antorcha es de tipo llama libre, con encendido mediante electrodo y control de encendido y temperatura con termopar. Tiene cuadro de control y maniobra, con variador para gestión de la soplante, indicadores y mandos. Con sistema automático de encendido de la antorcha.

7. ESTUDIO ECONÓMICO

7.1 Precio actual del fango

SOMACYL S.A tiene contratada la recogida de fangos deshidratados, sin tratamiento previo de higienización, por un precio de 34,90 €/t. Este precio incluye la carga de los fangos de las instalaciones de SOMACYL en equipos de transporte adecuados, desplazamiento de estos hasta las instalaciones correspondientes y las posteriores operaciones de valorización de los fangos en las instalaciones de destino.

Este precio es elevado debido a la imposibilidad de aplicar estos fangos directamente en el terreno como fertilizantes. El motivo es que son fangos sin tratar, que han sido purgados directamente del decantador secundario. Su único tratamiento antes de ser recogidos por una empresa externa es la eliminación de una parte del agua.

La empresa que se encarga de recoger estos fangos tiene que asegurarse de que reciban el tratamiento adecuado antes de ser utilizados en otros sectores o ser eliminados. Este hecho, unido al transporte de los fangos hasta las instalaciones de destino, hace que se encarezca mucho el precio.

7.2 Precio estimado del fango

El precio estimado del fango una vez ejecutado el proyecto será considerablemente más bajo. El motivo es claro, el fango recibe un tratamiento de higienización en la propia planta. Por tanto, los fangos solo tienen que ser recogidos por una empresa externa y ser descargados directamente en terrenos autorizados para ello.

Actualmente, es muy difícil conocer el precio exacto de recogida de los fangos que supondría esta mejora en la planta. Sin embargo, se puede estimar un precio similar al de otras plantas con las mismas características. Este es el caso de la EDAR de Valladolid. En ella, los fangos secundarios son purgados y sometidos a una digestión anaerobia alcanzando temperaturas elevadas durante largos periodos de tiempo. La recogida de estos fangos supone un precio aproximado de 5,50 €/t.

Puesto que los fangos de las depuradoras de SOMACYL se encuentran mucho más dispersos por todo Castilla y León, el precio del transporte se ve incrementado. En consecuencia, se estima un precio de unos 15,00 €/t.

7.3 Precio de los equipos

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 8) con los presupuestos de todos los equipos necesarios en el proyecto. Están detallados **Anexo 5**. Para su obtención se procedió a solicitar ofertas a varios fabricantes y obtener lo más adecuados en relación calidad precio:

Digestor anaerobio (V-201)	81.743,00€
Intercambiador de calor (H-202)	620,00€
Caldera eléctrica (H-201)	1.635,00€
Bombas de impulsión (P-207A/B)	4.097,60€
Bombas de recirculación de caldera (P-209A/B)	850,00€
Gasómetro (G-201)	14.100,00€
Antorcha (G-202)	16.480,00€

Tabla 8 Precio de los equipos

7.4 Viabilidad del proyecto

El estudio de la viabilidad del proyecto consiste en:

- Cálculo de la inversión del proyecto. Esta inversión se ha obtenido de incluir el coste de obra civil, de los equipos mecánicos, de la instalación eléctrica, de la retirada de los residuos de obra y de la realización del estudio de seguridad y salud.
- Cálculo del coste de explotación. Se divide en costes fijos (personal, desplazamiento de vehículos, fungibles de laboratorio y mantenimiento del proceso) y costes variables (energía y recogida del digestato deshidratado por una empresa externa).
- Obtención del VAN (beneficio final tras 20 años de vida útil de la instalación) y de la rentabilidad.

Coste de inversión

El presupuesto completo se encuentra adjunto en el **Anexo 6**. El coste de inversión del proyecto es de **ciento sesenta mil novecientos ochenta y cuatro euros con sesenta y tres céntimos (160.984,63€)**.

Coste de explotación

El presupuesto de explotación se divide en costes fijos y costes variables.

Costes fijos

Se ha añadido un pequeño coste de personal, de desplazamiento en vehículo, de fungibles de laboratorio y mantenimiento de esa parte del proceso productivo. **Estos costes son muy reducidos porque se corresponden tan solo con la ampliación de la planta.**

- Personal:

Tabla 9 Costes fijos de personal (proyecto)

Cantidad	Recursos	Dedicación	Coste Año	TOTAL
----------	----------	------------	-----------	-------

1	Jefe Planta	0,10%	50.000€	50€
1	Analista Laboratorio Oficial	0,30%	30.000€	90€
1	Electromecánico	0,50%	25.500€	127,50€
1	Operarios	1,00%	22.000€	220€
			Subtotal	487,50€

- Desplazamiento en vehículos:

Tabla 10 Costes fijos de desplazamiento de vehículos (proyecto)

Cantidad	Recursos	Dedicación	Coste Año	TOTAL
1	Furgoneta	2,5%	4.800€	120€
1	Combustible	2,5%	2.500€	62,50€
			Subtotal	182,50€

- Fungibles de laboratorio:

Tabla 11 Costes fijos de fungibles de laboratorio (proyecto)

Subtotal	50 €
-----------------	-------------

- Mantenimiento del proceso productivo:

Tabla 12 Costes fijos de mantenimiento de proceso productivo (proyecto)

Mantenimiento	
Mantenimiento Preventivo	100€
Mantenimiento Correctivo	750€
Mantenimiento Obra civil	200€
Subtotal	1.050,00€

Por tanto, el total de los costes fijos en un año es:

Total Costes Fijos = 1.770,00€

Costes variables

Los costes variables son los relativos a la energía y a la retirada de los residuos por la empresa gestora encargada de ello.

- Energía:

El coste de energía se divide en término de potencia y término de energía. La energía no cuesta lo mismo durante todo el día, sino que se divide en tres periodos distintos (valle, llano y punta). Los precios en cada uno de ellos son diferentes siendo el más barato el valle (P3). Los horarios de cada uno de los periodos se encuentran adjunto en el **Anexo 7**.

Los precios de cada una de las franjas han sido acordados por parte de SOMACYL con la compañía eléctrica correspondiente.

Se establece que se requerirá una potencia de 8 kW las 24 horas del día, todos los días del año. Esta potencia es la correspondiente a la caldera eléctrica. No se han tenido en cuenta el resto de los equipos (generalmente, bombas) porque la potencia es muy inferior y se entiende que ésta es la predominante.

Término de potencia

Tabla 13 Precios de las franjas horarias

P1	0,162119	Euros/kW·d
P2	0,099974	Euros/kW·d
P3	0,022925	Euros/kW·d

$$\text{Coste} = 8 \text{ kW} \cdot (0,162119 + 0,099974 + 0,022925) \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{d}} = 832,25 \text{ €/año}$$

Término de energía

$$\text{Energía requerida} = 8 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 365 \text{ d} = 70.080 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Tabla 14 Precios de las franjas horarias

P1	0,103533	Euros/kWh
P2	0,095062	Euros/kWh
P3	0,073877	Euros/kWh

Se establece que cada uno de los periodos se da a lo largo de un año en un porcentaje de:

Tabla 15 Periodos en % durante un año

%P1	16,67%
%P2	50,00%
%P3	33,33%

$$\text{Coste} = 70080 \cdot 0,103533 \cdot 0,1667 + 70080 \cdot 0,095062 \cdot 0,5 + 70080 \cdot 0,073877 \cdot 0,3333$$

$$\text{Coste} = 6.266,07 \text{ €/año}$$

Por tanto, el coste de energía total es:

$$\text{Energía} = \text{TérminoPotencia} + \text{TérminoEnergía} = 7.461,24 \text{ €}$$

- Retirada de residuos:

Teniendo en cuenta que la densidad del digestato a la salida es de 1400 kg/m³ y salen de la planta 0.88 m³digestato/d, se obtienen unas toneladas de digestato de:

$$\text{Digestato} = 1.400 \cdot 0,88 \cdot \frac{365}{1000} = 449,68 \frac{\text{t}}{\text{año}}$$

El precio de recogida de las toneladas es de 15 €/t:

$$\text{Coste Retirada} = 449,68 \cdot 15 = 6.745,2 \text{ €/año}$$

Por tanto, el total de los costes variables en un año es:

$$\text{Total Costes Variables} = 14.206,44 \text{ €}$$

Coste total

Por tanto, el coste total de explotación es de:

$$\text{Coste explotación} = 14.206,44 + 1770 = 15.976,44 \text{ €}$$

Se obtiene un total de coste de explotación **de quince mil novecientos setenta y seis euros y cuarenta y cuatro céntimos (15.976,44€)**.

Ahorro obtenido

Antes de la construcción de esta parte del proceso productivo se obtenían unas 899,36 toneladas de fango deshidratado al año. Estas toneladas eran gestionadas por una empresa externa a un precio de 34,90 €/t. Por tanto, el coste la gestión de los fangos generados era de:

$$\text{CosteFangoAntesProyecto} = 899,36 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \cdot 34,9 \frac{\text{€}}{\text{ton}} = 31.387,66 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

El coste de la gestión de los fangos una vez llevado a cabo el proyecto es:

$$\text{CosteFangoDespuésProyecto} = 15.976,44 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Por tanto, el ahorro generado es de:

$$\text{Ahorro} = 31.387,66 - 15.976,44 = 15.411,22 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

VAN y TIR

El **valor actual neto (VAN)** permite calcular el valor presente en un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La **tasa interna de retorno (TIR)** permite saber si invertir en este proyecto es viable.

Se ha calculado el VAN y el TIR para un tiempo de vida útil de planta de 20 años.

No se ha considerado variación en los costes de explotación, energía y gestión del residuo para realizar este análisis a lo largo de los 20 años debido a gran fluctuación de estas variaciones.

El primer año debe hacerse una inversión de 160.984,63€. Además, tanto durante ese año como el resto de vida útil de la planta, se realizaría un coste de 15.976,44€ referentes al mantenimiento, retirada de fangos, etc. Finalmente, cada año se ahorraría lo referente al coste de gestión de los fangos antes de la construcción del proyecto, es decir, 31.387,66€.

Todos los datos referentes los costes y amortización de cada año se encuentran especificados en la Tabla 1 del **Anexo 8**. Se ha obtenido:

$$VAN = 147.239,80€$$

$$TIR = 8\%$$

Por tanto, este proyecto tiene una rentabilidad del 8% y generaría unos beneficios de **ciento cuarenta y siete mil doscientos treinta y nueve euros con ochenta céntimos (147.239,80€)** al cabo de 20 años. Además, la inversión se recuperaría en 11 años.

Para este cálculo se ha considerado que la inversión se realiza íntegra el primer año, sin embargo, es necesario tener en cuenta que hay que pedir un préstamo al banco para realizar la inversión. Este préstamo se pedirá a cuota constante con un interés de 3.25% a 20 años.

Para obtener la rentabilidad del proyecto si se pide el préstamo se han realizado los cálculos con el método francés. Los datos referentes a los costes y amortización anual se encuentran especificados en la Tabla 2 del **Anexo 8**. Se ha obtenido:

$$VAN = 88.664,43€$$

$$Rentabilidad = 3\%$$

Por tanto, el proyecto obtiene menos rentabilidad si se financia. Aunque el beneficio es menor que si no se obtiene financiación de terceros, el proyecto sigue siendo rentable en un 3% al cabo de 20 años.

Con el objetivo de intentar aumentar la viabilidad del proyecto se procede al estudio de dos alternativas que contribuirán a la reducción de los costes de explotación de la planta.

7.5 Viabilidad del proyecto con aprovechamiento del biogás

Para el aprovechamiento de este biogás, que es generado en el digestor anaerobio, se propone utilizar una **microturbina para la cogeneración**. Con ella, se aprovecha el biogás para generar energía eléctrica.

Entre los motivos de la elección de la microturbina destacan un coste muy pequeño de mantenimiento y explotación y emisiones contaminantes muy bajas. Además, se adaptan perfectamente a las características del biogás como combustible y permiten mantener una elevada eficiencia energética. La eficiencia eléctrica obtenida con la microturbina es de un 35%.

Para generar energía, las microturbinas constan de un compresor de aire de varias etapas, una cámara de combustión y varias etapas de turbina.

Durante la realización del proyecto se ha obtenido que se genera una cantidad de biogás en condiciones normales de **112,47 Nm³/d**.

Considerando que el biogás tiene un poder calorífico superior (PCS) de 5200 kcal/Nm³ y que 1kWh es igual a 859 kcal, se obtiene un poder calorífico inferior es de **6,05 kWh/Nm³** según la Resolución de 27 de diciembre de 2013, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se actualiza el anexo de la Orden ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables. (Junta de Castilla y León, 2013)

Junta de Castilla y León (2013). *Resolución de 27 de diciembre de 2013, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se actualiza el anexo de la Orden ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renov.* 6449, 20648–20659. [Fecha de consulta: 02/07/2019] Retrieved from: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Por tanto, la potencia disponible es de:

$$Potencia\ disponible = Q \cdot PCI = 112,47 \frac{Nm^3}{d} \cdot 6,05 \frac{kW \cdot h}{Nm^3} \cdot \frac{1\ d}{24\ h} = 28,35\ kW$$

Se necesitará una turbina cuya potencia energética neta sea al menos de este valor y se utilizará toda la energía obtenida del biogás para autoconsumo en planta, bien en la línea de fangos o en la línea de agua.

Sabiendo que:

$$\eta_{motores} = 26 \%$$

Se obtiene que la potencia necesaria es:

$$Potencia\ requerida = \frac{Potencia\ disponible}{\eta_{motores}} = \frac{28.35}{26\%} = 109,05\ kW$$

Sin embargo, el biogás obtenido de esta digestión anaerobia no cumple las especificaciones que indica la resolución de 21 de diciembre de 2012, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se modifica el protocolo de detalle PD-01 «Medición, Calidad y Odorización de Gas» de las normas de gestión técnica del sistema gasista (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2013).

Tabla 16 Concentraciones requeridas del biogás según normativa

Concentración	CO ₂	H ₂ S	O ₂	N ₂	CH ₄	NH ₃	Benceno	Tolueno	Siloxano
%	2.5		0.01		95				
mg/Nm ³		15				3	500		10

Por tanto, es necesario realizar un proceso de desulfuración previo a la utilización de la microturbina, ya que el H₂S es muy tóxico y corrosivo.

La desulfuración del biogás se puede hacer de varias formas diferentes:

- **Absorción** con compuestos orgánicos e inorgánicos
- **Métodos biotecnológicos** usando microorganismos para eliminar el azufre y otros compuestos transformándolos en elementos más sencillos de fácil eliminación.
- **Adsorción** por métodos físicos, es decir, sólidos específicos que son capaces de retener en su superficie ciertas sustancias de una solución.
- Separación por **membranas**.
- **Proceso microaerobio** que consiste en inyectar una pequeña cantidad de oxígeno en el digestor para hacer reaccionar el H₂S hasta SO₂.

El método más común para realizar la desulfuración es la absorción húmeda, en el que se usa amina como disolvente. Posteriormente, la amina se regenerará en una columna de platos (Almendros, S., 2018).

Además, hay que reducir el contenido de CO₂, pues hay que aumentar la concentración de metano. Existen varias técnicas para lograr este objetivo. La más novedosa es depurar el biogás con microalgas. Con este método se ha logrado reducir el contenido del CO₂ en un 90% (La vanguardia, 2017).

Coste de inversión

Debido al proceso de limpieza del biogás y su conversión en energía eléctrica, se estima que el coste de inversión aumentaría considerablemente. El presupuesto completo con los

cálculos nuevos se encuentra en el **Anexo 9**, y asciende a un total de **cuatrocientos sesenta y ocho mil trescientos treinta y siete euros y veinticinco céntimos (468.337,25€)**.

Coste de explotación

El coste de explotación también se vería incrementado pues se requiere un mayor mantenimiento de toda la instalación. **Estos costes son muy reducidos porque se corresponden tan solo con la ampliación de la planta.**

Costes fijos

- Personal:

Tabla 17 Costes fijos de personal (aprovechamiento de biogás)

Cantidad	Recursos	Dedicación	Coste Año	TOTAL
1	Jefe Planta	0,50%	50.000€	250€
1	Analista Laboratorio Oficial	0,80%	30.000€	240€
1	Electromecánico	1,10%	25.500€	280,50€
1	Operarios	2,00%	22.000€	440€
			Subtotal	1.210,50€

- Desplazamiento en vehículos:

Tabla 18 Costes fijos de desplazamiento de vehículos (aprovechamiento de biogás)

Cantidad	Recursos	Dedicación	Coste Año	TOTAL
1	Furgoneta	4,0%	4.800€	192€
1	Combustible	4,0%	2.500€	100€
			Subtotal	292,00€

- Fungibles de laboratorio:

Tabla 19 Costes fijos de fungibles de laboratorio (aprovechamiento de biogás)

Subtotal	150,00 €
----------	-----------------

- Mantenimiento del proceso productivo:

Tabla 20 Costes fijos de mantenimiento del proceso productivo (aprovechamiento de biogás)

Mantenimiento	
Mantenimiento Preventivo	500€
Mantenimiento Correctivo	1.200€
Mantenimiento Obra civil	400€
Subtotal	2.100,00€

Por tanto, el total de los costes fijos en un año es:

$$\text{Total Costes Fijos} = 3.752,50\text{€}$$

Costes variables

- Energía:

Se establece que se requerirá una potencia de 40 kW las 24 horas del día, todos los días del año.

Término de potencia

Tabla 21 Precios de las franjas horarias

P1	0,162119	Euros/kW·d
P2	0,099974	Euros/kW·d
P3	0,022925	Euros/kW·d

$$\text{Coste} = 40 \text{ kW} \cdot (0,162119 + 0,099974 + 0,022925) \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{d}} = 4.161,26 \text{ €/año}$$

Término de energía

$$\text{Energía requerida} = 40 \text{ kW} \cdot 24\text{h} \cdot 365\text{d} = 350.400 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Tabla 22 Precios de las franjas horarias

P1	0,103533	Euros/kWh
P2	0,095062	Euros/kWh
P3	0,073877	Euros/kWh

Se establece que cada uno de los periodos se da a lo largo de un año en un porcentaje de:

Tabla 23 Periodos en % durante un año

%P1	16,67%
%P2	50,00%
%P3	33,33%

$$\text{Coste} = 350.400 \cdot 0,103533 \cdot 0,1667 + 350.400 \cdot 0,095062 \cdot 0,5 + 350.400 \cdot 0,073877 \cdot 0,3333$$

$$\text{Coste} = 31.330,37 \text{ €/año}$$

Por tanto, el coste de energía total es:

$$\text{Energía} = \text{TérminoPotencia} + \text{TérminoEnergía} = 37.306,21 \text{ €}$$

- Retirada de residuos:

Teniendo en cuenta que la densidad del digestato a la salida es de 1.400 kg/m³ y salen de la planta 0,88 m³digestato/d. Por tanto, se obtienen unas toneladas de digestato de:

$$\text{Digestato} = 1.400 \cdot 0,88 \cdot \frac{365}{1000} = 449,68 \frac{\text{t}}{\text{año}}$$

El precio de recogida de las toneladas es de 15 €/t:

$$\text{Coste Retirada} = 449,68 \cdot 15 = 6.745,2 \text{ €/año}$$

Por tanto, el total de los costes variables en un año es:

$$\text{Total Costes Variables} = 44.051,41 \text{ €}$$

Coste total

$$\text{Coste explotación} = 44.051,41 + 3.752,50 = 47.803,91 \text{ €}$$

Se obtiene un total de coste de explotación de cuarenta y siete mil ochocientos tres euros y noventa y un céntimos (**47803,91€**).

Sin embargo, se produciría un ahorro de:

$$\text{Ahorro kWh anual} = 28,35 \text{ kW} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} \cdot \frac{31 \text{ d}}{1 \text{ mes}} \cdot \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 253.108,80 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Considerando el coste del kWh de unos 0,121 €/kWh, se obtiene un ahorro energético anual de:

$$\text{Ahorro € anual} = 0,121 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 253.108,80 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = 30.626,16 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Ahorro obtenido

Con el tratamiento del biogás se obtendría un aumento en el ahorro anual.

$$\text{Ahorro € total} = 30.626,16 + 15.411,22 = 46.037,38 \text{ €}$$

El ahorro anual obtenido es de **cuarenta y seis mil treinta y siete euros con treinta y ocho céntimos (46.037,38€)**.

VAN y TIR

A partir de estos datos se ha calculado el VAN y el TIR del proyecto. Todos los datos se encuentran en la Tabla 3 del **Anexo 8**. No se ha considerado variación en los costes de explotación, energía y gestión del residuo para realizar este análisis a lo largo de los 20 años debido a gran fluctuación de estas variaciones.

$$VAN = -184.139,03\text{€}$$

$$TIR = -5\%$$

Por tanto, este proyecto no es rentable, debido a la alta inversión que hay que realizar y al elevado coste de explotación que supone el incremento de la instalación.

Si el proyecto es financiado a 20 años, con un interés del 3,25%, se obtiene:

$$VAN = -354.561,78\text{€}$$

$$\text{Rentabilidad} = -4\%$$

Todos los datos se encuentran en la Tabla 4 del **Anexo 8**.

Por tanto, el proyecto no es rentable, debido no solo a la alta inversión a realizar y al coste de explotación sino también a los intereses derivados del préstamo.

7.6 Viabilidad del proyecto con placas fotovoltaicas

Otra de las alternativas para aumentar la rentabilidad del proyecto puede ser la colocación de placas solares fotovoltaicas. Con estas placas se conseguiría una reducción en el consumo eléctrico disminuyendo el término de energía.

Un panel fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares que convierten los fotones que llegan de la luz del sol en electricidad. Cuanta más luz se pueda captar, más energía eléctrica podrá producirse (Eficienciaenergética, 2019).

En cada panel solar fotovoltaico, todas las células están conectadas entre sí eléctricamente y montadas sobre un soporte.

Existen varios tipos de paneles solares fotovoltaicos por lo que el primer paso es elegir la tecnología de fabricación más adecuada para las células. Los más utilizados son (Eficienciaenergética, 2019):

- **Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos:** son obtenidos del silicio puro fundido y dopado con boro. Se cristaliza en varias fases para conseguir monocristal. El rendimiento en de estos paneles está en torno al 15% y al 18%.
- **Paneles solares fotovoltaicos policristalinos:** son parecidos a los anteriores, pero se reducen las fases de cristalización. El coste de fabricación en este caso es menor y se estructura en cristales distinguiéndose distintos tonos de azul. El rendimiento de estos paneles está en torno al 12 y el 14%.
- **Paneles solares fotovoltaicos amorfos:** se fabrican mediante la colocación de una fina capa de silicio amorfo (no cristalino), sobre una superficie de vidrio o plástico. Al igual que en el caso anterior el coste de fabricación es menor. Sin embargo, el rendimiento de estas placas es inferior, en torno al 10%.

A pesar de que los rendimientos de los paneles monocristalinos son mayores, se ha comprobado que, ante un aumento de la temperatura, los paneles policristalinos se comportan mejor que los monocristalinos debido al coeficiente térmico y a los colores más claros de los cristales (Eficienciaenergética, 2019). Por tanto, se propone la instalación de **paneles solares fotovoltaicos policristalinos**.

Se recomienda la instalación de paneles con una potencia máxima de 8 kW, pues es la requerida por la caldera eléctrica, el equipo necesario en la ampliación de la planta que mayor potencia consume.

Se propone para la instalación paneles solares fotovoltaicos policristalinos Talesun de 330 W con 72 células cada uno. Cuentan con gran resistencia a las condiciones climatológicas adversas y a las condiciones ambientales extremas. El precio de cada uno de estos paneles es de 128,33€.

Se requieren un total de 25 paneles.

$$N^{\circ} \text{ Paneles requeridos} = \frac{8000 \text{ W}}{330 \text{ W}} = 24,24 \approx 25 \text{ paneles}$$

Además, es necesario instalar un inversor conectado a las placas que transformen la corriente continua que entra en corriente alterna, y que ésta luego pueda ser llevada a la caldera eléctrica. Se recomienda instalar dos inversores HD Wave 4000W SolarEdge Conexión Red Monofásico para asimilar la potencia máxima de 8 kW instalada en las placas. El precio de cada inversor es de 1.088,57€.

La ficha técnica completa de los paneles y de los inversores se encuentra adjunta en el **Anexo 10**.

Coste de inversión

El presupuesto total de la inversión inicial completo se adjunta en el **Anexo 11**. En dicho presupuesto se ha incluido el coste de la compra de los paneles y de los inversores, así como la instalación y puesta en marcha de éstos. El presupuesto de la inversión con esta alternativa

ascendería a un total de **ciento setenta y cinco mil setecientos veintitrés euros con cuarenta y cinco céntimos (175.723,45€)**.

Coste de explotación

Costes fijos

Los costes fijos de explotación se mantendrían constantes. **Estos costes son muy reducidos porque se corresponden tan solo con la ampliación de la planta.**

$$\text{Costes fijos (placas)} = 1.770,00\text{€}$$

Costes variables

- Energía:

Se establece que se requerirá una potencia de 8 kW las 24 horas del día, todos los días del año.

Término de potencia

Tabla 24 Precios de las franjas horarias

P1	0,162119	Euros/kW·d
P2	0,099974	Euros/kW·d
P3	0,022925	Euros/kW·d

$$\text{Coste} = 8 \text{ kW} \cdot (0,162119 + 0,099974 + 0,022925) \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{d}} = 832,25 \text{ €/año}$$

Término de energía

$$\text{Energía requerida} = 8 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 365 \text{ d} = 70.080 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Sin embargo, hay que tener en cuenta la energía real que dan las 25 placas fotovoltaicas instaladas. Para obtener la energía real proporcionada por las placas se ha utilizado un programa denominado "PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM" que se encuentra disponible on-line en el enlace http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html.

La energía fotovoltaica en kWh producida cada mes sería la especificada en la Imagen 6. Dicha energía ha sido obtenida para la potencia máxima instalada en las placas solares fotovoltaicas policristalinas de 8 kW. La inclinación de estas placas debe ser de 35°. Toda la información sobre la energía proporcionada por las placas solares se encuentra adjunto en el **Anexo 12**.

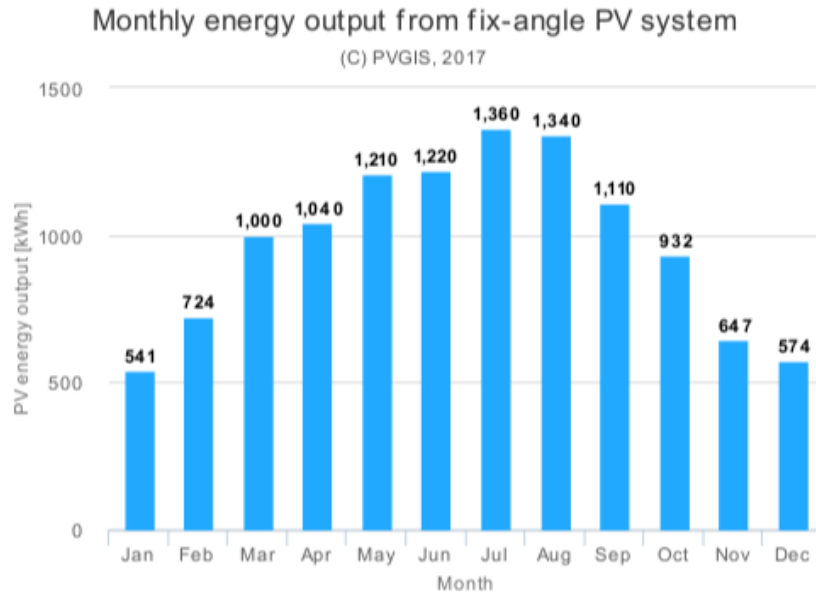


Imagen 6 Energía mensual producida por las placas solares policristalinas

Por tanto, la energía total aportada a lo largo de un año es de:

$$E.FV = \text{Energía aportada por placas} = 11.700 \frac{kWh}{\text{año}}$$

Por lo que:

$$\text{Energía requerida final} = 70.080 - 11.700 = 58.380 \frac{kWh}{\text{año}}$$

Tabla 25 Precios de las franjas horarias

P1	0,103533 Euros/kWh
P2	0,095062 Euros/kWh
P3	0,073877 Euros/kWh

Se establece que cada uno de los periodos se da a lo largo de un año en un porcentaje de:

Tabla 26 Precios de las franjas horarias

%P1	16,67%
%P2	50,00%
%P3	33,33%

$$\text{Coste} = (57.903 \cdot 0,103533 \cdot 0,1667 + 57.903 \cdot 0,095062 \cdot 0,5 + 57.903 \cdot 0,073877 \cdot 0,3333)$$

$$\text{Coste} = 5.219,94 \text{ €/año}$$

Por tanto, se produciría un ahorro en coste eléctrico de 1.088,78€.

$$\text{Ahorro € anual} = 6.266,07 - 5.219,94 = 1.046,13 \text{ €}$$

Por tanto, el coste de *energía* total es:

$$\text{Energía} = \text{TérminoPotencia} + \text{TérminoEnergía} = 6.361,62 \text{ €}$$

- Retirada de residuos:

Teniendo en cuenta que la densidad del digestato a la salida es de 1.400 kg/m³ y salen de la planta 0,88 m³digestato/d. Por tanto, se obtienen unas toneladas de digestato de:

$$\text{Digestato} = 1.400 \cdot 0,88 \cdot \frac{365}{1000} = 449,68 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

El precio de recogida de las toneladas de fango es de 15 €/t:

$$\text{Coste Retirada} = 449,68 \cdot 15 = 6.745,2 \text{ €/año}$$

Por tanto, el total de los costes variables en un año es:

$$\text{Total Costes Variables} = \mathbf{13.106,82€}$$

Coste total

$$\text{Coste explotación} = \mathbf{13.106,82 + 1.770,00 = 14.876,82 €}$$

Ahorro obtenido

Con la instalación de las placas solares fotovoltaicas policristalinas se obtendría un aumento en el ahorro anual de:

$$\text{Ahorro € total} = \mathbf{1.046,13 + 15.411,22 = 16.457,35€}$$

El ahorro anual obtenido es de **dieciséis mil cuatrocientos cincuenta y siete euros con treinta y cinco céntimos (16.457,35€)**.

VAN y TIR

Con los datos obtenidos previamente, se puede obtener de nuevo el VAN y el TIR. No se ha considerado variación en los costes de explotación, energía y gestión del residuo para realizar este análisis a lo largo de los 20 años debido a gran fluctuación de estas variaciones.

$$\text{VAN} = 154.493,37 \text{ €}$$

$$\text{TIR} = 8\%$$

Todos los datos se encuentran en la Tabla 5 del **Anexo 8**.

Por tanto, se obtiene que este proyecto es rentable. Sin embargo, el TIR no varía frente a la opción de no instalar las placas. El coste de la inversión sería recuperado en 11 años.

Si el proyecto es financiado a 20 años, con un interés del 3.25%, se obtiene:

$$\text{VAN} = 90.556,82€$$

$$\text{Rentabilidad} = 3\%$$

Todos los datos se encuentran en la Tabla 6 del **Anexo 8**.

Por tanto, esta alternativa reduciría el gasto de energía eléctrica y aumentaría el beneficio al cabo de 20 años. Además, instalando placas solares se contribuye con el medio ambiente,

pues se trata de una energía renovable, por lo que se recomienda el estudio exhaustivo de esta alternativa.

7.7 Comparación de alternativas

A continuación, se adjunta una tabla comparativa que resume la viabilidad de las diferentes opciones.

Tabla 27 Comparación económica de alternativas

	Coste de inversión	Coste de explotación	Ahorro total	VAN	Rentabilidad
Proyecto original	160.984,63 €	15.976,44 €	15.411,22 €	88.664,43 €	3%
Alternativa: Aprovechamiento del biogás	468.337,25 €	47.803,91 €	46.037,38 €	- 354.561,78 €	-4%
Alternativa: Placas solares fotovoltaicas policristalinas	175.723,45 €	14.876,82 €	16.457,35 €	90.556,82 €	3%

La alternativa propuesta en este estudio es viable obteniendo una rentabilidad del 3% y unos beneficios de 88.664,43 € al cabo de 20 años.

Sin embargo, cuando se estudia la viabilidad de instalar placas solares fotovoltaicas los beneficios al cabo de 20 años son de 90.556,82 €. Por tanto, se recomienda estudiar más detalladamente la rentabilidad de esta opción pues aumenta los beneficios y contribuye con el medioambiente mediante el uso de energías renovables.

Finalmente, la alternativa de aprovechar el biogás ha resultado no ser rentable, debido al elevado coste de inversión inicial que supone acondicionar adecuadamente el biogás y luego obtener la energía. Con esta alternativa se pierden 354.561,78 € al cabo de 20 años.

8. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

El fango obtenido en la depuración de las aguas residuales es un residuo. La generación de este fango en las depuradoras es siempre consecuencia de la cantidad de materia orgánica que tiene el agua residual que entra en la planta.

Como ya se ha comentado, la gestión de estos fangos es compleja y muy costosa. Además, su destino final es cada vez más limitado. Por ello, es necesario reducir la cantidad de fangos generados en las depuradoras.

En la actualidad se están realizando ensayos a escala de laboratorio que reducirían la cantidad de fangos a tratar. Entre ellos se encuentran:

- Adición de compuestos desacopladores del metabolismo microbiano.
- Proceso OSA, es decir, la combinación de condiciones aerobias y anóxicas.
- Solubilización del fango mediante enzimas hidrolíticas que se generan en el proceso de digestión aerobia de fangos.

Estas alternativas de reducción de fangos se encuentran aún en proceso de estudio y requieren un mayor coste en la explotación de la planta, pues supone un aumento en el consumo de reactivos, además de un aumento de la dificultad en el trabajo de los operarios.

A pesar de que las alternativas mencionadas podrían resultar interesantes en el futuro, la reducción de los fangos a tratar pasa por llevar a cabo un consumo responsable del agua.

Pequeñas acciones como cerrar el grifo al lavar los platos o no abusar del detergente contribuyen a eliminar la carga de materia que llega en el agua residual y con ello la producción de este residuo.

8.1 Destino de los productos y subproductos

Una vez que el fango ha sido generado tiene que ser tratado. En este proyecto, se ha estudiado una forma de hacerlo, mediante de digestión anaerobia, para llevarlo a cabo en las pequeñas depuradoras. Sin embargo, durante el proceso de adecuación de los fangos se generan unos productos y subproductos que es necesario gestionar.

Digestato

El producto digerido será gestionado por una empresa externa. Su destino será el tratamiento de suelos (R10) mediante la aplicación directa del digestato en el terreno. Esta operación puede realizarse porque los fangos han sido higienizados para eliminar patógenos.

Se realizarán las analíticas oportunas con el fin de controlar que el digestato cumple con las condiciones óptimas para ser aplicado en el terreno.

Los parámetros que deben analizarse, como mínimo son los especificados en el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario (Ministerio de agricultura pesca y alimentación, 1990).

- Materia seca
- Materia orgánica
- pH
- Nitrógeno

- Fósforo
- Cadmio, cobre, níquel, plomo, zinc, mercurio y cromo

Con este producto se consigue evitar la utilización de fertilizantes más potentes que contaminan en mayor medida los suelos donde son aplicados, así como las aguas subterráneas.

Agua

Se estima un aumento en el consumo de agua debido a la caldera eléctrica de unos 2.46 m³/d al inicio de las operaciones más la compensación de pérdidas que pudiera producirse durante el proceso. Además, es necesario tener en cuenta que se necesitará agua para las labores de limpieza puntual y el lavado del digestor.

Durante el proceso de la línea de fangos solo se producen aguas residuales procedentes del espesamiento de los fangos y de la deshidratación del digestato, pero no de la digestión en sí misma. Estas aguas residuales, que corresponden a unos 21.16 m³/d, será enviada a cabecera de planta (línea de aguas) para ser tratadas con el resto del agua residual.

Lixiviados y pluviales

No está prevista la generación de lixiviados durante el proceso y las aguas pluviales son consideradas despreciables y tratada en la línea de aguas.

8.2 Condiciones de ventilación e iluminación

Ventilación

El digestor se encontrará en un espacio abierto por lo que no se requieren equipos de ventilación como extractores.

Iluminación

No se prevé en ningún momento trabajar de noche en la planta y por lo tanto, no se prevén condiciones específicas para dicho trabajo.

8.3 Control de emisiones

Además de la generación de productos y subproductos, es necesario tener en cuenta cualquier tipo de emisión que pudiera producirse, ya que puede causar distintos problemas de contaminación medioambiental.

Emisiones atmosféricas

Se generan dos tipos de fuentes emisoras de gases contaminantes.

- **Emisiones concretas**

Las emisiones de los focos concretos corresponden a la combustión del biogás en la antorcha.

Según el Anexo del RD 100/2011, de 28 de enero, por el que actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera (CAPCA-2010): las antorchas de

biogás corresponden al Grupo B, código 09 04 01 03. Se realizarán los muestreos necesarios para controlar todas las condiciones.

Es importante y recomendable:

- Realizar un control y mantenimiento de todas las instalaciones y equipos para evitar fugas.
- Cumplir con las condiciones para la realización de muestreos periódicos.

- **Emisiones difusas**

La mayor fuente que puede generar emisiones difusas es la tolva de almacenamiento del producto, aunque también pueden producirse en las tuberías que completan el circuito.

El gas producido en la línea de forma difusa será una mezcla de metano y dióxido de carbono y trazas de otros elementos como el sulfhídrico o amoníaco. Estas emisiones serán muy pequeñas y pueden despreciarse.

Se pueden tomar ciertas medidas de reducción de emisiones difusas:

- Mejor sistema existente en el mercado de lámina de gasómetro con la mayor estanqueidad del mercado y buena colocación.
- Los residuos y productos serán tratados lo más rápido posible.

Emisiones de olores

Se prevén emisiones de olores debido a que el material a digerir es materia orgánica. El punto de mayor relevancia para fermentaciones producidas después del proceso es la tolva de almacenamiento final.

Los fangos de depuradora no dan lugar a valores de emisión muy elevados por lo que no se prevé un impacto significativo. A pesar de esto, se consideran algunas medidas de reducción de emisiones de olores:

- Mejor sistema existente en el mercado de lámina de gasómetro con la mayor estanqueidad del mercado y buena colocación.
- Buen sellado de la tolva de almacenamiento final.
- Vallado perimetral con setos para reducir olores.

Emisiones de polvo

Debido a las características del terreno, no se prevé emisiones de polvo significativas. La planta cuenta con setos plantados para reducir viento y posibilidad de levantamiento de polvo y con una zona hormigonada para descarga de los productos evitando que el tráfico de vehículos levante polvo.

Emisiones de ruido

No hay equipos que sobrepasen los 65 dB a 10 metros por lo que no se requiere control acústico.

9. CONCLUSIONES

Este proyecto propone la ampliación de la línea de fangos existente en la EDAR de Olmedo (Valladolid) para introducir la digestión anaerobia previa a la deshidratación. Con esta digestión se produce una reducción del volumen de fangos de depuradora en un 50% y se consigue que el digestato resultante pueda aprovecharse para la agricultura.

En la depuradora de Olmedo se tratan 1.700 m³/d de agua residual, y se purgan 28,12 m³/d de fangos que son introducidos en un espesador donde se concentran hasta el 3% de sólidos eliminando parte del agua.

En el digestor, de 100 m³ de capacidad, serán introducidos 9,16 m³/d y sometidos a una digestión anaerobia a 55°C. El tiempo de residencia es de 10 días y la carga másica de 3,07 kgSSValimentado/m³·d. Durante este proceso se genera biogás que será quemado en una antorcha. Se ha comprobado que el aprovechamiento de este biogás para generar electricidad que pueda ser utilizada en planta no es rentable económicamente debido a la alta inversión que habría que realizar.

El producto resultante de la digestión anterior se concentrará hasta el 16% de sólidos suspendidos volátiles en una centrífuga de deshidratación, obteniendo 0,88 m³/d de digestato deshidratado.

Se estima que, tras incluir la digestión, el precio de recogida sea de 15 €/tonelada. El coste de inversión inicial es de 160.984,63€ y el de explotación de 15.976,44€. Teniendo en cuenta estos datos se ha estudiado la viabilidad del proyecto, y se concluye una rentabilidad al cabo de 20 años del 3% y un pay-back de 11 años.

Además, se han estudiado dos alternativas que podrían aumentar la rentabilidad del proyecto. Una de ellas es el aprovechamiento del biogás ya comentada.

La otra alternativa es la utilización de placas solares fotovoltaicas para generar electricidad en la planta y reducir el coste de explotación. Esta alternativa aumenta la rentabilidad y viabilidad del proyecto original.

Finalmente, se han establecido una serie de consideraciones medioambientales que tienen como objetivo reducir la cantidad de contaminantes que perjudican al medioambiente y establecer un destino final de los productos y subproducto obtenidos.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Almendros, S. (2018). *Diseño de un sistema de desulfuración de biogás con dietanolamina para su valorización energética en una EDAR*. Trabajo de fin de máster. Universitat Jaume I: 7-14
- Batstone, D.J., et al. (2002). *The anaerobic digestion model. No 1 (ADM1)*. Volumen 45. Issue 10: 65-73.
- Campos, E. et al. (2004). *Guía de los tratamientos de deyecciones ganaderas*. [Fecha de consulta: 26/03/2019] Disponible en: http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf
- Cárdenas-Cleves, L et al. (2016). *Perspectivas del ensayo de Potencial Bioquímico de Metano - PBM para el control del proceso de digestión anaerobia de residuos*. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle: 95-108.
- Carrington, E.-G. (2001). Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction. In *European Commission*. Disponible en: <http://europa.eu.int/comm/environment/pubs/home.htm>
- CEDEX (2016). *Tratamiento de deshidratación y secado térmico*. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Gobierno de España. [Fecha de consulta: 10/04/2019] Disponible en: <http://www.cedexmateriales.es/>
- Eficienciaenergética. (2019). Instalaciones y eficiencia energética. Placas solares fotovoltaicas. [Fecha de consulta: 10/06/2019] Disponible en: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>
- Ferrer, Y., et al. (2010). *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 43(1), 9–20. [Fecha de consulta: 02/05/2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120681002>
- Flotats, X. et al. (2001). Digestión anaerobia de purines de cerdo y co-digestión con residuos de la industria alimentaria. *Monografías de Actualidad*, 51–65. [Fecha de consulta: 10/05/2019] Retrieved from: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6699/porci%202001%20final.pdf>
- García, C. et al. (2002). *Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo*. Ciencia y Medio Ambiente: 125-138
- Hernández, A. (2001). *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Colección N°9. Volumen 1. Edición 5: 1151 pags
- Instituto Nacional de Estadística. (2019). *España Municipal 2019*. [Fecha de consulta: 03/04/2019] Retrieved from https://www.ine.es/infografias/infografia_padron.pdf
- Junta de Castilla y León (2013). *Resolución de 27 de diciembre de 2013, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se actualiza el anexo de la Orden ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renov. 6449, 20648–20659*. [Fecha de consulta: 02/07/2019] Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- La vanguardia. (2017). *Logran reducir 90% contenido CO2 en biogás mediante depuración microalgas*. [Fecha de consulta: 20/06/2019] Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/vida/20170921/431443789759/logran-reducir-90-contenido-co2-en-biogas-mediante-depuracion-microalgas.html>
- López, S.J. et al. (2017). Depuración de aguas residuales: digestión anaerobia. In *Editorial Elearning S.L. Edición 5.1*. [Fecha de consulta: 05/04/2019] Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?id=9cJWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Lorenzo, Y. et al. (2005). *La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte 1*. Icidca. Sobre los derivados de la caña de azúcar. [Fecha de consulta: 02/04/2019] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659006.pdf>

Metcalf & Eddy, I. (2003). *Ingeniería de aguas residuales*. Volumen 1. 3ª Edición

Ministerio de agricultura pesca y alimentación. (1990). Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario. *Boe*, 262, 32339–32340.

Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2013). *Resolución de 21 de diciembre de 2012, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se modifica el protocolo de detalle PD-01 «Medición, Calidad y Odorización de Gas» de las normas de gestión técnica del sistema gasista*. 889–892. Disponible en: <https://doi.org/BOE-A-2012-5403>

Ministerio para la transición ecológica (2019). *Lodos de depuración de aguas residuales*. Gobierno de España. [Fecha de consulta: 05/06/2019]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/lodos-depuradora/>

Montes-Morán, M.A et al. (2011). *El problema de la gestión de lodos en EDARs*. Instituto Nacional del Carbón: 102-138

Ortega, E. et al. (2010). *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*. Volumen 1. Edición 1.

Osorio, M. et al. (2013). Digestión Anaerobia. *Livestock Research for Rural Development*, 1–10. [Fecha de consulta: 07/04/2019] Retrieved from <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>

Sánchez, J. (2016). *Optimización de la agitación de un digestor anaerobio mediante mecánica de fluidos computacional*. Tesis doctoral. Escuela técnica superior de ingenieros. Universidad Politécnica de Madrid. 161. [Fecha de consulta: 05/05/2019] Disponible en: <http://www.upa.edu.mx/index.php/index>

Suarez, J. et al. (2007). *Tratamientos avanzados de depuración*. Universidad de A Coruña. Tema 34 *Estabilización de fangos*: 1–21.

11. ANEXOS

ANEXO 1.

DIAGRAMA DE BLOQUES

Diagrama de bloques 1

U-100

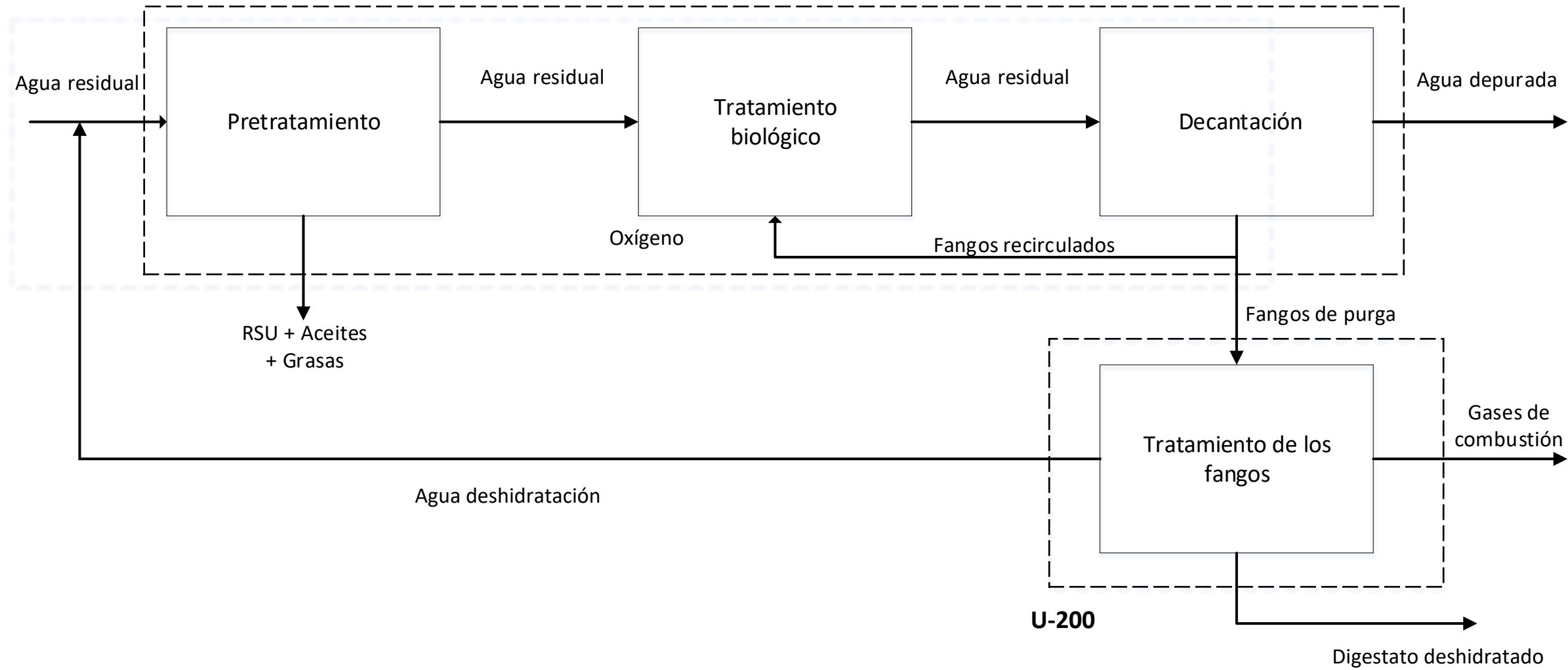
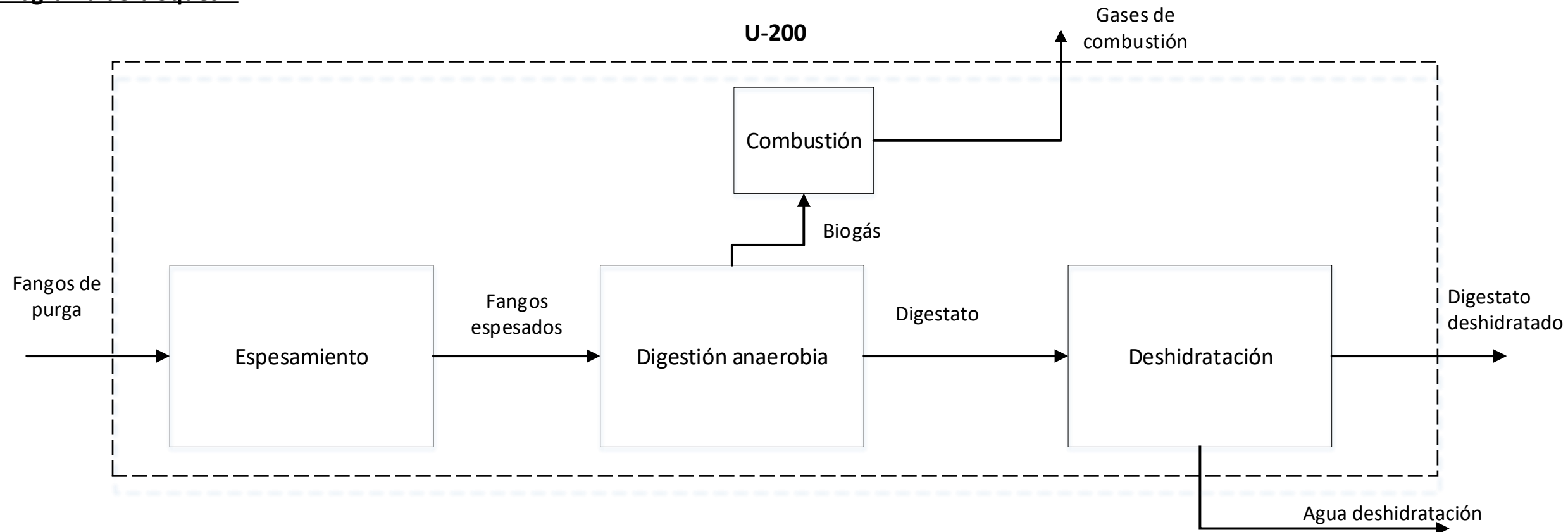


Diagrama de bloques 2

U-200



NOTAS GENERALES

En el **Diagrama de bloques 1** se muestra un esquema general de toda la planta (**U-100 y U-200**) incluyendo el objeto del proyecto "Tratamiento de los fangos".

En el **Diagrama de bloques 2** se muestra el tratamiento de los fangos (**U-200**) de manera un poco más detallada con cada una de las partes del proceso.

NOTAS

	FECHA	22/04/2019
POR	R. Rodríguez	
DIAGRAMA DE BLOQUES		
U-100 y U-200		

ANEXO 2.

DIAGRAMA DE FLUJO

Almacenamiento de fangos

A-201 Arqueta de recogida de fangos

Tanques de almacenamiento

T-201 Generación de polielectrolito de la centrífuga

T-202 Posible tanque de almacenamiento de grasas

Digestor anaerobio

V-201 Digestor de fangos de purga

Calentamiento

H-201 Caldera eléctrica

H-202 Intercambiador de calor

Bombas

P-201; P-202A/B Impulsión de fangos de recirculación

P-203A/B Impulsión de fangos de purga

P-204A/B Impulsión de fangos espesados

P-205A/B Impulsión de fangos de recirculación en digestor

P-206A/B Impulsión de polielectrolito diluido

P-207A/B Impulsión de fangos acondicionados

P-208 Impulsión de fangos deshidratados

P-209 A/B Impulsión de agua de caldera

Separadores

S-201 Espesador por gravedad de fangos

S-202 Centrífuga de deshidratación

Tolva

B-201 Almacenamiento de fangos acondicionados

Biogás

G-201 Gasómetro

K-201 Soplante de absorción de biogás

F-201 Antorcha de quema de biogás

Agitadores

MA-201 Agitador equipo poli

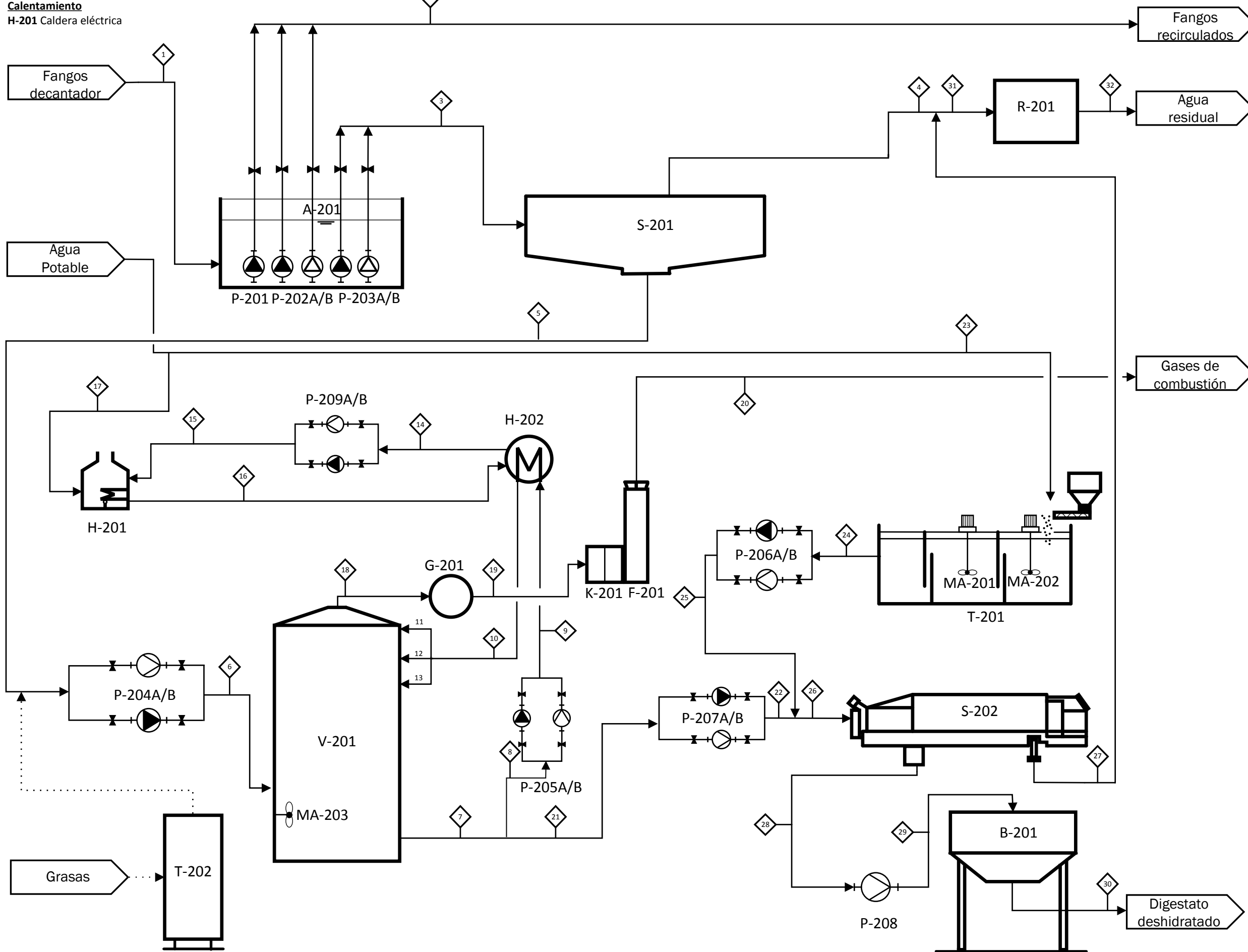
MA-202 Agitador equipo poli

MA-203 Agitador digestor

Agua residual

R-201 Pozo de vaciados

NOTAS GENERALES



NOTAS

	FECHA	24/04/2019
POR	R. Rodríguez	
Línea de fangos		
U-200	DIAGRAMA DE FLUJO	

ANEXO 3. BALANCE DE LA LINEA DE AGUAS

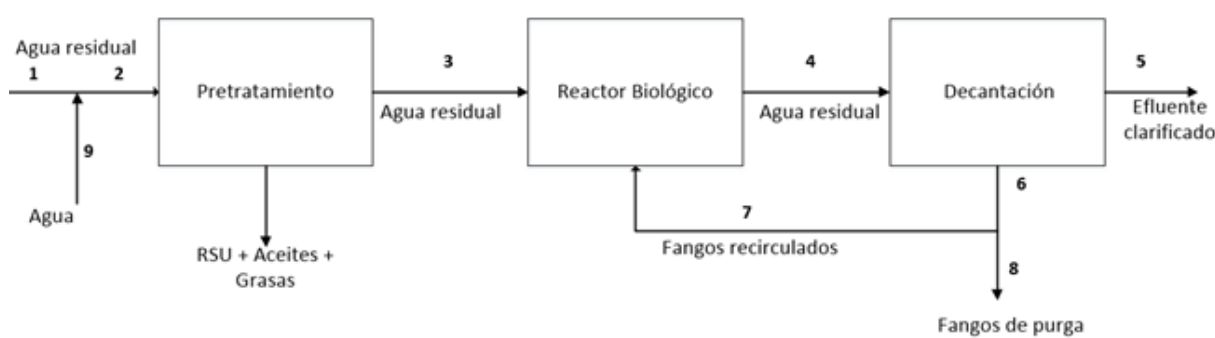


Imagen 1 Diagrama de bloques U-100

Se parte de un caudal de agua de entrada a pretratamiento medio que se registra mediante un caudalímetro:

$$Q_2 = 1700 \frac{m^3}{d}$$

Se toma este caudal ya que es el caudal mayor registrado en la EDAR de Olmedo desde que SOMACYL está explotando la planta. Las concentraciones en esta corriente han sido obtenidas del proyecto de construcción de la EDAR de Olmedo que fueron tomadas tras diversas caracterizaciones a las aguas residuales de la localidad.

$$DQO_2 = 500 \frac{mg O_2}{L}$$

$$SST_2 = 500 \frac{mg SST}{L}$$

Se ha obtenido para los cálculos el rendimiento medio de eliminación de DQO. Para ello, se han estudiado distintas analíticas y se ha obtenido el rendimiento medio de eliminación de todas ellas (Tabla 1).

Tabla 1 Rendimiento medio de eliminación de DQO, según las analíticas propiedad de SOMACYL

Rendimiento de eliminación			
Mes	Entrada DQO	Salida DQO	Rendimiento
sep-18	370	36,2	90%
oct-18	840	112	87%
nov-18	570	40	93%
dic-18	106	21	80%
ene-19	640	55	91%
feb-19	490	50	90%
mar-19	327	45	86%
Rendimiento medio			88% ± 0,05

A pesar de que durante el pretratamiento se pierde una pequeña parte del agua en la separación de los sólidos de mayor tamaño, RSU, y los aceites y las grasas, se supone para el cálculo de los caudales de la planta que esta cantidad de agua es muy pequeña a efectos de cálculo, por lo que en caudal de entrada en el tratamiento biológico será igual que el caudal de entrada al pretratamiento:

$$Q_3 = 1700 \frac{m^3}{d}$$

Además, el rendimiento de eliminación de DQO en el pretratamiento es de 25% (Ortega et al. 2010) por lo que:

$$DQO_3 = 500 \cdot (1 - 0.25) = 375 \text{ mg } O_2/L$$

Se elimina una mayor cantidad de sólidos que se entenderá como un 45% aproximadamente (Hernández Lehmann, 1997):

$$SST_3 = 500 \cdot (1 - 0.45) = 275 \frac{mg \text{ SST}}{L}$$

En el reactor biológico la concentración de microorganismos es:

$$SSV_b = SSV_4 = 1500 \frac{mg \text{ SSV}}{L}$$

Esta concentración de microorganismos es la típica en el reactor de la EDAR de Olmedo desde que SOMACYL explota la planta y la que se encuentra marcada en el proyecto.

Además, la eliminación de DQO será calculada con el rendimiento obtenido anteriormente y será considerada igual a la de la corriente clarificada:

$$DQO_4 = DQO_5 = DQO_3 \cdot (1 - \eta_{eliminación}) = 375 \cdot (1 - 0.88) = 44.20 \text{ mg } O_2/L$$

El siguiente paso ha sido el cálculo de la purga. Para ello se empezó calculando la producción de fango suponiendo que el rendimiento celular y la concentración de la purga son (Hernández, 1997):

$$\gamma = 0.5 \frac{kg \text{ SSV}}{kg \text{ DQO}_{eliminada}}$$

$$SSV_8 = 10000 \frac{mg \text{ SSV}}{L}$$

$$P_x = \gamma \cdot Q_3 \cdot DQO_3 \cdot \eta_{elimDQO}$$

Por tanto:

$$P_x = \frac{0.5 \cdot 1700 \cdot 375 \cdot 0.88}{1000} = 281.18 \frac{\text{kg SSV}}{\text{d}}$$

Se considera que la cantidad de microorganismos en la corriente de agua depurada es nula, pues es muy pequeña si se la compara con la de corriente de purga. Por tanto:

$$SSV_5 = 0 \frac{\text{mg SSV}}{\text{L}}$$

$$P_x = Q_8 \cdot SSV_8 + Q_5 \cdot SSV_5$$

$$Q_8 = \frac{P_x}{SSV_8} = \frac{281.18 \cdot 1000}{10000} = 28.12 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Las concentraciones de microorganismos la salida del decantador y de la recirculación son iguales a las de la purga:

$$SSV_6 = 10000 \frac{\text{mg SSV}}{\text{L}}$$

$$SSV_7 = 10000 \frac{\text{mg SSV}}{\text{L}}$$

A continuación se realiza en balance de materia de SSV al sedimentador:

$$(Q_3 + Q_7) \cdot SSV_b = Q_5 \cdot SSV_5 + Q_7 \cdot SSV_7 + Q_8 \cdot SSV_8$$

$$(Q_3 + Q_7) \cdot SSV_b = P_x + Q_7 \cdot SSV_7$$

$$(1700 + Q_7) \cdot \frac{1500}{1000} = 281.18 + Q_7 \cdot \frac{10000}{1000}$$

$$Q_7 = Q_{\text{recirculación}} = 266.92 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

$$Q_6 = Q_7 + Q_8 = 266.92 + 28.12$$

$$Q_6 = 295.04 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

A la salida del reactor biológico:

$$Q_4 = Q_7 + Q_3 = 266.92 + 1700 = 1966.92 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Los microorganismos, con una estructura de $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$, aportarán a la purga una DQO de (Romero Zúñiga, 2001):

$$\frac{kg \text{ DQO}}{kg \text{ SSV}} = 1.42$$

$$DQO_8 = 1.42 \cdot SSV_8 + 44.20 = 1.42 \cdot 10000 + 44.20 = 14244.20 \frac{mg}{L}$$

$$DQO_7 = DQO_6 = 14244.20 \frac{mg}{L}$$

Se obtiene el caudal de agua clarificada:

$$Q_5 = Q_4 - Q_6 = 1966.92 - 295.04 = 1671.88 \frac{m^3}{d}$$

Nota: las corrientes 1 y 9 han sido calculadas en el Anexo 4 puesto que se requieren datos de la línea de fangos para obtenerlos.

Finalmente, se han calculado algunos parámetros típicos:

- **Volumen del reactor biológico**

$$TRH = 1,2 \text{ d}$$

$$V = 0,9 \cdot 1700 = 1.530 \text{ m}^3$$

- **Edad celular**

$$c = \frac{V \cdot SSV_b}{P_x}$$

$$c = \frac{1.530 \cdot \frac{1500}{1000}}{281.18} = 7,16 \text{ d}$$

- **Velocidad de utilización del sustrato**

$$U = \frac{Q_3 \cdot (DQO_3 - DQO_5)}{V \cdot SSV_b} = \frac{1700 \cdot (375 - 44.20)}{1457.20 \cdot 1500} = 0.35 \frac{kg \text{ DQO}}{kg \text{ SSV} \cdot d}$$

- **Oxígeno requerido por el proceso**

$$R_0 = Q_3 \cdot (DQO_3 - DQO_5) - 1.42 \cdot P_x$$

$$R_0 = 1700 \cdot \frac{(375 - 44.20)}{1000} - 1.42 \cdot 281.18$$

$$R_0 = 163.08 \frac{kg \text{ O}_2}{d}$$

Tabla resumen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Caudal (m³/d)	1678,84	1700,00	1700,00	1966,92	1671,88	295,04	266,92	28,12	21,16
DQO (mg/L)	506,30	500,00	375,00	44,20	44,20	14244,20	14244,20	14244,20	0,00
SST (mg/L)	506,30	500,00	275,00	-	-	-	-	-	0,00
SSV (mg/L)	0,00	0,00	0,00	1500,00	0,00	10000,00	10000,00	10000,00	0,00

ANEXO 4.

BALANCE DE LA LINEA DE FANGOS

Antes de realizar el balance ha sido necesario realizar analíticas para ver caracterizar el fango. En dichas analíticas, se analizó la densidad del fango a la entrada y a la salida del espesador para conocer las condiciones con las que empieza el proceso y las condiciones del fango a la entrada del digestor. Son:

$$\rho_{fangopurga} = 1004 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{fangoespesado} = 1023 \frac{kg}{m^3}$$

Además, se sabe que:

$$\rho_{agua} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

A continuación, se procede a la caracterización de las corrientes de U-200 indicadas en el diagrama de flujo (**Anexo 2**).

Fango del decantador secundario

El cálculo del balance de materia de la unidad U-200 comienza con la llegada de los fangos a la arqueta de recogida de estos (A-201) a una temperatura de 15 grados y presión atmosférica (**corriente 1**). Parte de estos fangos son recirculados al reactor biológico de la línea de aguas mediante unas bombas (P-201; P-202 A/B) (**corriente 2**). El caudal de estas corrientes así como la composición, han sido calculados en el balance de materia a la línea de aguas (**Anexo 3**) y tiene las siguientes características:

Tabla 1 Caracterización de las corrientes 1 y 2

	Corriente 1	Corriente 2
$Q_{total} \left(\frac{m^3}{d}\right)$	295,04	266,92
$Q_{agua} \left(\frac{m^3}{d}\right)$	293,27	265,32
$Q_{sólidos} \left(\frac{m^3}{d}\right)$	1,77	1,60
$\dot{m}_{total} \left(\frac{kg}{d}\right)$	296218,14	267987,61
$\dot{m}_{agua} \left(\frac{kg}{d}\right)$	293267,76	265318,41
$\dot{m}_{sólidos} \left(\frac{kg}{d}\right)$	2950,38	2669,20
$SSV \left(\frac{kg\ SSV}{m^3}\right)$	10	10
$SSV (\%)$	1	1

Espesamiento de los fangos

Los fangos que no han sido recirculados se purgan y son impulsados hasta el espesador mediante una bomba (P-203 A/B). El caudal de esta corriente (**corriente 3**), así como la composición, han sido calculados en el balance de materia a la línea de aguas (**Anexo 3**) y tiene las siguientes características:

$$Q_{3,total} = 28.12 \frac{m^3}{d}$$
$$m_{3,total} = Q_{3,total} \cdot \rho_{fangopurga} = 28230.54 \frac{kg}{d}$$
$$SSV_3 = 10 \frac{kg}{m^3}$$
$$\dot{m}_{fangoseco3} = Q_{3,total} \cdot SSV_3 = 281.18 \frac{kg}{d}$$
$$\dot{m}_{agua3} = m_{3,total} - \dot{m}_{fangoseco3} = 27949.35 \frac{kg}{d}$$
$$Q_{agua3} = \frac{\dot{m}_{agua3}}{\rho_{agua}} = 27.95 \frac{m^3}{d}$$
$$Q_{fangoseco3} = Q_{3,total} - Q_{agua3} = 0.17 \frac{m^3}{d}$$
$$Concentración\ SSV = \frac{\dot{m}_{fangoseco3}}{m_{3,total}} \cdot 100 = 1\%$$

La **corriente 4** se corresponde al agua que es eliminada en el espesador. El cálculo de esta corriente ha sido realizado de forma conjunta con la **corriente 5**, se ha supuesto que todos los sólidos son espesados y que, por tanto, la **corriente 4** lleva agua libre de ellos. Por tanto, en la **corriente 5**:

$$\dot{m}_{fangoseco5} = \dot{m}_{fangoseco3} = 281.18 \frac{kg}{d}$$

Para el cálculo de la corriente se cuenta con que se quiere espesar los fangos hasta una concentración de un 3%, por tanto:

$$Concentración\ SSV_5 = 3\%$$
$$m_{5,total} = \frac{\dot{m}_{fangoseco5}}{Concentración\ SSV_5} = 9372.69 \frac{kg}{d}$$
$$\dot{m}_{agua5} = m_{5,total} - \dot{m}_{fangoseco5} = 9091.51 \frac{kg}{d}$$
$$Q_{5,total} = \frac{\dot{m}_{5,total}}{\rho_{fangoespesado}} = 9.16 \frac{m^3}{d}$$
$$SSV_5 = \frac{\dot{m}_{fangoseco5}}{Q_{5,total}} = 30.69 \frac{kg}{m^3}$$
$$Q_{agua5} = \frac{\dot{m}_{agua5}}{\rho_{agua}} = 9.09 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{fangoseco5} = Q_{5,total} - Q_{agua5} = 0.07 \frac{m^3}{d}$$

Por tanto, en la **corriente 4**:

$$\dot{m}_{agua4} = \dot{m}_{agua3} - \dot{m}_{agua5} = 18857.85 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{agua4} = \frac{\dot{m}_{agua4}}{\rho_{agua}} = 18.86 \frac{m^3}{d}$$

Digestión de los fangos

La **corriente 6** es igual a la **corriente 5** solo que, tras haber pasado por unas bombas de impulsión. Por tanto, solo cambia la presión.

La salida total del digester es la **corriente 21**. Por ella salen todos los sólidos que no han sido digeridos y toda el agua que entra en el digester ya que no se evapora. El rendimiento de eliminación de sólidos volátiles dentro del digester es del 50% (Metcalf & Eddy, 2003) y el fango sale ya digerido en calidad de digestato. Por tanto:

$$\dot{m}_{fangoseco21} = \dot{m}_{fangoseco6} \cdot \eta_{eliminacionSSV} = 281.18 \cdot 0.5 = 140.59 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{agua21} = \dot{m}_{agua6} = 9091.51 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{21,total} = 9232.10 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{21,total} = \frac{\dot{m}_{21,total}}{\rho_{agua}} = 9.23 \frac{m^3}{d}$$

Nota: se han eliminado el 50% de los sólidos volátiles y el agua es la misma, por lo que se aproxima la densidad de la mezcla a la densidad del agua.

$$Q_{agua21} = \frac{\dot{m}_{agua21}}{\rho_{agua}} = 9.09 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{fangoseco21} = Q_{21,total} - Q_{agua21} = 0.14 \frac{m^3}{d}$$

$$SSV_{21} = \frac{\dot{m}_{fangoseco21}}{Q_{21,total}} = 15.23 \frac{kg}{m^3}$$

$$Concentración\ SSV_{21} = \frac{\dot{m}_{fangoseco21}}{\dot{m}_{21,total}} \cdot 100 = 2\%$$

Cuando el fango entra en el digester y pasa el tiempo suficiente, se empieza a generar biogás a razón de **0.4 NL biogás/g SSV**. Este dato ha sido tomado de estudios experimentales que han sido realizados en la Universidad de Valladolid. Si, además se usa una composición típica del biogás (Tabla) (Lorenzo, 2005) se obtiene la cantidad de cada componente a 0 °C y 1 atm.

Tabla 2 Composición típica del biogás

Composición típica de biogás

CH₄	69%
CO₂	30%
H₂S	1%

$$Q_{biogas18} = 0.4 \cdot \dot{m}_{fangoseco6} = 0.4 \cdot 281.18 = 112.47 \frac{Nm^3}{d}$$

$$Q_{CH_418,CN} = 0.69 \cdot 112.47 = 77.61 \frac{Nm^3}{d}$$

$$Q_{CO_218,CN} = 0.3 \cdot 112.47 = 33.74 \frac{Nm^3}{d}$$

$$Q_{H_2S18,CN} = 0.01 \cdot 112.47 = 1.12 \frac{Nm^3}{d}$$

Las condiciones de presión y de temperatura en esa corriente son:

$$T_{18} = 55^\circ C$$

$$P_{18} = 1 \text{ atm}$$

Y en condiciones estándar:

Tabla 3 Composiciones estándar

Condiciones normales		
Temperatura	273,15	K
R	0,082	atm·L/(mol·K)
P	1	atm

Por tanto:

$$Q_{CH_418} = \frac{P_{CN} \cdot Q_{CH_418,CN} \cdot T_{corriente18}}{T_{CN} \cdot P_{corriente18}} = \frac{1 \cdot 77.61 \cdot (55 + 273.15)}{273.15 \cdot 1} = 93.23 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{CO_218} = 40.54 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{H_2S18} = 1.35 \frac{m^3}{d}$$

$$\dot{m}_{18,total} = 140.59 \frac{m^3}{d}$$

Usando la fórmula de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\dot{m}_{CH_418} = 55.58 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{CO_218} = 66.30 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{H_2S18} = 1.71 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{vapordeagua18} = 140.59 - 55.58 - 66.30 - 1.71 = 17.00 \frac{kg}{d}$$

Por tanto:

$$Q_{vapordeagua18} = 25.39 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{18,total} = 25.39 + 40.54 + 93.23 + 1.35 = 160.51 \frac{m^3}{d}$$

Por otro lado, se ha supuesto una recirculación del digestor aproximada del **40%** (Dewil et al., 2011) debido a numerosos estudios que indican que a partir de este valor no existen zonas muertas en el digestor. Por tanto, se puede obtener la **corriente 7**, entendida como la suma de la recirculación y la salida total del digestor.

$$\dot{m}_{7,total} = 12924.84 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{7,total} = \frac{\dot{m}_{7,total}}{\rho_{agua}} = 12.92 \frac{m^3}{d}$$

$$SSV_7 = SSV_{21} = 15.23 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{fangoseco7} = Q_{7,total} \cdot SSV_7 = 196.83 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{agua7} = \dot{m}_{7,total} - \dot{m}_{fangoseco7} = 12728.11 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{agua7} = 12.73 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{fangoseco7} = 0.20 \frac{m^3}{d}$$

$$\text{Concentración } SSV_7 = \frac{\dot{m}_{fangoseco7}}{\dot{m}_{7,total}} \cdot 100 = 2\%$$

La **corriente 8**, es decir, la recirculación, tendrá la misma concentración de fango seco que la **corriente 7**.

$$\dot{m}_{8,total} = 3692.84 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{8,total} = \frac{\dot{m}_{8,total}}{\rho_{agua}} = 3.69 \frac{m^3}{d}$$

$$SSV_8 = SSV_7 = 15.23 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{fangoseco8} = Q_{8,total} \cdot SSV_8 = 56.24 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{agua8} = \dot{m}_{8,total} - \dot{m}_{fangoseco8} = 3636.60 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{agua8} = 3.64 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{fangoseco8} = 0.06 \frac{m^3}{d}$$

$$\text{Concentración } SSV_8 = \frac{\dot{m}_{fangoseco8}}{\dot{m}_{8,total}} \cdot 100 = 2\%$$

La **corriente 9** está caracterizada igual que la **corriente 8**, tras haber pasado por una impulsión, por lo que solo cambia la presión.

En la recirculación, el digestato pasa por un intercambiador de calor (H-202) que aumenta la temperatura 10°C (**corriente 10**) y se reinyecta en el digestor en varios puntos de iguales características (**corrientes 11, 12 y 13**) de modo que se consigue mantener el digestor a la temperatura adecuada.

$$\dot{m}_{10,total} = 3692.84 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{10,total} = 3.69 \frac{m^3}{d}$$

$$SSV_{10} = 15.23 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{fangoseco10} = 56.24 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{agua10} = 3636.60 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{agua10} = 3.64 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{fangoseco10} = 0.06 \frac{m^3}{d}$$

$$\text{Concentración } SSV_{10} = 2\%$$

Las **corrientes 11, 12 y 13** serán supuestas como el 33% de la **corriente 10**, cada una de ellas.

$$\dot{m}_{11,total} = \dot{m}_{12,total} = \dot{m}_{13,total} = 1230.95 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{10,total} = Q_{11,total} = Q_{12,total} = 1.23 \frac{m^3}{d}$$

$$SSV_{11} = SSV_{12} = SSV_{13} = 15.23 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{fangoseco11} = \dot{m}_{fangoseco12} = \dot{m}_{fangoseco13} = 18.75 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{agua11} = \dot{m}_{agua12} = \dot{m}_{agua13} = 1212.20 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{agua11} = Q_{agua12} = Q_{agua13} = 1.21 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{fangoseco11} = Q_{fangoseco12} = Q_{fangoseco13} = 0.02 \frac{m^3}{d}$$

$$\text{Concentración } SSV_{11} = \text{Concentración } SSV_{12} = \text{Concentración } SSV_{13} = 2\%$$

En el intercambiador de calor (H-202), se necesita calentar la recirculación del digestato 10 grados. Para ellos se necesita el siguiente calor:

$$Q_{req} = \dot{m}_9 \cdot C \cdot \Delta T = 3692.84 \frac{kg}{d} \cdot 4.18 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot (65 - 55) = 1.79 kW$$

Para calentar el fango se introduce agua caliente en el intercambiador de calor a una temperatura de 85 grados. Esta agua caliente será enfriada hasta los 70 grados en el intercambiador.

$$Q_{aportado} = 1.79 kW = \dot{m}_{aguacaliente} \cdot C \cdot \Delta T = \dot{m}_{aguacaliente} \cdot 4.18 \cdot (85 - 70)$$

$$\dot{m}_{aguacaliente} = 2461.89 \frac{kg}{d}$$

Se conseguirá que el agua que se aporta al intercambiador esté a 85 grados mediante una caldera eléctrica que trabajará en un flujo cerrado. La **corriente 17** representa el llenado de la caldera con agua potable a 15°C. Esta corriente solo se usará para dicho llenado y para compensar las pérdidas de agua que se vayan produciendo.

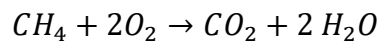
Las **corrientes 14, 15 y 16** corresponde al agua caliente que se aporta al intercambiador y regresa a la caldera para volver a alcanzar la temperatura que se requiere. Ambas tienen los mismos flujos de agua:

$$\dot{m}_{14,total} = \dot{m}_{15,total} = \dot{m}_{16,total} = 2461.89 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{14,total} = Q_{15,total} = Q_{16,total} = 2.46 \frac{m^3}{d}$$

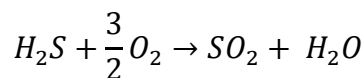
Tratamiento del biogás

El biogás generado en el digestor se almacena en un gasómetro (G-201), por lo que la **corriente 19** se considera igual a la **corriente 18**. A continuación, el biogás es quemado, a una temperatura de 850°C, en una antorcha (F-201) donde el metano es transformado en dióxido de carbono (14 veces menos contaminante) y vapor de agua, y el ácido sulfhídrico en dióxido de azufre (**corriente 20**).



$$55.58 \frac{kg CH_4}{d} \cdot \frac{1 kmol CH_4}{16.04 kg CH_4} \cdot \frac{1 kmol CO_2}{1 kmol CH_4} \cdot \frac{44.01 kg CO_2}{1 kmol CO_2} = 152.49 \frac{kg CO_2}{d}$$

$$55.58 \frac{kg CH_4}{d} \cdot \frac{1 kmol CH_4}{16.04 kg CH_4} \cdot \frac{2 kmol H_2O}{1 kmol CH_4} \cdot \frac{18.02 kg H_2O}{1 kmol H_2O} = 124.87 \frac{kg H_2O}{d}$$



$$1.71 \frac{kg H_2S}{d} \cdot \frac{1 kmol H_2S}{34.10 kg H_2S} \cdot \frac{1 kmol SO_2}{1 kmol H_2S} \cdot \frac{64.07 kg SO_2}{1 kmol SO_2} = 3.21 \frac{kg SO_2}{d}$$

$$1.71 \frac{kg H_2S}{d} \cdot \frac{1 kmol H_2S}{34.10 kg H_2S} \cdot \frac{1 kmol H_2O}{1 kmol H_2S} \cdot \frac{18.02 kg H_2O}{1 kmol H_2O} = 0.91 \frac{kg H_2O}{d}$$

Por tanto:

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{CO}_2 20} &= \dot{m}_{\text{CO}_2 19} + 152.49 = 218.78 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ Q_{\text{CO}_2 20} &= \frac{\dot{m}_{\text{CO}_2 20} \cdot R \cdot T}{P \cdot P_{\text{molecular}}} = \frac{218.78 \cdot 0.082 \cdot (850 + 273.15)}{1 \cdot 44.01} = 457.84 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ \dot{m}_{\text{H}_2\text{O} 20} &= 0.91 + 124.87 + \dot{m}_{\text{H}_2\text{O} 19} = 142.78 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ Q_{\text{H}_2\text{O} 20} &= 729.74 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ \dot{m}_{\text{SO}_2 20} &= 3.22 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ Q_{\text{SO}_2 20} &= 3.50 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ Q_{20, \text{total}} &= 1191.08 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ \dot{m}_{20, \text{total}} &= 364.78 \frac{\text{kg}}{\text{d}}\end{aligned}$$

Deshidratación del digestato

El digestato con gran cantidad de agua que sale del digestor (**corriente 21**) es impulsado por medio de una bomba (P-207 A/B) (**corriente 22**) y mezclado con el polielectrolito con agua (**corriente 25**) para ser introducido en la centrífuga de deshidratación (**corriente 26**).

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{fangoseco} 22} &= \dot{m}_{\text{fangoseco} 21} = 140.59 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ \dot{m}_{\text{agua} 22} &= \dot{m}_{\text{agua} 21} = 9091.51 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ \dot{m}_{22} &= 9232.10 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \\ Q_{22} &= 9.23 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ Q_{\text{agua} 22} &= 9.09 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ Q_{\text{fangoseco} 22} &= 0.14 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \\ \text{SSV}_{22} &= 15.23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\end{aligned}$$

$$\text{Concentración } SSV_{22} = 2\%$$

La **corriente 23** corresponde al agua necesaria para preparar la mezcla de polielectrolito y agua. No se ha calculado por ser muy variable, así que se parte de la concentración del poli de la **corriente 25**. Esta concentración es de un **5%** (recomendaciones del fabricante y parámetro típico que se usa en todas las plantas de SOMACYL) y el caudal típico es 5 l/h de la mezcla de poli y agua, por tanto:

$$Q_{24,total} = Q_{25,total} = 5 \frac{L}{h} \cdot \frac{24}{1000} = 0.12 \frac{m^3}{d}$$

$$\dot{m}_{24,total} = \dot{m}_{25,total} = 120.24 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{agua24} = Q_{agua25} = 0.95 \cdot Q_{24,total} = 0.11 \frac{m^3}{d}$$

$$\dot{m}_{agua24} = \dot{m}_{agua25} = 114.00 \frac{kg}{d}$$

Por tanto, la **corriente 26**:

$$\dot{m}_{26,total} = \dot{m}_{22,total} + \dot{m}_{25,total} = 9352.34 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{fangoseco26} = 140.59 \frac{kg}{d}$$

$$\dot{m}_{agua26} = \dot{m}_{26,total} - \dot{m}_{fangoseco26} = 9211.75 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{26,total} = 9.35 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{agua26} = 9.21 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_{fangoseco26} = 0.14 \frac{m^3}{d}$$

$$SSV_{26} = \frac{\dot{m}_{fangoseco26}}{Q_{26,total}} = 15.03 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Concentración } SSV_{26} = 1.50\%$$

Durante el proceso de deshidratación se concentra la corriente hasta un 16% de sólidos por la **corriente 28**:

$$\text{Concentración } SSV_{28} = 16\%$$

$$\dot{m}_{fangoseco28} = \dot{m}_{fangoseco26} = 140.59 \frac{kg}{d}$$

$$Q_{26} \cdot SSV_{26} = Q_{28} \cdot SSV_{28}$$

$$9.35 \cdot 1.52\% = Q_{28} \cdot 16\%$$

$$Q_{28,total} = 0.88 \frac{m^3}{d}$$

$$\dot{m}_{28,total} = 878.91 \frac{kg}{d}$$

En la **corriente 27**:

$$Q_{27} = Q_{agua27} = Q_{26} - Q_{28} = 8.47 \frac{m^3}{d}$$
$$\dot{m}_{27} = \dot{m}_{agua27} = 8473.43 \frac{kg}{d}$$

En la **corriente 28**:

$$\dot{m}_{agua28} = \dot{m}_{26,agua} - \dot{m}_{27,agua} = 738.32 \frac{kg}{d}$$
$$Q_{agua28} = 0.74 \frac{m^3}{d}$$
$$SSV_{28} = \frac{\dot{m}_{fangoseco28}}{Q_{28,total}} = 160 \frac{kg}{m^3}$$

La **corriente 29** será igual a la **corriente 28** tras una bomba de impulsión de fangos deshidratados que solo producen una variación de presión. Además, la **corriente 30** no ha sido calculada porque corresponde a la recogida de los fangos deshidratados por una empresa externa cuando el silo está lleno.

Finalmente, la **corriente 31** corresponde a la suma de las **corrientes 4 y 27** y es igual a la **corriente 32**:

$$\dot{m}_{31} = \dot{m}_{32} = \dot{m}_{agua31} = \dot{m}_{agua4} + \dot{m}_{agua27} = 27331.28 \frac{kg}{d}$$
$$Q_{31} = Q_{32} = Q_{agua31} = 27.33 \frac{m^3}{d}$$

Se adjunta tabla resumen de todas las corrientes.

Tabla 4 Resumen del balance a la línea de fangos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T (°C)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	55,00	55,00	55,00	65,00
P (atm)	1,00	1,50	1,50	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,30	1,30
Concentración SSV (%)	1%	1%	1%	-	3%	3%	2%	2%	2%	2%
Concentración SSV (kg/m³)	10,00	10,00	10,00	0,00	30,69	30,69	15,23	15,23	15,23	15,23
Fango seco (kg/d)	2950,38	2669,20	281,18	0,00	281,18	281,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Digestato seco (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	196,83	56,24	56,24	56,24
Agua (kg/d)	293267,76	265318,41	27949,35	18857,85	9091,51	9091,51	12728,11	3636,60	3636,60	3636,60
CH₄ (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO₂ (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂S (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vapor de agua (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO₂ (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL (kg/d)	296218,14	267987,61	28230,54	18857,85	9372,69	9372,69	12924,94	3692,84	3692,84	3692,84
Fango seco (m³/d)	1,77	1,60	0,17	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Digestato seco (m³/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,06	0,06	0,06
Agua (m³/d)	293,27	265,32	27,95	18,86	9,09	9,09	12,73	3,64	3,64	3,64
CH₄ (m³/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO₂ (m³/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H₂S (m³/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vapor de agua (m³/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO₂ (m³/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL (m³/d)	295,04	266,92	28,12	18,86	9,16	9,16	12,92	3,69	3,69	3,69

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
T (°C)	65,00	65,00	65,00	70,00	70,00	85,00		55,00	55,00	850,00	55,00
P (atm)	1,30	1,30	1,30	1,30	2,00	1,00		1,00	1,10	1,00	1,00
Concentración SSV (%)	2%	2%	2%	-	-	-		-	-	-	2%
Concentración SSV (kg/m ³)	15,23	15,23	15,23	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	15,23
Fango seco (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Digestato seco (kg/d)	18,75	18,75	18,75	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	140,59
Agua (kg/d)	1212,20	1212,20	1212,20	2461,89	2461,89	2461,89		0,00	0,00	0,00	9091,51
CH ₄ (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		55,58	55,58	0,00	0,00
CO ₂ (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		66,30	66,30	218,78	0,00
H ₂ S (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Llenado de la caldera.	1,71	1,71	0,00	0,00
Vapor de agua (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Cubierta de pérdidas.	17,00	17,00	142,78	0,00
SO ₂ (kg/d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	3,22	0,00
TOTAL (kg/d)	1230,95	1230,95	1230,95	2461,89	2461,89	2461,89		140,59	140,59	364,78	9232,10
Fango seco (m ³ /d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Digestato seco (m ³ /d)	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,14
Agua (m ³ /d)	1,21	1,21	1,21	2,46	2,46	2,46		0,00	0,00	0,00	9,09
CH ₄ (m ³ /d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		93,23	93,23	0,00	0,00
CO ₂ (m ³ /d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		40,54	40,54	457,84	0,00
H ₂ S (m ³ /d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,35	1,35	0,00	0,00
Vapor de agua (m ³ /d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		25,39	25,39	729,74	0,00
SO ₂ (m ³ /d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	3,50	0,00
TOTAL (m³/d)	1,23	1,23	1,23	2,46	2,46	2,46		160,51	160,51	1191,08	9,23

	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
T (°C)	55,00		15,00	15,00	54,49	54,49	54,49	54,49		12,10	12,10	
P (atm)	5,00		1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	7,00		1,00	1,00	
Concentración SSV (%)	2%		-	-	2%	-	16%	16%		0%	0%	
Concentración SSV (kg/m ³)	15,23		-	-	15,03	0,00	160,0	160,0		0,00	0,00	
Fango seco (kg/d)	0,00		-	-	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
Digestato seco (kg/d)	140,59		-	-	140,59	0,00	140,5	140,5		0,00	0,00	
Agua (kg/d)	9091,5	Es una corriente muy variable. En realidad, lo que sabemos es la concentración de poli y en caudal de mezcla de entrada de poli con agua a la centrifuga.	114,0	114,0	9211,7	8473,4	738,3	738,3		27331,2	27331,2	
CH ₄ (kg/d)	0,00		0	0	5	3	2	2	Vaciado del silo cuando está lleno.	0,00	0,00	
CO ₂ (kg/d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Recogida por un gestor autorizado	0,00	0,00	
H ₂ S (kg/d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
Vapor de agua (kg/d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
SO ₂ (kg/d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL (kg/d)	9232,10			120,24	120,24	9352,34	8473,43	878,91	878,91		27331,28	27331,28
Fango seco (m ³ /d)	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Digestato seco (m ³ /d)	0,14		0,00	0,00	0,14	0,00	0,14	0,14		0,00	0,00	
Agua (m ³ /d)	9,09		0,11	0,11	9,21	8,47	0,74	0,74		27,33	27,33	
CH ₄ (m ³ /d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
CO ₂ (m ³ /d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
H ₂ S (m ³ /d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
Vapor de agua (m ³ /d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
SO ₂ (m ³ /d)	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL (m³/d)	9,23		0,12	0,12	9,35	8,47	0,88	0,88		27,33	27,33	

ANEXO 5.

PRESUPUESTO DE EQUIPOS



PRESUPUESTO DIGESTOR DE 100.000 L

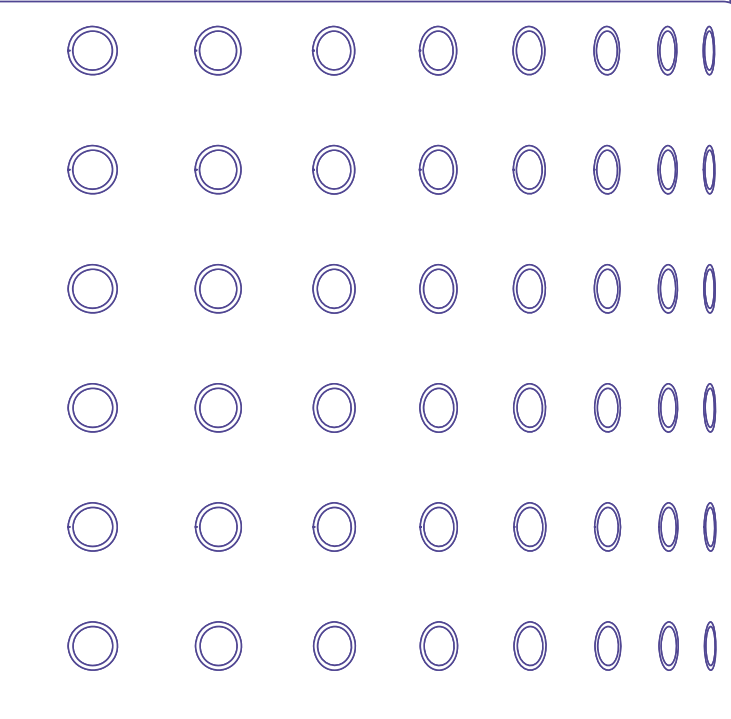
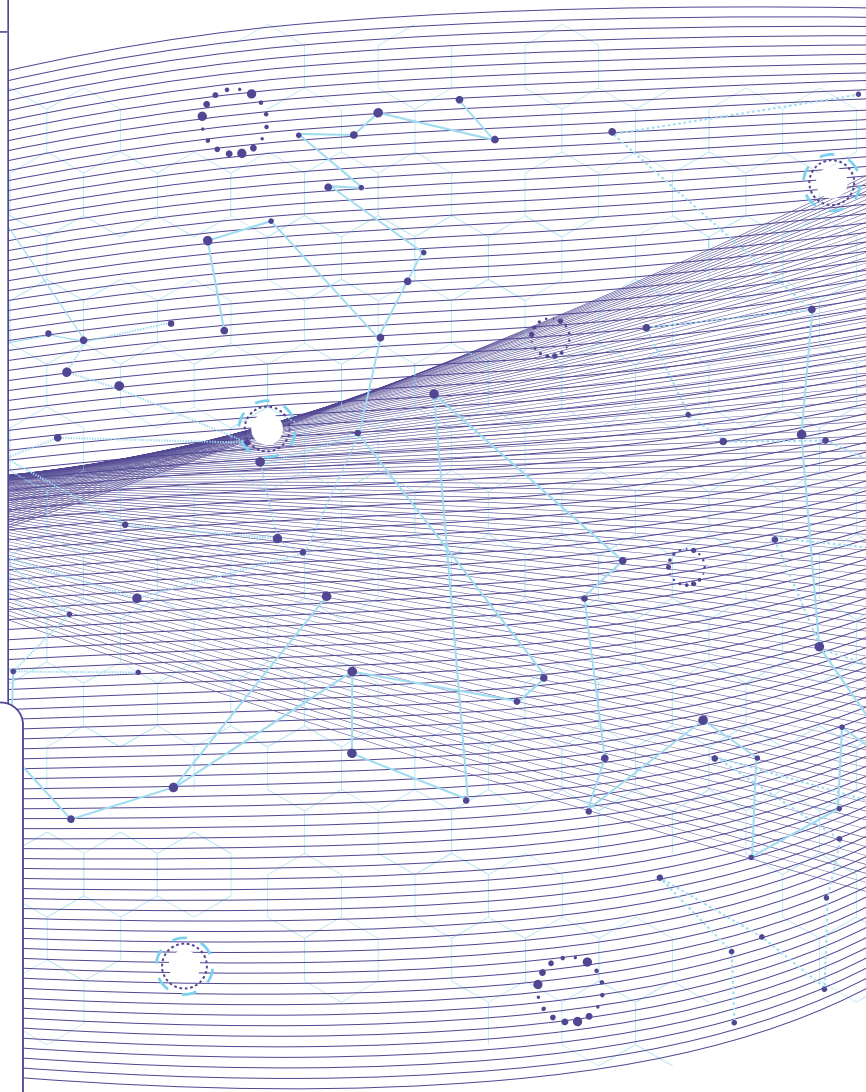
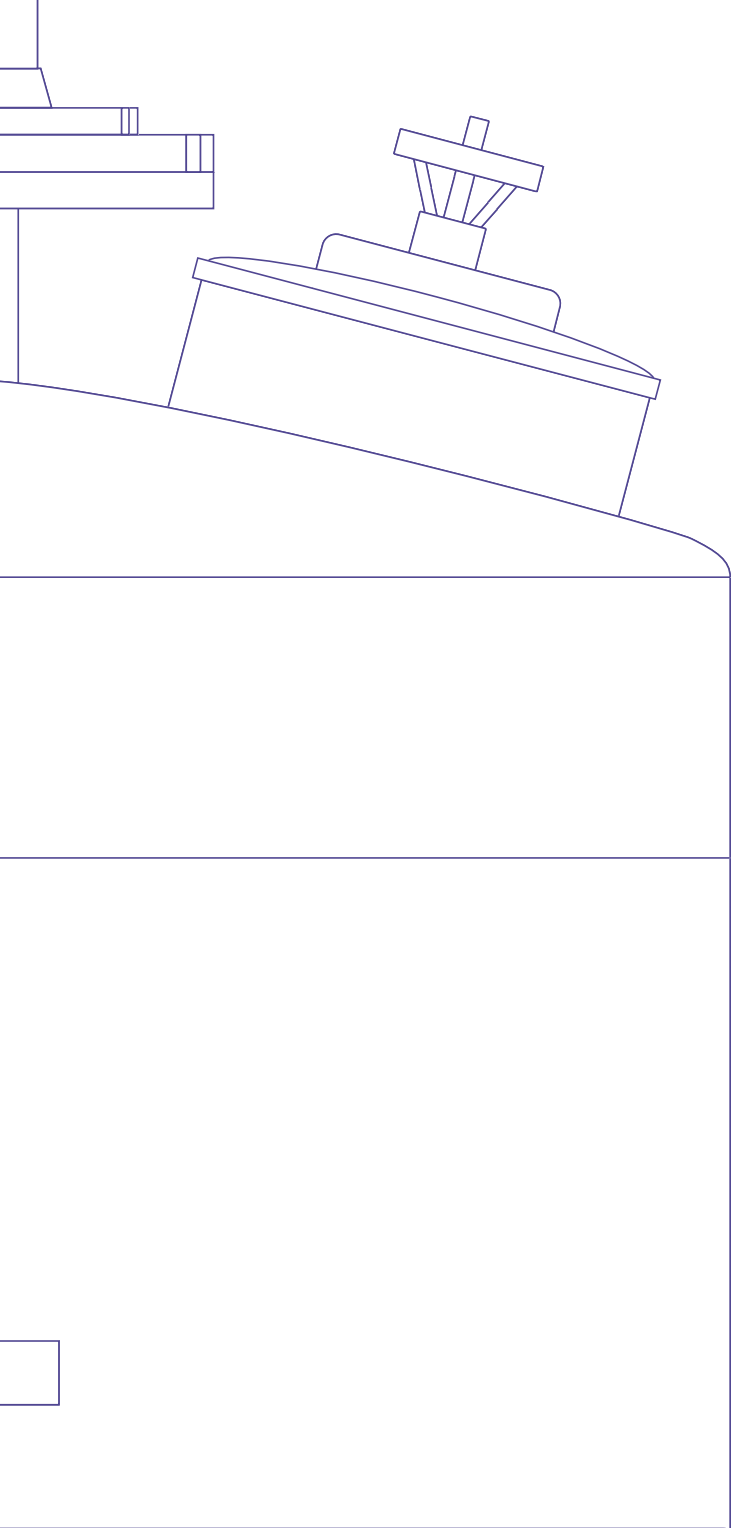
SOMACYL S.A.

ATT: RAQUEL RODRÍGUEZ

Nº Presupuesto: 2019/207

Fecha: 27/05/19

Realizado por: Antonio Casadamón



DIGESTOR DE 100.000 L DE CAPACIDAD NOMINAL.

Producto: Agua (97%) + Fangos (3%)

Temperatura de trabajo: 50°C

Dimensiones:

- \varnothing_{int} = 4.000mm; \varnothing_{ext} = 4.200mm x 8.000mm de parte cilíndrica.
- Fondo superior: Cónico 15°.
- Fondo inferior: Plano inclinado.

Materiales y acabados:

- Partes en contacto con el producto en acero inox AISI 316.
- Acabado interior: Soldaduras interiores decapadas y limpias.
- Acabado exterior: Soldaduras exteriores decapadas y limpias.
- Todas las soldaduras son TIG con gas inerte, maceadas para evitar tensiones, esmeriladas tanto exterior como interiormente, decapadas o pasivadas.

Sistema de mezclado y homogeneización:

- 1 Agitador lateral 5 Kw a 200 r.p.m. para mantenimiento homogéneo de la mezcla.
- 1 Circuito exterior de recirculación con bomba de 25.000 L/h 2,2 Kw y tubería de entrada y salida al depósito.
- 6 Conexión s/ manguito hembra 1" gas para insufladores-barboteo de nitrógeno, en primera virola.

Sistema de gases:

- 1 Válvula de blanketing para entrada de nitrógeno y desplazamiento de oxígeno en el interior del depósito.

Sistema de seguridad:

- 1 Válvula de sobrepresión.
- 1 Salida de gases superior DN150.

Medidores de nivel:

- 1 Transmisor de presión diferencial.

Aislamiento:

- Aislamiento de fondo superior y parte recta del depósito mediante lana mineral e=80mm y forro soldado de 2mm de espesor.

Documentación:

- Certificado de materiales.
- Homologación de soldadores.
- Marcado CE.

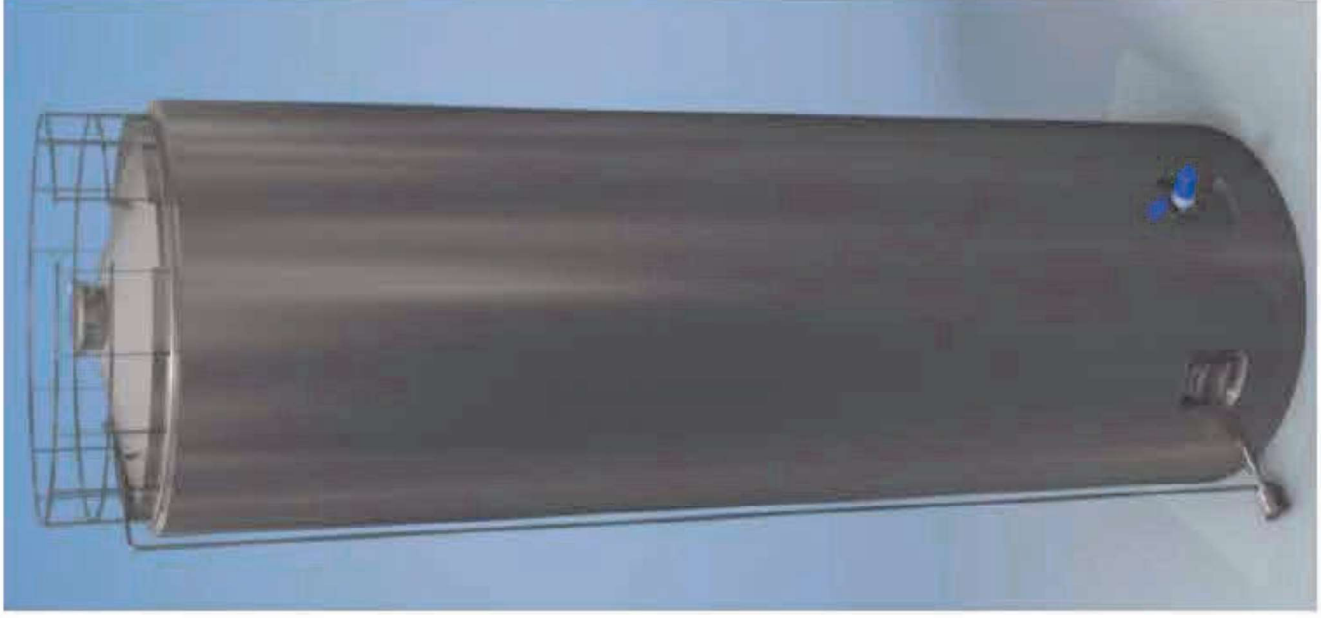
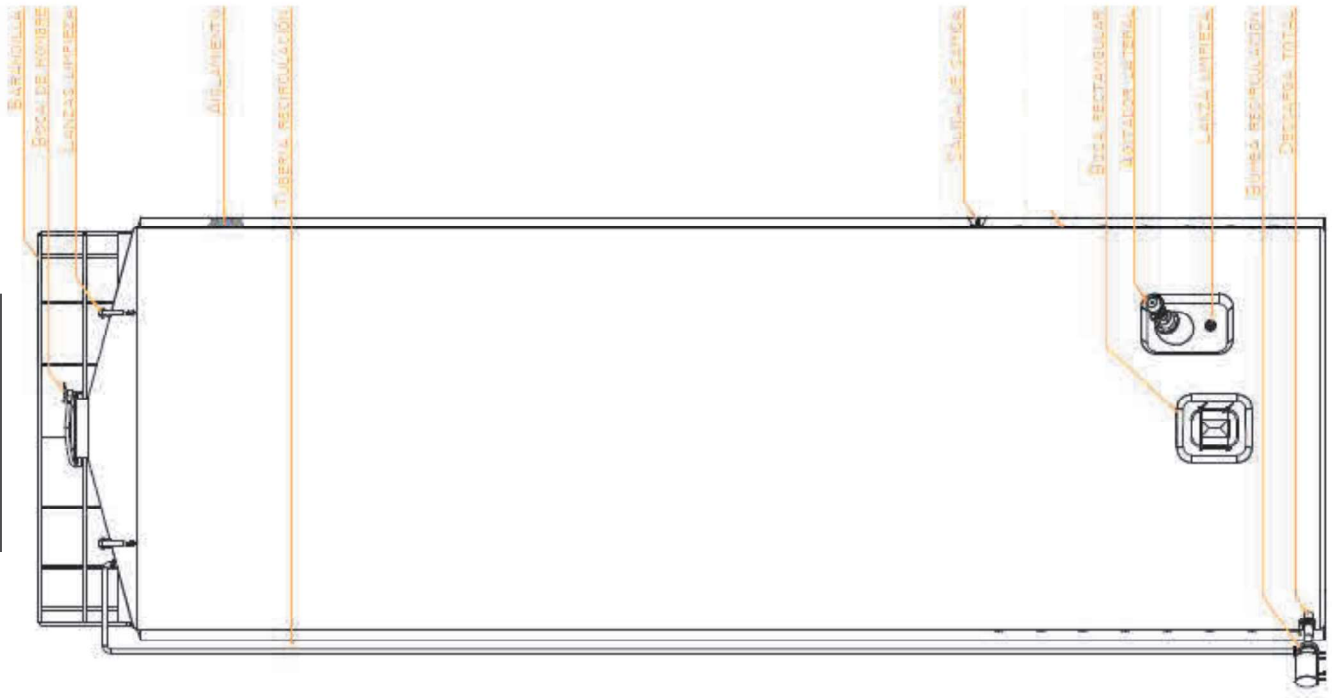
Accesorios:

- 4 Orejetas de izaje.
- 1 Barandilla perimetral.
- 1 bola de limpieza desmontable.
- 1 Boca de hombre superior Ø500mm.
- 1 Conexión s/ macho DIN DN80 + tubo buzo para entrada de producto.
- 1 Boca frontal ovalada 450x320mm + detector de apertura/cierre.
- 1 Salida total s/ válvula manual mariposa DIN DN80.

Elementos NO INCLUIDOS:

- Transporte a destino.
- **Camisas de calentamiento.**
- Descarga ni ubicación en obra.
- Instrumentación no descrita en la oferta.
- Cualquier otro tipo de elemento no descrito en la oferta.
- NO SE INCLUYE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO.

Depósito 100 m3



Pol. Ind. Plazaola, Manzana E, Nave 10.
31195. Aizoáin. (Navarra) Spain
Cif B71056576
Tfno: +34948346027
Fax:
Email: info@lev2050.com
Web: <http://www.lev2050.com>

SOMACYL S.A.
EDIFICIO PRAE, CALLE CAÑADA REAL 306
47008 VALLADOLID (VALLADOLID)

Presupuesto: 2019/207

Fecha: 27/05/2019

A la Atención: RAQUEL

Código	Descripción Producto	Cantidad	Precio	Importe
DIG100	DIGESTOR DE 100.000 L DE CAPACIDAD NOMINAL EN ACERO INOXIDABLE - excluidas las camisas de calentamiento	1,00	81.743,000	81.743,00

Total Presupuesto SIN I.V.A.:

81.743,00 €



Raquel Rodríguez Antolín
 Dpto. de Obras y Servicios
 650.799.266
 Edificio PRAE. Cañada Real 306
 47008 Valladolid
raquel.rodriguez@somacyl.es

Offer N°: OFF-19-02758 Rev.00 of: 29/05/19
 Your Ref.:

With refer to your kind request and the information provided, we are pleased to send you our best quotation for:

SELLING PRICE

Item 02

Description	List €	disc. %	Net €	q. ty	Tot net €
Pump model DN 20L1 Cast Iron G25	2497	20	1.997,60	2	3.995,20€
Integrated gearmotor	Included				
Carbon steel S235JR / W. 1.0037 baseplate	64	20	51.20	2	102,40€
					4.097,60€

TERMS OF SALE

Delivery: 6-8 weeks order date
Mode of Transport: Ex works
Offer validity: 3 months
Warranty: 12 months wearing parts excluded
Packing: Included, cartonbox on pallet
Prices: Excluding VAT or any taxes or duties

DOCUMENTATION

Maintenance and use manual: 1 copy for pump (more 20 euro each)
Declaration of conformity Ce: 1 copy for pump
Test certificate: On request
Testing attended: upon request
Origin certificate: 45,00 euro
Other certificates: On request
Custom dimensional drawing:
Materials certificate EN10204: 2.2 45 euro for item
 3.1 160 euro for item

Item 02

PROGRESSIVE CAVITY PUMP mod.: DN 20L1 *DIAMOND SERIES*

Flanged Industrial Series

The Flanged Industrial Series is the basis of the Diamond series. The robust cast casings, also in the stainless steel model, with large inspection ports included, make this an ideal product for the toughest applications. The Diamond DN and JN series are the best solution for a wide range of fluid pumping industries. They are synonymous with sturdiness, reliability, performance and application flexibility. Available with UNI, DIN and ANSI flanged and GAS BSP threaded connections.

DN SERIES



MONOBLOC VERSION

The drive system is coupled directly to the pump by means of a flange. This solution is extremely economical and compact, considerably reduces installation costs and simplifies maintenance. The stress generated by the hydraulic part is supported by the drive system itself.

PROGRESSIVE CAVITY PUMP mod.: DN 20L1

DIAMOND SERIES

Classification:

Series ID - Industrial sector

Wetted casing and rotating parts material:

Casing in G25 - S275JR / W. 1.0044 and rotating parts in AISI 420B / W. 1.4028 - S275JR / W. 1.0044

FLUID CHARACTERISTICS

Pumped fluid:	Thickness sludge
Viscosity:	- cps
Solids concentration:	- %
Solids size:	- mm
Specific gravity:	- kg/dm ³
Abrasiveness:	Not abrasive
PH:	Neutral
Working temperature:	Ambient °C

OPERATING CONDITIONS

Service:	8 h/gg
Rotation:	Counterclockwise viewed from the motor
Differential pressure:	2-3 bar(g)
Suction pressure:	Flooded
Design pressure:	6 bar
Max. power absorbed:	2 KW
Starting Torque:	150 Nm
Solid passage:	29 soft 14 hard mm
Sound power level:	Not exceed 85 dB(A) measured at 1 m distance at the complete machine

	Nom.	Min.	Max.	
Rotation speed:	233			rpm
Frequency:	50			Hz
Flow:	12.5			m ³ /h

CONSTRUCTION AND PUMP MATERIALS

Installation:	Horizontal
Pump body:	UNI 2278/EN 1092 - PN 16 DN080 Standard execution with drain plug G3/4" and with inspection port Cast Iron G25
Outlet connection:	UNI 2278/EN 1092 - PN 16 DN080 Standard connection Cast Iron G25
Stator:	NBR
Rotor:	execution Standard AISI 420B / W. 1.4028 induction hardened 55-59 HRC -
Joint:	Standard execution Rubber sleeve NBR black food grade
Transmission shaft:	Standard execution AISI 420B / W. 1.4028
Drive shaft:	Standard execution Ø35 with plug-in shaft AISI 420B / W. 1.4028
Seal housing:	Standard execution for single mechanical seal - G0K9 Cast iron G25

Seal:	Model 52 Ø55 elastomer bellows, single cylindrical springs/not balanced, bidirectional SIC/SIC/FPM/316
Lantern:	Standard execution block construction with shaft seal protections Cast iron G25
Painting:	Antirust and anti-oil immersion primer $\geq 20\mu\text{m}$ Two coats finishing bicomponent acrylic based $\geq 80\mu\text{m}$ Black +silver (std) RAL 9005+9006

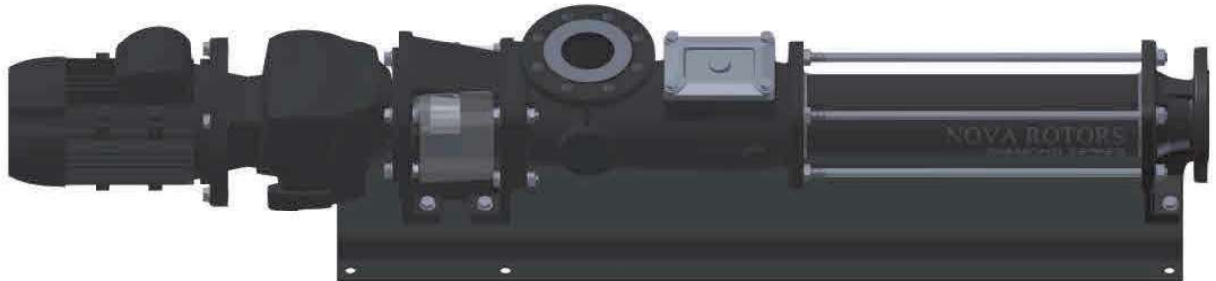
MOTORIZATION

Type: Integrated gearmotor

Group:	Model SK 30 F 100L 3 KW 4P IE3B5 IP55 (STD) F250 Ø35	Brand NORD
	i= 6.27 1460 rpm 230V / 400V 50Hz 1752 rpm 260V / 440V 60Hz TEMPERATURE CLASS F Thermistor PTC	

ACCESSORIES

Accessories: Carbon steel S235JR / W. 1.0037 baseplate



ES

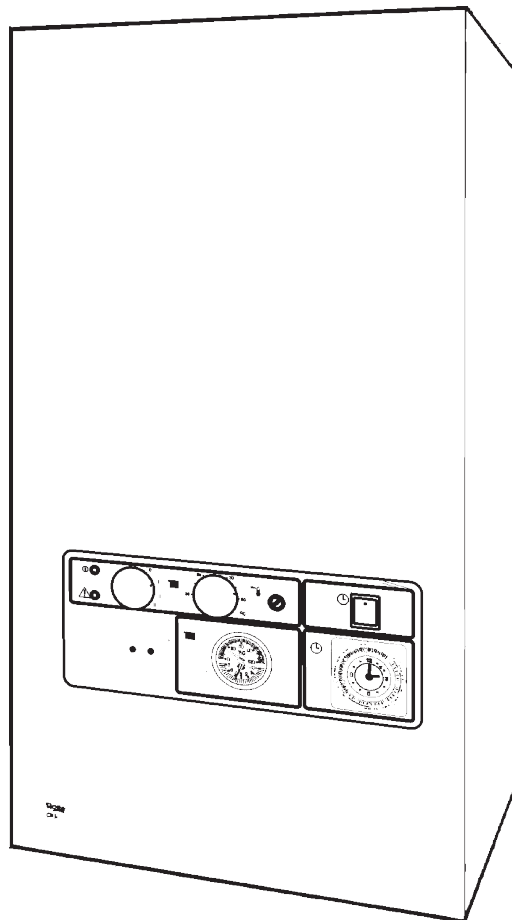
Calderas eléctricas

Instrucciones de Funcionamiento,
y Mantenimiento para
el **USUARIO**

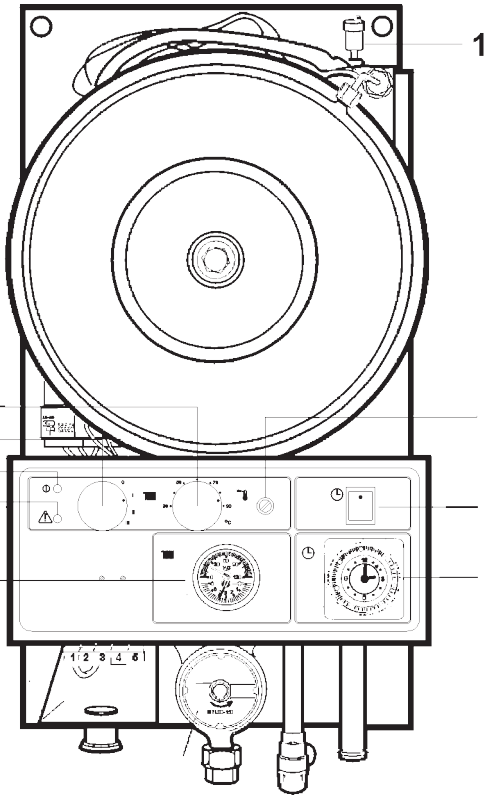
PT

Caldeiras eléctricas

Instruções de Funcionamento
e Manutenção para
o **UTENTE**

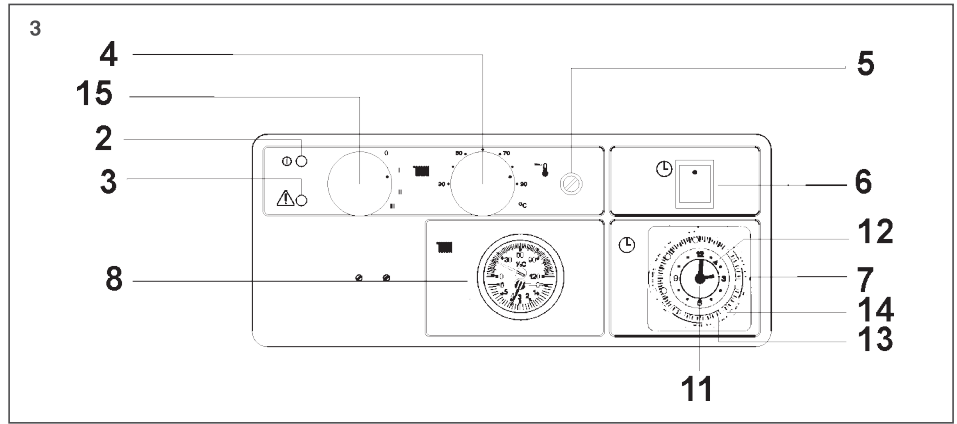
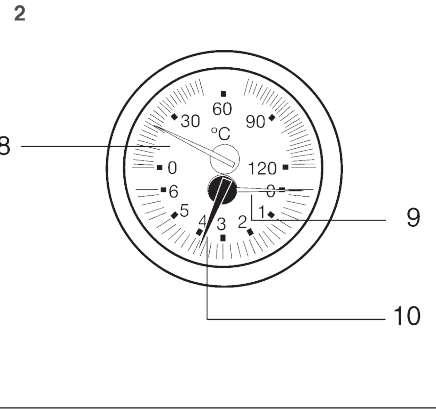


1



- 1 - Purgador automático.
- 2 - Indicador de tensión.
- 3 - Indicador de anomalía.
- 4 - Termostato de regulación.
- 5 - Termostato de seguridad con rearme manual.
- 6 - Interruptor del reloj programador.
- 7 - Reloj programador.
- 8 - Termohidrómetro.
- 15 - Selector de potencia

- 1 - Purgador automático.
- 2- Indicador Luminoso de Tensão
- 3- Indicador Luminoso de Anomalia
- 4 - Termostato de regulação.
- 5 - Termostato de rearme manual.
- 6 - Interruptor do relógio programador.
- 7 - Relógio programador.
- 8 - Termohidrómetro.
- 15- Selector de potência



Características principales

	CML-10	CML-15
Potencia calorífica total	10 kW (8.600 kcal/h)	15 kW (12.900 kcal/h)
Núm. escalones de potencia	3	3
– Potencia calorífica mínima	3,3 kW	5 kW
– Potencia calorífica media	6,6 kW	10 kW
– Potencia calorífica máxima	10 kW	15 kW
Temp. máxima de trabajo	100 °C	100 °C
Presión máxima de trabajo	3 bar	3 bar

Funcionamiento

Verificaciones y operativa a seguir al inicio de cada temporada de calefacción, así como durante el funcionamiento de la caldera.

Operaciones previas

- 1 – Comprobar, si las llaves de ida y retorno de la instalación están abiertas.
- 2 – Comprobar que la instalación esté llena de agua, observando que la aguja móvil (9) del termohidrómetro (8), esté ligeramente por encima de la fija (10).
La posición de esta última la situará el instalador (indica la altura manométrica de la instalación).

1 bar = 10 m.c.a.

- 3 – Si la aguja móvil (9) está por debajo de la aguja fija (10) se deberá rellenar de agua la instalación.
- 4 – Purgar el aire de los emisores y volver a rellenar de agua la instalación, si fuese necesario.
- 5 – Comprobar que el selector de potencia (15) está en la posición 0.
- 6 – Colocar el dial del termostato de regulación (4) del cuadro de mando, a la temperatura deseada, recomendamos como mínimo 60°C.
- 7 – Caso de disponer de un termostato de ambiente, colocar el dial de éste, a la temperatura deseada.
- 8 – Abrir el interruptor de tensión a la caldera.
- 9 – Girar el selector de potencia (15) hasta alcanzar la posición I. Con esta operación se obtendrá la potencia mínima.
- 10 – Si se desea obtener la potencia media, girar el selector de potencia (15) hasta alcanzar la posición II.
- 11 – Si se desea obtener la potencia máxima, girar el selector de potencia (15) hasta alcanzar la posición III.
- 12 – Proceder, en las primeras puestas en marcha de la instalación, a purgar todos los emisores que la compongan.
- 13 – Verificar que la aguja móvil (9) del termohidrómetro (8), en frío, no esté por debajo de la aguja fija (10).
- 14 – En el caso de desear programar los encendidos y apagados de la caldera, ver el apartado "Reloj programador".
- 15 – Para poder realizar el paro de la caldera, es preciso dejar sin tensión eléctrica a ésta, exceptuando los casos en que funcione con el reloj programador, Girar el selector de potencia (15) hasta alcanzar la posición 0.

Reloj programador

Para que la caldera funcione por medio del reloj programador, deberán tenerse en cuenta las siguientes operaciones:

- 16 – Abrir el interruptor de tensión a la caldera.
- 17 – Colocar el dial del termostato de regulación (4) a la temperatura deseada.
- 18 – Caso de disponer de termostato de ambiente, regularlo a la temperatura deseada.
- 19 – Accionar el interruptor del reloj programador (6).
- 20 – Seleccionar la potencia de la caldera, a través del selector de potencia (15) de acuerdo con lo indicado con anterioridad.
- 21 – Escoger el ciclo de funcionamiento marcha/paro deseado, para ello, es preciso seguir las siguientes operaciones:
 - Extraer la protección plástica del reloj programador (7).
 - Para poder colocar el reloj en hora, es preciso girar el dial (11) en el sentido de las agujas del reloj, hasta que la hora deseada coincida con el punto de referencia (12).
 - Para escoger las horas de paro las levas deben estar presionadas hacia el centro (13) (Fig. 3) y las de funcionamiento hacia el exterior (14)

Los intervalos mínimos entre conexión y desconexión de la caldera son 15 minutos.

Limpieza

Debido a las características de esta caldera, no es preciso efectuar ninguna operación de limpieza.

Mantenimiento

Para cualquier manipulación en la caldera, tener siempre la precaución de quitar la tensión eléctrica.

- Comprobar, al menos anualmente el correcto funcionamiento de todos los aparatos de regulación, control y seguridad.
- La modificación o sustitución de cables y conexiones, ha excepción del termostato ambiente, ha de ser realizada por un servicio de asistencia técnica a clientes (ATC BAXI Calefacción)

Recomendaciones importantes

- En el caso de paros prolongados de la instalación no vaciar el agua de la caldera.
- Sólo debe añadirse agua cuando sea necesario. Realizar esta operación con la caldera fría.
- Si existen riesgos de heladas, añadir al agua de la instalación algún producto anticongelante. Como actuar ante una serie de posibles anomalías que pueden presentarse y que Ud. puede solucionar.

Para cualquier manipulación en la caldera, tener siempre la precaución de quitar la tensión eléctrica.

- El circuito de calefacción, no calienta a pesar de que la temperatura del agua de la caldera, es la adecuada.

En este caso comprobar que:

- El circulador gira correctamente.
- Las llaves están abiertas o no se halle bloqueado su mecanismo interior.
- Estando el selector de potencia en sus posiciones I, II ó III, el agua de la caldera no aumenta de temperatura.

En este caso comprobar que:

- Los fusibles sean correctos y el interruptor general esté conectado.
- El interruptor del reloj programador (6) está activado y el reloj programador está fuera del horario de calefacción.
- Hay tensión eléctrica.
- El termostato de regulación (4) de la caldera y el de ambiente están regulados a la temperatura deseada.
- Haya actuado el termostato de seguridad (5). Indicador luminoso de Anomalía (3) encendido. Para su desbloqueo, debe desenroscarse el tapón protector y pulsar la lengüeta, alojada en su interior.
- ¿suficiente presión de agua?; puede haber actuado el presostato. Llenar hasta 1,5bar.

Marcado CE

Las calderas CML llevan el marcado CE con arreglo al cumplimiento de los requisitos esenciales de las siguientes Directivas:

- Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CEE
- Directiva de Baja Tensión 2006/95/CEE
- Directiva de Equipos a Presión 97/23/CEE, artículo 3.3
- Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE
- Directiva de Etiquetado Energético 2010/30/CE
- Reglamentos (UE) N° 811/2013 y N° 813/2013

Desmontaje, Eliminación y Reciclado

Sólo técnicos cualificados estan autorizados para trabajar en el aparato y en la instalación.

Antes de desmontar el aparato asegurarse de haber desconectado la alimentación eléctrica y haber puesto todas las conexiones de la caldera y de la instalación en condiciones de seguridad. El aparato se debe eliminar correctamente con arreglo a las normativas, leyes y reglamentos vigentes. El aparato y los accesorios no se deben eliminar con los residuos domésticos. Mas del 90% de los materiales del aparato se pueden reciclar.

Atención:

Características y prestaciones susceptibles de variaciones sin previo aviso

Características principais

	CML-10	CML-15
Potência calorífica total	10 kW (8.600 kcal/h)	15 kW (12.900 kcal/h)
Número de escalões de potência	3	3
– Potência calorífica mínima	3,3 kW	5 kW
– Potência calorífica média	6,6 kW	10 kW
– Potência calorífica máxima	10 kW	15 kW
Temperatura máxima de trabalho	100 °C	100 °C
Pressão máxima de trabalho	3 bar	3 bar

Funcionamento

Verificações e operações a realizar no início de cada temporada de aquecimento central, assim como durante o funcionamento da caldeira.

Operações prévias

- 1 – Verificar, se as válvulas de ida e de retorno da instalação estão abertas.
- 2 – Verificar se a instalação está cheia de água e que a agulha móvel (9) do termohidrómetro (8) está ligeiramente acima da fixa (10). A posição desta última é posicionada pelo instalador (indica a altura manométrica da instalação).

1 bar = 10 m.c.a.

- 3 – Se a agulha móvel (9) está a baixo da agulha fixa (10) deverá encher-se a instalaçãp de água.
- 4 – Purgar o ar dos emissores e voltar a encher a instalação de água, se necessário.
- 5 – Comprovar que o selector de potência (15) se encontra na posição 0.
- 6 – Colocar o ponteiro do termostato de regulação (4) do quadro de comando, a temperatura desejada, recomendamos como mínimo 60 °C.
- 7 – Caso de disponha de um termostato ambiente, colocar o ponteiro deste, à temperatura desejada.
- 8 – Accionar o interruptor de tensão da caldeira.
- 9 – Rodar o selector de potência (15) até alcançar a posição I. Com esta operação obtém-se a potência mínima.
- 10 – Se se desejar obter a potência média, Rodar o selector de potência (15) até alcançar a posição II.
- 11 – Se se desejar obter a potência máxima, rodar o selector de potência (15) até alcançar a posição III.
- 12 – Proceder, nos primeiros arranques da instalação, à purga de todos os emissores que a compoñham.
- 13 – Verificar que a agulha móvel (9) do termohidrómetro (8), em frio, não está a baixo de agulha fixa (10).
- 14 – No caso de se desejar programar os arranques e paragens da caldeira, ver o item “relógio programador”.
- 15 – Para poder realizar a paragem da caldaira, é necessário interromper a tensão eléctrica à caldeira, excepto nos casos em que funcione com relógio programador, e rodar o selector de potência (15) até alcançar a posição 0.

Relógio programador

Para que a caldeira funcione por intermédio do relógio programador, deverá ter-se em conta as seguintes operações:

- 16 – Ligar o interruptor de tensão da caldeira.
- 17 – Colocar o ponteiro do termostato de regulação (4) na temperatura desejad.
- 18 – Caso se disponha de termostato ambiente, regulá-lo para a temperatura desejada.
- 19 – Accionar o interruptor do relógio programador (6).
- 20 – Seleccionar a potência da caldeira, através do selector de potência (15), do modo anteriormente descrito.
- 21 – Escolher o ciclo de funcionamento arranque/paragem desejado, para isso, é necessário seguir as seguintes operações:
 - Retirar a protecção plástica do relógio programador (7).
 - Para colocar o relógio na hora desejada, girar o ponteiro (11) no sentido horário até que a hora desejada coincida com o ponto de referência (12).
 - Para escolher as horas de paragem os pinos devem estar colocados em direcção ao centro (13) (Fig. 3) e as de funcionamento em direcção ao exterior (14).

Os intervalos mínimos entre arranques e paragens da caldeira são de 15 minutos.

Limpeza

Devido às características desta caldeira, ter sempre a precaução de a desligar da tensão eléctrica.

Manutenção

Para qualquer manipulação na caldeira, ter sempre o cuidado de cortar a tensão eléctrica.

- Verifique pelo menos anualmente o funcionamento correto de todos os aparelhos de regulação, controle e segurança.
- A modificação ou substituição de cabos e conexões, o quarto termostato tem exceção, deve ser realizada por um serviço técnico para clientes (ATC Baxi Aquecimento)

Recomendações importantes

- No caso de paragens prolongadas da instalação não esvaziar a água da caldeira.
- Só se deve adicionar água quando necessário. Realizar esta operação com a caldeira fria.
- Se existir riscos de congelamento, adicionar à água de instalação um produto anticongelante. Como actuar perante uma série de possíveis anomalias que podem surgir e que o utente pode solucionar.

- O circuito de aquecimento central, não aquece apesar da temperatura da água na caldeira, ser a adequada.

Neste caso verificar que:

- O circulador gira correctamente.
- As torneiras estão abertas e o seu mecanismo interior não está bloqueado.
- Com o selector de potência em qualquer uma das posições I, II ou III, a água da caldeira não aumenta de temperatura.

Neste caso verificar que:

- Os fusíveis são os correctos e o interruptor geral está ligado.
- O interruptor do relógio programador (6) está activado e o relógio programador está fora do horário de aquecimento.
- Existe corrente eléctrica.
- O termostato de regulação (4) da caldeira e o de ambiente estão regulados para a temperatura desejada.
- O termostato de segurança (5) esteja actuando (Indicador luminoso de Anomalia (3) aceso).

- Pressão suficiente da água?; o presostato pode ter agido. Encha até 1,5bar.

Marcação CE

As caldeiras foram concebidas e fabricadas em conformidade com as seguintes diretivas:

- Diretiva de Compatibilidade Eletromagnética 2004/108/CEE
- Diretiva de Baixa Tensão 2006/95/CEE
- Diretiva de Aparelhos sob Pressão 97/23/CEE, artigo 3.3
- Diretiva de Ecodesign 2009/125/CE
- Diretiva de Rotulagem energética 2010/30/CE
- Regulamentos (UE) Nº 811/2013 e Nº813/2013

Desinstalação, Eliminação e Reciclagem

Apenas os técnicos qualificados são autorizados a intervir no aparelho e na instalação.

Antes de desinstalar o aparelho, certifique-se de ter desligado a alimentação elétrica e ter colocado em condições de segurança todas as conexões da caldeira e da instalação.

O aparelho deve ser eliminado corretamente, de acordo com as normativas, leis e regulamentos. O aparelho e os acessórios não devem ser eliminados com os resíduos domésticos. Mais de 90% dos materiais dos aparelho são recicláveis.

Atenção:

Características e prestações suscetíveis de variação sem aviso prévio.

PARÁMETROS TÉCNICOS ErP

PARAMETROS TÉCNICOS ErP

BAXI - CML			CML-10	CML-15
Caldera de Condensación Caldeira de Condensação				No Não
Caldera de Baja Temperatura (2) Caldeira de Baixa Temperatura (2)				No Não
Caldera B1 Caldeira B1				No Não
Aparato de calefacción de cogeneración Aquecedor de ambiente de cogeração				No Não
Calefactor combinado Aquecedor combinado				No Não
Potencia calorífica nominal Potência calorífica nominal	Prated	kW	10	15
Potencia útil al 100% de la potencia nominal y régimen de alta temperatura (1) Potência útil à 100% da potência nominal e em regime de alta temperatura (1)	P ₄	kW	9,9	15
Potencia útil al 30% de la potencia nominal y régimen de baja temperatura (2) Potência útil à 30% da potência nominal e em regime de baixa temperatura (2)	P ₁	kW	-	-
Rendimiento estacional de calefacción Eficiência energética do aquecimento ambiente sazonal	η_s	%	37	37
Rendimiento útil al 100% de la potencia nominal y régimen de alta temperatura (1) Rendimento útil à 100% da potência nominal e em regime de alta temperatura (1)	η_4	%	39,9	39,9
Rendimiento útil al 30% de la potencia nominal y régimen de baja temperatura (2) Rendimento útil à 30% da potência nominal e em regime de baixa temperatura (2)	η_1	%	-	-
Consumo de electricidad auxiliar Consumo de electricidade auxiliar				
A plena carga A plena carga	elmax	kW	0,014	0,014
A carga parcial A carga parcial	elmin	kW	-	-
En modo de espera Em modo de vigília	P _{stb}	kW	0,002	0,002
Otros elementos Outros elementos				
Pérdida de calor en modo espera Perdida de calor em modo de espera	P _{stby}	kW	0,09	0,09
Consumo de electricidad del quemador de encendido Consumo de energia do queimador de ignição	P _{ign}	kW	-	-
Consumo de energía anual Consumo de energia anual	Q _{HE}	GJ	77,8	116,8
Nivel de potencia acústica, interiores (modelo atmosférico / estanco) Nível de potência sonora, interiores (modelo modelo atmosférico / estanque)	L _{WA}	dB	40	40
Emisiones de óxidos de Nitrógeno Emissões de óxidos de azoto	NO _x	mg/ kWh	-	-
Datos de contacto Elementos de contacto			Baxi Calefacción, S.L.U - Salvador Espriu, 9 Hospitalet de Llobregat	

(1) Régimen de alta temperatura significa una temperatura de retorno de 60°C y una temperatura de ida de 80°C

O regime de alta temperatura implica uma temperatura de retorno de 60°C à entrada do aquecedor e uma temperatura de alimentação de 80°C à saída do aquecedor.

(2) Baja temperatura se refiere a una temperatura de retorno de 30°C para las calderas de condensación, 37°C para las calderas de baja temperatura y 50°C para las restantes

O regime de baixa temperatura implica uma temperatura de retorno de 30°C para as caldeiras de condensação, de 37°C para as caldeiras de baixa temperatura e de 50°C para os outros aquecedores

FICHA DE PRODUCTO (según Reglamento EU 811/2013)

FICHA DO PRODUTO (de acordo com o Regulamento EU 811/2013)

(a)	Nombre o marca del fabricante Nome ou marca do fabricante		BAXI CALEFACCIÓN S.L.U.	
(b)	Identificador de modelo de fabricante Modelo do fabricante		CML-10	CML-15
(c)	Clase de eficiencia energética estacional de calefacción Classe de eficiência energética sazonal de aquecimento		D	D
(d)	Potencia calorífica nominal, incluyendo la potencia calorífica nominal de un generador auxiliar Potência calorífica nominal incluindo a potência calorífica nominal de um gerador auxiliar	kW	10	15
(e)	Eficiencia energética estacional de calefacción Eficiência energética sazonal de aquecimento	%	37	37
(f)	Consumo anual de energía Consumo anual de energia	GJ kWh	78 21.840	117 32.760
(g)	Nivel de sonido interior Nível sonoro interior	dB(A)	40	40
(h)	Advertencias específicas para montaje, instalación o mantenimiento Advertências específicas para a montagem, instalação ou manutenção		<p>Antes de cualquier montaje, instalación o mantenimiento se debe leer atentamente los manuales de usuario y de instalación y seguir sus indicaciones</p> <p>Antes de qualquer montagem, instalação ou manutenção deverão ser lidas atentamente e seguidas as instruções e advertências contidas nos manuais de instalação e utilização</p>	

FICHA DE UN EQUIPO COMBINADO

Eficiencia energética estacional de calefacción de la caldera

\rightarrow ¹ %

Control de temperatura

Clase I = 1 %, Clase II = 2 %, Clase III = 1,5 %, Clase IV = 2 %, Clase V = 1 %, Clase VI = 4 %, Clase VII = 3,5 %, Clase VIII = 5 %.

De ficha de control de temperatura

+ ² %

Caldera auxiliar

Eficiencia energética estacional de calefacción (en %)

De ficha de caldera

(-) x 0.1 = \pm ³ %

Contribución solar

De ficha de dispositivo solar

'II' Área del colector (en m²) 'IV' Volumen del acumulador (en m³) Eficiencia del colector (en %) Clasificación del acumulador
 A+ = 0,95, A = 0,91, B = 0,86, C = 0,83, D-G = 0,81

(x + x) x 0.9 x (/ 100) x = + ⁴ %

Bomba de calor auxiliar

Eficiencia energética estacional de calefacción (en %)

De ficha de bomba de calor

(-) x 'III' = + ⁵ %

Contribución solar y bomba de calor auxiliar

Seleccione un valor inferior

0,5 x ³ o 0,5 x ⁵ = - ⁶ %

Eficiencia energética estacional de calefacción del pack

⁷ %

Clase de eficiencia energética estacional de calefacción del pack

G F E D C B A A+ A++ A+++
 < 30% \geq 30% \geq 34% \geq 36% \geq 75% \geq 82% \geq 90% \geq 98% \geq 125% \geq 100%

Caldera y bomba de calor auxiliar instalados con emisores de baja temperatura a 35 °C?

De ficha de bomba de calor

⁷ + (50 x 'II') = %

La eficiencia energética del pack de productos suministrada en esta ficha puede no corresponder con la eficiencia energética real una vez instalados en un edificio, debido a que la eficiencia se ve influenciada por otros factores tales como pérdidas de calor en el sistema de distribución y el dimensionamiento de los productos en relación al tamaño del edificio y sus características.

FICHA DE UM SISTEMA MISTO

Eficiência energética sazonal da caldeira em aquecimento

→ %

Controlo de temperatura

Classe I = 1 %, Classe II = 2 %, Classe III = 1,5 %, Classe IV = 2 %, Classe V = 3 %, Classe VI = 4 %, Classe VII = 3,5 %, Classe VIII = 5 %

Da ficha do controlo de temperatura

%

Caldeira auxiliar

Eficiência energética sazonal de aquecimento (em %)

Da ficha da caldeira

(-) x 0.1 = %

Contribuição solar

Da ficha do sistema solar

Classificação do acumulador
A+ = 0,95, A = 0,91, B = 0,86, C = 0,83, D-G = 0,81

(x + x) x 0.9 x (/ 100) x = %

Bomba de calor auxiliar

Eficiência energética sazonal de aquecimento (em %)

Da ficha da bomba de calor

(-) x = %

Contribuição solar e bomba de calor auxiliar

Selecione um valor inferior

0,5 x OU 0,5 x = %

Eficiência energética sazonal do conjunto em aquecimento

%

Classe de eficiência energética sazonal do conjunto em aquecimento

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G	F	E	D	C	B	A	A+	A++	A+++
< 30%	≥ 30%	≥ 34%	≥ 36%	≥ 75%	≥ 82%	≥ 90%	≥ 98%	≥ 125%	≥ 150%

Caldeira e bomba de calor auxiliar instaladas com emissores de calor de baixa temperatura a 35 °C?

Da ficha da bomba de calor

+ (50 x) = %

A eficiência energética do conjunto de produtos previsto nesta ficha pode não corresponder à eficiência energética real uma vez instalado num edifício, dado que a eficiência é influenciada por outros fatores tais como as perdas de calor na rede de distribuição e o dimensionamento dos produtos em relação às características e dimensões do edifício.

Baxi Calefacción, S.L.U.

Salvador Espriu, 9 | 08908 L'Hospitalet de Llobregat | Barcelona
T. 93 263 0009 | TF. 93 263 4633 | www.baxi.es

BAXI

OFERTA DE EQUIPO COMPACTO PARA LA IMPULSIÓN Y COMBUSTIÓN DE HASTA 50 Nm³/h DE BIOGÁS DE EDAR

OFERTA SOM-190528-0

1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA INGENIERÍA Y BIOGÁS

La empresa **Ingeniería y Biogás, SL** es una compañía de titularidad privada, de capital 100% español, fundada en el año 2008 por técnicos con amplia experiencia en el campo del biogás. Tiene sus instalaciones centrales en Asturias (oficinas y nave de montaje).

La actividad de la compañía se centra en el sector del biogás, tanto de vertedero controlado como del biogás generado en otros procesos (biometanización de residuos ganaderos, lodos de depuradora, etc.). El alcance de los trabajos de la empresa incluye tanto labores de consultoría e ingeniería (estudios previos, proyectos, informes de evaluación de eficiencias, etc.), como el suministro, montaje y puesta en marcha de equipos específicos o instalaciones completas, llegando hasta el desarrollo completo de proyectos llave en mano. Nuestros servicios también incluyen, a petición del cliente, trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo e incluso de operación de instalaciones de desgasificación y de valorización.

La empresa cuenta con técnicos con más de 20 años de experiencia en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de biogás.

Nuestros propios equipos de biogás, desarrollados a lo largo de años de experiencias en plantas para este gas, incluyen desde diferentes tipos de elementos específicos para la captación de biogás en vertederos controlados, hasta los equipos automáticos para su gestión, regulación, análisis, impulsión, tratamiento y combustión. También elementos especiales para separación de condensados, equipos compactos de extracción-combustión, así como antorchas (tanto sencillas de tipo premezcla hasta antorchas de cámara cerrada y alta temperatura). Son así mismo desarrollos propios algunos cuadros especiales de análisis de biogás y cuadros de control. Los equipos de desarrollo propio pueden ser suministrados individualmente o como proyecto llave en mano, incluyendo también equipos externos, como equipos de secado y tratamiento de biogás u otros elementos.

Tanto las antorchas de combustión como los compactos de extracción y combustión son diseñados por **Inbiogas** en función de las necesidades específicas de cada caso (especificaciones de combustión y emisiones, caudales de trabajo, vacío a aplicar en la red de captación, etc.).

2. INTRODUCCIÓN

Desde SOMACYL se nos ha solicitado oferta para un equipo que permita quemar de forma controlada un pequeño caudal de biogás, procedente de la digestión de lodos de depuradora.

El biogás que se genera en dicha digestión se puede almacenar temporalmente en un gasómetro de pequeña capacidad, por lo que el pequeño caudal previsto de generación de biogás (unos 115 Nm³/día) no tiene que ser quemado en continuo. Empleando el gasómetro indicado se podrá quemar un caudal algo mayor de biogás durante unas horas al día, manteniendo la antorcha apagada durante el resto del tiempo, durante el cual se irá acumulando nuevo biogás en el gasómetro.

Dado el volumen tan bajo de biogás y su consiguiente bajo caudal a enviar a antorcha, no se considera la instalación de una antorcha de alta temperatura, sino una antorcha sencilla, de llama libre. La temperatura de combustión en dichas antorchas no supera los 600°C y depende en gran medida de la composición del biogás.

En el presente documento se describe la oferta y condiciones correspondientes.

3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

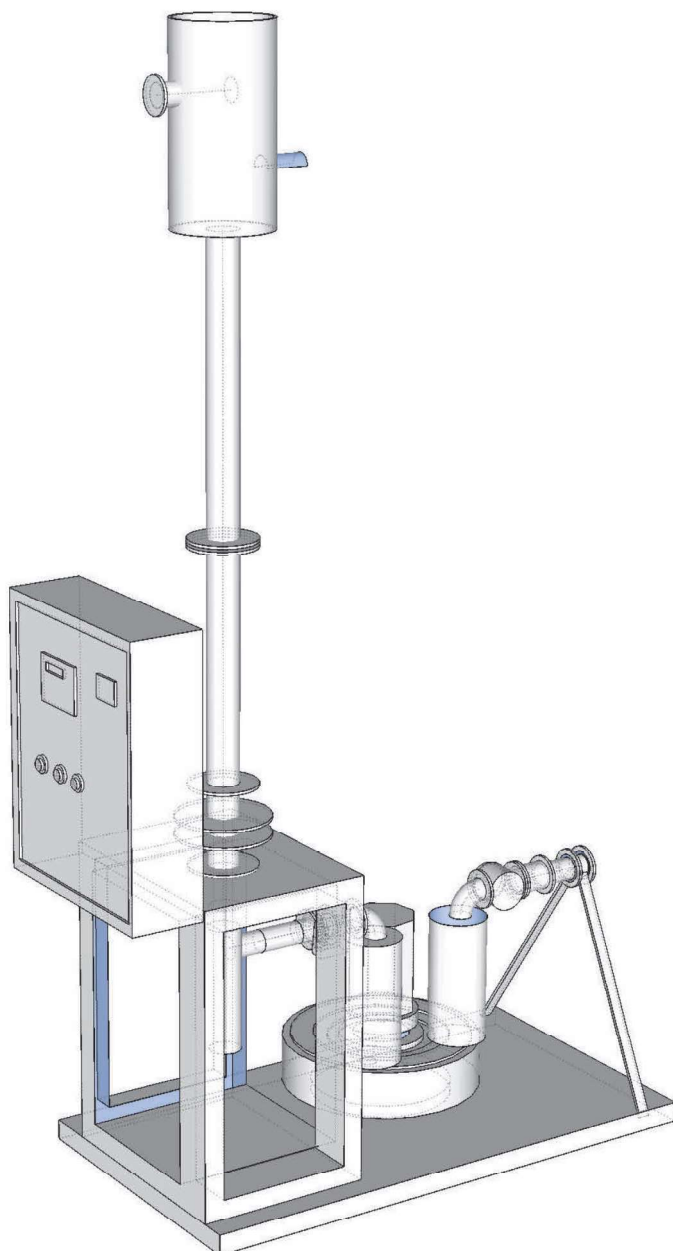
Se considera un equipo compacto sencillo de aspiración-combustión, con las siguientes características principales:

Capacidad para la extracción y combustión de hasta 50 m³/h de biogás (contenido en metano entre el 50% y el 70%v).

El equipo incluye:

- Chasis metálico para colocación de los demás elementos.
- Calderería en acero (según elementos, acero al carbono zincado, galvanizado en caliente o acero inoxidable).
- Compensadores elásticos a la entrada y salida de la soplante.
- Filtro de gas a la entrada de la soplante.
- Soplante para trabajar con un caudal de biogás de unos 50 m³/h de biogás y una presión diferencial de unos 50 mbar. Tensión de trabajo prevista: trifásica, 400V. 50 Hz. Motor de 1.1 kWe. Soplante de tipo canal lateral, conforme ATEX.
- Filtro cortallamas entre soplante y antorcha, conforme ATEX, resistente a combustión prolongada.
- Válvulas manual y automática. En el propio equipo compacto se dispone de 1 Válvula automática general de tipo electroválvula (para evitar que salga biogás cuando el equipo esté parado), de accionamiento eléctrico, así como una válvula manual a la entrada del equipo.
- Antorcha de tipo llama libre, con encendido mediante electrodo y control de encendido y temperatura con termopar. Para un caudal máximo de hasta 50 Nm³/h (350 kW_t).
- Cuadro de control y maniobra, con variador para gestión de la soplante, indicadores y mandos. Con sistema automático de encendido de la antorcha. Lógica de relés. Este cuadro admite una señal remota de encendido-apagado, que permite coordinar el funcionamiento del equipo con el volumen de llenado del gasómetro.
- Conjunto del equipo montado y cableado. Para el transporte se desmonta parcialmente para reducir el espacio necesario.
- También se incluye la Documentación del equipo y manuales de uso.

En las siguientes imágenes se muestran un croquis del equipo ofertado y una fotografía de uno similar, durante fabricación. Sus características pueden variar en función de las necesidades del proyecto y características definitivas de los equipos a incorporar.



4. PRESUPUESTO Y CONDICIONES

Suministro equipo compacto: **12.630 euros + IVA.**

Precio Ex Works nuestra nave en Gijón.

Transporte, montaje y puesta en marcha: **3.850 euros + IVA.**

Considerando la instalación en un punto de la Comunidad de Castilla y León con acceso adecuado.

Opción: La realización de la Certificación de Conformidad de la antorcha por parte de una OCA (Organismo de Control Autorizado) según la actual normativa para estos equipos de combustión de gas. Concretamente la "Verificación por unidad de aparatos de gas" en conformidad con el RD 919/2006. En caso de ser solicitado, se realizará simultáneamente a la puesta en marcha del equipo. Coste adicional: 1.240 euros + IVA



Fdo. Adrian Beyebach
Director General Ingeniería y Biogás, SL

Gijón, 28 de mayo de 2019

Hitos y Condiciones de pago:

- En el caso de suministro Ex works:
 - o 30% al pedido o firma de contrato, por transferencia
 - o 70% antes de la recogida del equipo en nuestros talleres en Gijón

- En el caso de contratar transporte, montaje y puesta en marcha:
 - o 30% al pedido o firma de contrato, por transferencia
 - o 60% al suministro de los equipos en EDAR
 - o 10% tras puesta en marcha

Validez de la oferta: 6 semanas desde la fecha de la oferta

No se incluye en este presupuesto:

- Obra civil y asociados: accesos, arquetas, soleras, pasos de carretera, zanjas, etc.
- Conexión de la línea de biogás a la brida de entrada de la central de extracción ofertada.
- Vallado, protección e iluminación exterior de las instalaciones.
- Pruebas de presión ni radiografiado de las soldaduras en obra de las conducciones a instalar. En caso de ser necesario, se pueden presupuestar dichos costes.
- No se incluye la conducción externa y gestión de condensados que se produzcan.
- Suministro eléctrico “externo” – Acometida eléctrica a los equipos ahora ofertados, que será en trifásico 400 V y 50 Hz. Potencia instalada aproximada: 2 kWe
- Proyectos y/o visados. Tampoco pruebas, certificados, certificaciones, legalizaciones, validaciones o similares, salvo lo expresamente indicado como incluido. En caso de desear alguna de estas documentaciones adicionales se ha de definir cuáles han de ser y las podemos ofertar.
- Gastos externos de pruebas e inspecciones durante fabricación, montaje y puesta en marcha.
- No se incluyen pararrayos en el suministro, ni tomas de tierra que serán por cuenta del cliente.
- Plataformas y/o medios de acceso para la toma de muestras o medidas a altura.
- En caso que el cliente exija la utilización de una plataforma software, de pago, para la gestión de la obra, las cuestiones de prevención, facturación u otros; los costes asociados a la inscripción y utilización de dicha plataforma serán por cuenta del cliente.
- Gastos en servicios colectivos de Seguridad y Salud, como vestuarios, baños o similares. Se supone que, en caso necesario, podrán ser empleados los comunes existentes en la planta.
- Tampoco se incluyen otros equipos, suministros, trabajos, gastos o servicios no indicados como incluidos en el presupuesto o indicados con cantidad cero.
- IVA u otros impuestos que correspondan

Plazo aproximado de fabricación y puesta a disposición en nuestro taller: unas 9 semanas desde pedido en firme, a confirmar según plazos de nuestros proveedores y sus existencias en stock.

5. REFERENCIAS DE INBIOGAS

Tanto la empresa como su personal de su plantilla cuentan con importantes realizaciones en instalaciones de biogás.

Entre las principales referencias de la empresa **Inbiogas** se pueden mencionar las siguientes:

- Suministro, montaje y puesta en marcha de equipos para la desgasificación del vertedero de R.S.U. de **Urteta** (Zarautz, Guipúzcoa).
- Suministro, montaje y puesta en marcha de un sistema de extracción y combustión de biogás para una planta de biogás procedente de lodos industriales, en **Sta. Cruz de la Sierra** (Bolivia), para su validación como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y la obtención de derechos de emisión de CO₂. Instalación que incluye una antorcha de alta temperatura, dos centrales de impulsión con doble soplante y elementos auxiliares (sistema automático de medición de caudal, temperatura y composición en metano, con registro en PLC, entre otros equipos).
- Suministro, montaje y puesta en marcha de un sistema de extracción y combustión de biogás para una segunda planta de eliminación de biogás procedente de lodos industriales, en **Sta. Cruz de la Sierra** (Bolivia). MDL. Instalación con antorcha de alta temperatura, dos centrales de impulsión con doble soplante y elementos auxiliares.
- Ampliación de la instalación de desgasificación de **Arico** (Tenerife). Suministro y puesta en marcha de la estación de regulación y medida automática, controlada por PLC para la celda 2 del vertedero. Trabajos de puesta en marcha de las instalaciones centrales de desgasificación y valorización de biogás de los vertederos de **Arico** (Tenerife).
- Contratos de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones de biogás en los vertederos de **Argalarío** (Vizcaya) y **Segovia**.
- Trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo en los vertederos de **Cerceda** (Coruña) y **Zonzamas** (Lanzarote).
- Suministro, montaje y puesta en marcha de una ampliación de la planta de desgasificación y valorización de biogás del vertedero controlado de RSU de **Gardelegui** (Vitoria).
- Proyecto llave en mano de una instalación de desgasificación del vertedero clausurado de **Aranda de Duero**. Incluyendo un equipo compacto de extracción-combustión.
- Suministro, montaje y puesta en marcha de las instalaciones de desgasificación del vertedero clausurado de **Texeiro** (Lugo).
- Suministro de equipos de regulación e impulsión de biogás para la planta de valorización del biogás del vertedero de **Valladolid**.
- Suministro, montaje y puesta en marcha de los equipos de desgasificación (compacto aspiración-combustión) y valorización de biogás en el vertedero clausurado de **Piñor** (Santiago de Compostela).

- Suministro, montaje y puesta en marcha de las instalaciones de desgasificación del vertedero de **Teruel**. Incluyendo un equipo compacto.
- Suministro, montaje y puesta en marcha de los equipos de desgasificación (compacto aspiración-combustión) y valorización de biogás en el vertedero clausurado de **Ourense**.
- Suministro, montaje y puesta en marcha de una antorcha de alta temperatura para el biogás excedente de la planta de valorización del vertedero de **Góngora** (Pamplona).
- Suministro, montaje y puesta en marcha de tres instalaciones de desgasificación (compactos soplante-antorcha) para los vertederos clausurados de **Ejea de las Caballeros, Huesca y Alcañiz**.
- Suministro, montaje y puesta en marcha de la planta de captación de biogás para el vertedero en activo de **Albacete**. Constando de regulación, extracción y secado de biogás y su envío tras adecuación a un grupo generador (1 MWe).
- Suministro, montaje y puesta en marcha de los equipos de desgasificación y valorización de biogás en el vertedero clausurado de **Ferrol**.
- Suministro, montaje y puesta en marcha de los equipos de desgasificación en el vertedero clausurado de **Pontevedra**.
- Desgasificación de las celdas 2 y 3 del vertedero de RSU de **Las Dehesas** (Madrid).
- Desgasificación de la celda 3 del vertedero controlado de Sogama (Cerdeja, Coruña, España), para su posterior valorización en grupos generadores (> 2 MWe).
- Instalaciones de biogás en la ETAR de **Quinta do Conde** (Portugal), incluyendo almacenamiento, combustión, tratamiento y secado del biogás, para su envío a grupos generadores.
- Compacto para extracción y combustión de biogás en el vertedero controlado de **Arico** (Tenerife).
- Estudio de biogás en los vertederos de **Los Barrios** (Cádiz) y **Casares** (Málaga).
- Suministro de antorcha de combustión de biogás para la EDAR de Placeres, **Pontevedra**.
- Suministro y puesta en marcha de un equipo compacto de extracción y combustión de biogás para el vertedero de **Cáceres**.
- Contrato de mantenimiento para las plantas de biogás de los vertederos de **Nájera, Torrejón de Ardoz y Alcalá de Henares**.
- Contrato para el suministro, montaje y puesta en marcha de un equipo compacto de extracción y combustión de biogás, para el vertedero de **Cervera de Maestre** (Castellón).
- Suministro, montaje y puesta en marcha de equipos de biogás para la ampliación de la planta de **Villamayor** (Salamanca), incluyendo soplante y antorcha de alta temperatura.
- Contrato de suministro de bombas y equipos de extracción de aguas y lixiviados para el vertedero de **Cervera de Maestre** (Castellón).
- Contrato para la ampliación de la instalación de biogás del vertedero de **Góngora** (Pamplona) con la instalación de una nueva ERM y 3 soplantes de extracción-impulsión de biogás.

- Contrato para el Suministro de las instalaciones de desgasificación para valorización para el vertedero controlado de **Saltillo** (México).
- Suministro, montaje y puesta en marcha de la red de captación y conducción de biogás en las celdas 1 y 2 del vertedero controlado de Areosa (Sogama, **Cerceda**, Coruña)
- Contrato para el suministro, montaje y puesta en marcha de 3 Estaciones de Regulación y Medida automáticas, así como una Central de Extracción, Control y Análisis en el vertedero controlado de **COGERSA**.
- Contrato de Asistencia Técnica para la ejecución, construcción y puesta en marcha de la planta de biogás en el vertedero controlado de **Saltillo** (México).
- Suministro y puesta en marcha de antorcha de alta temperatura en el vertedero de **Nueva Rendija** (Torrejón).
- Instalaciones centrales para la desgasificación y valorización del vertedero controlado de **Guadiel - Linares** (Jaén, España).
- Suministro de instalaciones de desgasificación para valorización para el depósito controlado de residuos de **Cuautla** (México).
- Instalaciones centrales para la desgasificación y valorización del vertedero controlado de **Sierra Sur** (Jaén, España). Estación de regulación automática, sistema de acondicionamiento del biogás, soplantes, antorcha, control y análisis.
- Instalaciones de desgasificación para la celda 4 del depósito controlado de residuos sólidos urbanos del vertedero de **Las Dehesas** (Madrid).
- Antorcha de bajo caudal para la planta de biometanización de residuos agrícolas de “Elaborados de la Ribera”, en **La Rioja**.
- Equipo de secado de biogás para la planta de valorización de la **EDAR de Vilecha** (León, España).
- Antorcha de alta temperatura para la combustión de excedentes de biogás para la planta de valorización de la EDAR de **Vilecha** (León, España).
- Ampliación de la planta de biogás de Biomeruelo (**Cantabria**), con una nueva soplante para colocación en paralelo con actuales soplantes.
- Instalaciones de desgasificación de la celda de vertido de la CTRU de **Zaragoza**, incluyendo ERM automática, central de extracción, cuadros de análisis y modificaciones en actuales instalaciones de biogás.
- Instalaciones de centrales extracción e impulsión de biogás en la CTRU de **Legio VII** (León), para la captación de biogás del depósito de vertido y para impulsión de biogás de digestores a antorcha.
- Instalaciones de desgasificación de la celda 3 de la PTR de **Arico** (Tenerife), incluyendo red de conducción de biogás y ERM automática.

- Instalaciones centrales de extracción de biogás en el vertedero de la CTRU de **Gomecello** (Salamanca).
- Instalaciones centrales de extracción y combustión de biogás en el vertedero controlado de **Toledo**.
- Suministro de un sistema de eliminación de siloxanos para el vertedero controlado de **Saltillo** (México).
- Suministro e instalación de sistema de conducción de biogás desde la Planta de Residuos Sólidos de **Arico** (Tenerife), para su aprovechamiento en la industria recicladora Ewaste.
- Instalaciones para el tratamiento y la valorización del biogás del vertedero de **Las Dehesas** (Madrid), incluyendo conducciones, gasómetro, soplantes, equipos de medida y control.
- Suministro e instalación de un equipo compacto de aspiración y combustión de biogás para el vertedero de **Lebrija** (Sevilla).
- Red de captación de biogás en el vertedero de **Cervera del Maestre**.
- Instalaciones de captación y gestión de biogás en el Complejo Ambiental de **Salto del Negro** (Las Palmas de Gran Canaria).
- Instalaciones de captación y conducción de biogás en el vertedero de cola del **Complejo Ambiental de Legio VII** (León).
- Adecuación, automatización y puesta en marcha de la ERM L de la planta de biogás de **COGERSA** (Asturias).
- Suministro e instalación de una red de captación y equipo compacto central de extracción y combustión de biogás en el vertedero de **Valdeseñor** (Palencia).
- Suministro e instalación de instalaciones de extracción y combustión de biogás en el vertedero de **Peñíscola** (Castellón).
- Instalaciones de desgasificación en el vertedero de **Miranda de Ebro** (Castilla y León).
- Central de extracción e impulsión de biogás para el vertedero de **El Culebrete** (Navarra).
- Ampliación, adaptación y automatización de la planta de biogás del vertedero de **Villarrasa** (Huelva) para la valorización del biogás en caldera.
- Central de extracción con antorcha de alta temperatura y gran altura (s. RD 100/2011) para la planta de desgasificación de **Alhendín** (Granada).
- Suministro y puesta en marcha de dos Estaciones de Regulación y Medida Automáticas de biogás para el vertedero controlado de **COGERSA** (Asturias).
- Planta de captación de biogás para el vertedero de **Los Barrios** (Cádiz).

- Adecuación y ampliación de las instalaciones centrales de la planta de biogás del vertedero controlado de **Miramundo** (Cádiz).
- Central de extracción y combustión de biogás para el vertedero de **Agadir** (Marruecos).
- Planta de captación de biogás para el vertedero de **Los Barrios** (Cádiz).
- Instalaciones de desgasificación en el vertedero de la planta de tratamiento de residuos de **Caudete de las Fuentes**.
- Central de extracción y combustión de biogás para el vertedero de **Alcalá de Henares** (Madrid).
- Central de extracción y combustión de biogás para el vertedero de **Zaragoza**.
- Ampliación y automatización de la planta de desgasificación de **Elche**.
- Antorcha de alta temperatura y gran altura para el vertedero de **Igorre** (Vizcaya).
- Instalación de equipos de impulsión y combustión (antorcha de alta temperatura) para el biogás de la EDAR Sur de **Santa Cruz de la Sierra** (Bolivia).

Más información de la empresa y sus equipos:
www.inbiogas.com



Estimado cliente,

Nos es satisfactorio hacerle llegar nuestra propuesta para un gasómetro de 50 m³ sobre losa de hormigón para su proyecto. Nuestra oferta está descrita a continuación.

Gasómetro sobre losa de hormigón con los siguientes parámetros:

Número de gasómetros	1	No
Volumen útil	50	m ³
Diámetro	4,972	m
Altura	4,093	m
Diámetro en la base o anclaje	3,793	m
Presión de trabajo	24	mbar
Máxima presión de gas	34	mbar
Flujo máximo retirada de gas	120	m ³ /h
Flujo máximo entrada de gas	120	m ³ /h
Diámetro de la losa de hormigón	4,693	m
Longitud del lado en caso de losa octogonal	1,994	m

Se han elaborado las siguientes especificaciones en este documento. Estas han de ser leídas atentamente para asegurarse de que coinciden con sus requerimientos. En caso de que existiera algún malentendido, por favor comuníquenoslo lo antes posible.



1. PRECIO

PRECIO PARA EL GASÓMETRO (50m ³) DESCRITO EN EL PUNTO 2.1	14.100,00 €
---	--------------------

1.1. Precio para los extras

Extra precio para aumentar el volumen del gasómetro hasta 100m ³	1.400,00 €
---	-------------------

Dimensiones para gasómetro estándar de 100m³

Las telas empleadas para la fabricación del gasómetro y el resto de elementos auxiliares serán los mismos que el caso del gasómetro de 50m³

Volumen útil	100 m ³
Diámetro	6,203 m
Altura	5,079 m
Diámetro en la base o anclaje	4,779 m
Presión de trabajo	24 mbar
Máxima presión de gas	34 mbar
Flujo máximo retirada de gas	120 m ³ /h
Flujo máximo entrada de gas	120 m ³ /h
Diámetro de la losa de hormigón	5,679 m
Longitud del lado en caso de losa octogonal	2,352 m

Extra precio para la fabricación del gasómetro empleando telas de alta calidad Verseidag. Descripción de las telas en el punto 2.2	
Gasómetro de 50m ³	750,00 €
Gasómetro de 100m ³	1.100,00 €
Extra precio para una estación de entrega de aire con configuración 1+1. Descripción en el punto 2.2	2.350,00 €



Extra precio para un sistema de detección de gases, para detectar una posible fuga de gas en el espacio anular entre las membranas. Descripción en el punto 2.2	1.800,00 €
---	-------------------

Extra precio para la instalación y puesta en marcha del gasómetro. Este precio se mantiene en cualquiera de los dos volúmenes ofertados	3.000,00 €
---	-------------------

2. DESCRIPCIÓN DEL SUMINISTRO

2.1. Descripción del suministro para el gasómetro

1) **1 membrana exterior** fabricada con revestimiento por ambos lados de PVC de color blanco y protegidos con laca PVDF. La tela tendrá las siguientes especificaciones técnicas:

- Fabricante/modelo: Naizil / Sport Cover Tipo 1
- Peso unitario: 720g/m².
- Resistencia a la rotura: 3000/3000N/5cm.
- Resistencia al desgarro: 300/300N.
- Adherencia: 40N/2cm
- Ignifugación: DIN 4102 Clase B1.

El material es resistente a: los rayos UV, a microbios y a la abrasión. Todas las soldaduras son llevadas a cabo mediante soldadura HF. Las pruebas completas de los materiales están disponibles bajo petición y todas las soldaduras están comprobadas con aire a presión a 6bar

2) **1 membrana interior** fabricada en tejido de poliéster recubierto de PVC de color gris con impermeabilidad mejorada a los gases. La tela tendrá las siguientes especificaciones técnicas:

- Fabricante/modelo: Naizil / Sport Cover Biogas Tipo 1
- Peso unitario: 720g/m².
- Resistencia a la rotura: 3000/3000N/5cm.
- Resistencia al desgarro: 300/300N.
- Adherencia: 40N/2cm
- Permeabilidad al gas metano: <600 (cm³/(m² día bar))
- Ignifugación: DIN 4102 Clase B1



El material es resistente frente a microbios y a la abrasión. Todas las soldaduras son llevadas a cabo mediante soldadura HF. Las pruebas completas de los materiales están disponibles bajo petición y todas las soldaduras estarán comprobadas con aire a presión a 6bar.

La membrana de fondo y la membrana interior serán fabricadas como una única pieza, asegurando una perfecta estanqueidad.

- 3) **1 paso de hombre de Ø 800mm instalado en la membrana exterior.** Todas las partes metálicas serán de acero inoxidable AISI 304 con tornillería en acero inoxidable A2.
- 4) **1 anillo de anclaje, fabricado en acero inoxidable 304** para anclar ambas membranas a la losa de hormigón. Las fijaciones se realizarán mediante anclajes químicos con tornillería A2. Gomas para la protección de la membrana exterior en las uniones con los anillos de anclaje y el sellado de la membrana exterior están incluidas en el anillo de anclaje.
- 5) **1 estación de entrega de aire** compuesta por:
 - a) **1 soplante ATEX II3G**, que proporcionarán un flujo de 120m³/h a una presión de 24mbar. La soplante tendrá una potencia de 0,55kW alimentada a 400V, 3 fases y 50Hz, certificado ATEX II3G Ex nA IIB T4, termistor para la protección del motor eléctrico está incluido.
 - b) **1 colector** fabricado en acero inoxidable 304 DN100 para conectar el sistema con el gasómetro. El colector será diseñado para conectar todos los elementos de la estación de entrega de aire.
 - c) **1 válvula antiretorno** fabricada en acero inoxidable 304 que irá instalada en la salida del ventilador.
 - d) **1 válvula de mariposa DN100**, para regular el flujo de aire. La válvula de mariposa tendrá las siguientes características:
 - Tipo Wafer.
 - Presión de trabajo - 16 barg.
 - Cuerpo de fundición nodular.
 - Disco en fundición dúctil recubierto de Rilsan.
 - e) **1 válvula de alivio de presión de aire de 4"**, será de tipo mecánico, fabricada con cuerpo de aluminio y disco de cierre de acero inoxidable 316. La válvula irá acompañada con certificados de presión de tarado y caudal aliviado a dicha presión. La válvula estará tarada a 24mbar con un flujo de alivio a dicha presión de 240m³/h. Esta válvula será instalada en el colector.
 - f) **1 tubería flexible de DN100** para conectar la estación de entrega de aire con la membrana exterior.
- 6) **1 sistema laser de medición de nivel.** El sistema de medición de nivel estará compuesto por los siguientes elementos:
 - a) **1 sensor laser ABB LLT100 ATEX** con las siguientes especificaciones:
 - Rango: 0.5-100m
 - Alimentación: 16-32 Vdc
 - Carga: 200mA at 24Vdc
 - Salida: 4-20mA
 - Precisión: +-30mm



Ajuste del tiempo de respuesta: 1 to 60 s

Temperatura de operación -40 to 65°C

Carcasa exterior: IP67 Aluminio

Ventana: Cristal de Borosilicato

Certificación: ATEX II 2G, Exdb T6

- b) **1 sistema de lentes calefactadas ATEX**, para evitar condensación sobre las lentes.
 - c) **1 cable** desde el sensor a la zona de los ventiladores. El cable llevará: Alimentación eléctrica al sensor y señal de 4-20mA al indicador de campo.
 - d) **1 soporte para la fijación del sensor en la membrana externa**, fabricado en acero inoxidable AISI 304 con tornillería y fijaciones en acero inoxidable A2.
- 7) **1 válvula de alivio de presión de gas de 4"**. Esta válvula será de tipo mecánico, fabricada con cuerpo de aluminio y disco de cierre de acero inoxidable 316. La válvula irá acompañada con certificados de presión de tarado y caudal aliviado a dicha presión. La válvula estará tarada a la presión máxima de gas especificada en la tabla inicial con un flujo de alivio a dicha presión de al menos 120m³/h.
- 8) **1 copia de todos los planos y manuales.**

2.2. Descripción de los extras

- 1) **Membranas de alta calidad VERSEIDAG.** La fabricación del gasómetro puede ser ofertada empleando telas Verseidag con el sobrecoste indicado en el punto 1.1. Las membranas Verseidag tienen las siguientes especificaciones técnicas:

- **1 membrana exterior Tipo 1** fabricada con revestimiento por ambos lados de PVC de color blanco reforzado con TiO₂ y protegidos con laca PVDF. El tejido interior es multifilamento de poliéster SLC "low-wick" con filamentos protegidos con fluoruro de carbono. La tela tendrá las siguientes especificaciones técnicas:
 - Fabricante/modelo: Verseidag / TXA-750 F
 - Peso unitario: 750g/m².
 - Resistencia a la rotura: 3000/3000N/5cm.
 - Resistencia al desgarro: 350/300N.
 - Adherencia: 125N/5cm
 - Ignifugación: DIN 4102 Clase B1.
 - 15 años garantía (sólo tela)

El material es resistente a: los rayos UV, a microbios y a la abrasión. Todas las soldaduras son llevadas a cabo mediante soldadura HF. Las pruebas completas de los materiales están disponibles bajo petición y todas las soldaduras están comprobadas con aire a presión a 6bar.

- **1 membrana interior Tipo 1** fabricada en tejido de poliéster recubierto de PVC de color gris con impermeabilidad mejorada a los gases. La tela tendrá las siguientes especificaciones técnicas:
 - Fabricante/modelo: Verseidag / B71180
 - Peso unitario: 800g/m².



- Resistencia a la rotura: 3400/3000N/5cm.
- Resistencia al desgarro: 350/300N.
- Adherencia: 150N/5cm
- Permeabilidad al gas metano: <500 (cm³/(m² día bar))
- Ignifugación: DIN 4102 Clase B1.

El material es resistente frente a microbios y a la abrasión. Todas las soldaduras son llevadas a cabo mediante soldadura HF. Las pruebas completas de los materiales están disponibles bajo petición y todas las soldaduras estarán comprobadas con aire a presión a 6bar.

La membrana de fondo y la membrana interior serán fabricadas como una única pieza, asegurando una perfecta estanqueidad.

2) **1 estación de entrega de aire 1+1** compuesta por:

- a) **2 soplantes ATEX II3G**, que proporcionarán un flujo de 120m³/h a una presión de 24mbar. Las soplantes tendrán una potencia de 0,55kW alimentada a 400V, 3 fases y 50Hz, certificado ATEX II3G Ex nA IIB T4, termistores para la protección de los motores eléctricos están incluidos.
- b) **1 colector** fabricado en acero inoxidable 304 DN100 para conectar el sistema con el gasómetro. El colector será diseñado para conectar todos los elementos de la estación de entrega de aire.
- c) **2 válvulas antiretorno** fabricadas en acero inoxidable 304 que irán instaladas en las salidas de los ventiladores.
- d) **2 válvulas de mariposa DN100**, para regular el flujo de aire. Las válvulas de mariposa tendrán las siguientes características:
 - Tipo Wafer.
 - Presión de trabajo - 16 barg.
 - Cuerpo de fundición nodular.
 - Disco en fundición dúctil recubierto de Rilsan.
- e) **1 válvula de alivio de presión de aire de 4"**, será de tipo mecánico, fabricada con cuerpo de aluminio y disco de cierre de acero inoxidable 316. La válvula irá acompañada con certificados de presión de tarado y caudal aliviado a dicha presión. La válvula estará tarada a 24mbar con un flujo de alivio a dicha presión de 240m³/h. Esta válvula será instalada en el colector.
- f) **1 tubería flexible de DN100** para conectar la estación de entrega de aire con la membrana exterior.

3) **1 Sistema de detección de gases.** El sistema de detección de gases estará compuesto por:

- a) **1 controlador para el detector de metano:** IP66, pantalla LCD. Unidades dedicadas para una alarma audible y dos visuales de 24V DC. Relés de alarma de baja, alta y fallo. Salidas analógicas de 4-20mA. El equipo dispone de baterías para el supuesto de fallo en la alimentación.
- b) **1 detector de metano por infrarojos:** tarado para detectar concentraciones de metano entre el 0 y el 100% del límite explosivo inferior. Certificación ATEX.
- c) **1 sistema de aspiración de metano**, con todos los elementos para transportar el ambiente entre las dos membranas hasta el detector, el cual estará situado junto al gasómetro.



3. EXCLUSIONES

- 1) Equipos para la descarga del material en planta, no están incluidos en este presupuesto.
- 2) Purga de la membrana interna para puesta en marcha no está incluida en este presupuesto.
- 3) Panel de control no se encuentra incluido. Podrá ser ofertado si es requerido.
- 4) Panel de control local no esta ofertado. Podrá ser ofertado si es requerido.
- 5) Cableado desde el equipamiento hasta el panel de control no esta incluido pero puede ser ofertado.

4. TÉRMINOS DE PAGO

40% en la firma del contrato.

60% entrega en puerto.

5. VALIDEZ

Seis meses desde la entrega del presupuesto

6. PERIODO DE ENTREGA

Después de la confirmación de la orden, el equipo ofertado será entregado en 11 semanas.

Esperamos que nuestro presupuesto satisfaga sus necesidades. Si usted tiene alguna pregunta relacionada con el alcance de nuestra propuesta o si algunos de nuestros planteamientos son incorrectos, por favor contáctenos para volver a evaluar sus necesidades. Siempre estamos dispuestos a discutir cualquier aspecto de nuestro presupuesto: periodo de entrega, términos de pago, etc.

Atentamente

Rubén Freiría.



Series modification



Product range	Glandless premium high-efficiency pumps	Glandless standard high-efficiency pumps	Glandless standard high-efficiency pumps
Series	Wilo-Stratos PICO	Wilo-Yonos PICO	Wilo-Yonos PICO-D
Field of application	Heating, air-conditioning, cooling	Heating, air-conditioning, cooling	Heating, air-conditioning, cooling
Duty chart			
Design	Glandless circulation pump with screwed connection, EC motor and automatic power adjustment	Glandless circulation pump with screwed connection, EC motor and automatic power adjustment	Glandless circulation pump with screwed connection, EC motor and automatic power adjustment
Application	Hot-water heating systems of all kinds, air-conditioning applications, industrial circulation systems	Hot-water heating systems of all kinds, air-conditioning applications, industrial circulation systems	Hot-water heating systems of all kinds, air-conditioning applications, industrial circulation systems
Volume flow Q max.	4 m ³ /h	4.5 m ³ /h	7 m ³ /h
Delivery head H max.	6 m	8 m	8 m
Special features	<ul style="list-style-type: none"> → Maximum energy efficiency thanks to the combination of the EC motor, Dynamic Adapt and precise settings → High reliability through self-protecting automatic routines → Intuitive setting/maintenance by activating functions and modes shown on LC display → Monitoring of current power consumption or flow and cumulated kWh → Tool-free electrical connection using the Wilo-Connector 	<ul style="list-style-type: none"> → Maximum set-up comfort with new smart settings, self-explanatory interface and new functions → Optimised energy efficiency thanks to EC motor technology, precise settings by 0.1m → Quick installation/replacement thanks to the improved compact design → Easier maintenance due to automatically and manually activated restart or air venting function → Maximum reliability and operational safety thanks to proven technology 	<ul style="list-style-type: none"> → LED display for setting the setpoint in 0.1 m steps and for showing the current consumption → Tool-free electrical connection using the Wilo-Connector → Unique pump venting function per pump → Double pump for individual (Δp-c and Δp-v) or parallel operation (Δp-c) → Very high starting torque for safe start-up
Technical data	<ul style="list-style-type: none"> → Fluid temperature +2 °C to +110 °C → Mains connection 1~230 V, 50 Hz → Energy Efficiency Index (EEI) ≤ 0.20 → Screwed connection Rp ½, Rp 1, Rp 1¼ → Max. operating pressure 10 bar 	<ul style="list-style-type: none"> → Fluid temperature -10 °C to +95 °C → Mains connection 1~230 V, 50 Hz → Energy Efficiency Index (EEI) ≤ 0.20 → Screwed connection Rp ½, Rp 1, Rp 1¼ → Max. operating pressure 10 bar 	<ul style="list-style-type: none"> → Fluid temperature -10 °C to +95 °C → Mains connection 1~230 V, 50 Hz → Energy Efficiency Index (EEI) ≤ 0.20 → Screwed connection Rp 1¼ → Max. operating pressure 6 bar
Equipment/function	<ul style="list-style-type: none"> → Control mode: Δp-c and Δp-v (Dynamic Adapt) → Automatic setback operation → Automatic venting routine → Automatic restart and dry running detection → Display of the current power consumption or flow and cumulative kWh → Reset function for the electricity meter or to factory settings → Hold function (Key lock) → Wilo-Connector → Options: stainless steel pump housing; port-to-port length 130 mm 	<ul style="list-style-type: none"> → Control mode: Δp-c, Δp-v and constant speed (3 curves) → Setting the operating mode by application → Setting of delivery head or constant speed → Automatic deblocking function → Manual re-start and venting function → LED display for setting the setpoint and displaying actual consumption → Wilo-Connector → Options: port-to-port length 130 mm 	<ul style="list-style-type: none"> → Control mode: Δp-c and Δp-v → Setting of delivery head → Automatic venting function → Automatic deblocking function → Main/standby mode and parallel operation → LED display for setting the setpoint and displaying actual consumption → Wilo-Connector

ANEXO 6.

PRESUPUESTO TOTAL

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL									
01.01	M2 DESPEJE Y DESBROCE Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, incluso carga y transporte al vertedero, incluso canon de vertedero. parcela	1	10,000	10,000		100,000			
							100,00	0,63	63,00
01.02	Ud EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO Excavación a cielo abierto, en cualquier clase de terreno, incluso roca, realizada por medios mecánicos. Incluido carga y transporte al vertedero y canon de vertederos. Excavacion digestor Excavación antorcha Excavación gasómetro	20 1 5				20,000 1,000 5,000			
							26,00	2,83	73,58
01.03	M3 EXCAVACION EN POZOS Y ZANJAS Excavación en zanjas, en cualquier clase de terreno, incluso roca, realizada con medios mecánicos. Incluido carga y transporte al vertedero y canon de vertedero. Tuberías	30				30,000			
							30,00	2,83	84,90
01.04	M3 RELLENO EXTENDIDO Y COMPACTADO DE CAMA DE ARENA Relleno, extendido y compactado de arena para asiento de tuberías. equipos	1	30,000	0,500	0,100	1,500			
							1,50	18,36	27,54
01.05	M3 RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS C/T PROCEDENTES DE EXCAVACION Relleno en zanjas con tierras procedentes de la excavación, extendidas por tongadas, incluso humectación y compactación.	10				10,000			
							10,00	1,68	16,80
01.06	m3 ZAHORRA COMPACTADA Zahorra natural, husos ZN(50)/ZN(20), puesta en obra, extendida y compactada, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 15/25 cm. de espesor y con índice de plasticidad cero, medido sobre perfil. debajo losa	1	5,00	5,00	0,20	5,00			
							5,00	18,03	90,15
01.07	M3 RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS C/T PROCEDENTES DE PRETAMOS Relleno en zanjas, extendidas por tongadas, incluso humectación y compactación.	1	19,000			19,000			
							19,00	7,08	134,52
01.08	M3 HORMIGÓN HA-30/B/20/IV+Qb Hormigón HA-30/B/20/IV+Qb, con una dosificación de hormigón de 400 kg/m3 de cemento CEM I, consistencia blanda, elaborado en central, en alzado de muros y losas, incluso bombeado y medios manuales, vibrado y colocado. Losa digestor Restos protecciones y pasos	1 1	5,000 2,000	5,000 1,000	0,200 0,200	5,000 0,400			
							5,40	85,67	462,62
01.09	kg ACERO CORRUGADO B 500 S Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra, incluso p.p. de despuntes. Según EHE. Armaduras	1	120,00			120,00			
							120,00	1,05	126,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	TOTAL CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL								1.079,11

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 EQUIPOS MECANICOS									
02.01	Ud					DIGESTOR			
	<p>Digestor anaerobio LEV2050 de acero inoxidable AISI 316 de 100 m3 de volumen, incluido agitador lateral de 5 kW a 200 r.p.m, incluida bomba de recirculación y manguitos hembra. También se incluye una válvula blanketing y válvula de sobrepresión en el reactor. Incluido transmisor de presión diferencial. Reactor completamente aislado con lana mineral. Accesorios: 4 orejetas de izaje, una bandilla perimetral, una bola de limpieza desmontable, una boca de hombre, una conexión macho DIN DN80 más tubo de buzo para entrada de producto, una boca frontal ovaladas y una salida total con válvula mariposa DIN DN80.</p>								
02.02	Ud					GASÓMETRO	1,00	81.743,00	81.743,00
	<p>Gasómetro e Biogas Technology de 50 m3 con membrana exterior y membrana interior de PVC gris con impermeabilidad mejorada a los gases, incluida estación de entrega de aire compuesta por un soplante ATEX II3G, un colector de acero inoxidable 304 para conectar el sistema con e gasómetro, una válvula antirretorno, una válvula mariposa, una válvula de alivio de presión de aire, una tubería flexible y un sistema laser de medición de nivel.</p>								
02.03	Ud					ANTORCHA	1,00	14.100,00	14.100,00
	<p>Antorcha suministrada por Inbiogas. Se trata de un equipo compacto sencillo de aspiración-combustión con capacidad para la extracción y combustión de hasta 50 m3/h de biogás (contenido en metano entre el 50% y el 70% (v/v)). Incluido chasis metálico para colocación de los demás elementos, calderería en acero (según elementos, acero al carbono zincado, galvanizado en caliente o acero inoxidable), compensadores elásticos a la entrada y salida del soplante y filtro de gas a la entrada de la soplante. La antorcha es de tipo llama libre, con encendido mediante electrodo y control de encendido y temperatura con termopar. Tiene cuadro de control y maniobra, con variador para gestión de la soplante, indicadores y mandos. Con sistema automático de encendido de la antorcha.</p>								
02.04	Ud					INTERCAMBIADOR DE CALOR	1,00	16.480,00	16.480,00
	<p>Intercambiador de calor marca Sedical para 3 kw de potencia. Compuesto por 20 placas con un régimen de: PRIMARIO (90/50°C/7/4kPa)-SECUNDARIO(80/60°C/6kPa).</p>								
02.05	Ud					CALDERA ELÉCTRICA	1,00	620,00	620,00
	<p>Suministrada por BAXI DE 10 kW de potencia conseguida mediante resistencias de 2.5 kW cada una, incluido calderín en chapa de acero aislado con fibra de vidrio. Incorpora circulador de alta eficiencia, un depósito de expansión, válvula de seguridad y purgador automático. El cuadro de mando tiene selector de potencia giratorio para ajustar la potencia calorífica de la caldera a las exigencias.</p>								
02.06	Ud					BOMBA DE RECIRCULACIÓN	1,00	1.635,00	1.635,00
	<p>Bomba recirculadora de rotor húmedo de la marca Wilo con unión por bridas y motor ED con adaptación electrónica de la potencia integrada. El modelo concreto es Wilo-Stratos PICO.</p>								
	1+1		2			2,00			
02.07	Ud					BOMBA DE IMPULSIÓN DIGESTATO	2,00	850,00	1.700,00
	<p>Bomba modelo DN 20L1 de hierro fundido G25 con placa de acero al carbono S235JR.</p>								
	1+1		2			2,00			
02.08	ML					TUBERÍA ACERO INOXIDABLE (D=100 mm)	2,00	1.997,60	3.995,20
	<p>Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 100 mm. de diámetro, 2 mm. de espesor, con p.p. de piezas especiales, totalmente colocada. según E.T</p>								
	Conexión de bombas a digestor	1	10,000			10,000			
	Recirculación de digestato	1	10,000			10,000			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD									
03.01	pa PARTIDA ALZADA SEGURIDAD Y SALUD Partida alzada para la Seguridad y Salud durante la obra, incluyendo pln de seguridad, medidas individuales y colectivas para la ejecución de los trabajos								
							1,00	1.000,00	1.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD.....								1.000,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 05 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN									
05.02	m					CABLEADO DE CONEXIÓN 60,00			
		1	60,00						
05.01	Ud					CONEXIÓN CON PLC	60,00	3,25	195,00
	Integración en PLC de la planta , incluida programación en scada y comunicaciones.								
05.03	ud					CUADRO ELÉCTRICO DE CONTROL	1,00	1.500,00	1.500,00
	Cuadro electrico de control de antorcha, intercambiadores y digestor.								
		1					1,00		
							1,00	2.200,00	2.200,00
TOTAL CAPÍTULO 05 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN									3.895,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 TRATAMIENTO DE RESÍDUOS									
04.01	pa RECOGIDA DE RESIDUOS DE OBRA						1,00	800,00	800,00
TOTAL CAPÍTULO 04 TRATAMIENTO DE RESÍDUOS									800,00
TOTAL									135.281,37

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	OBRA CIVIL.....	1.079,11
02	EQUIPOS MECANICOS.....	128.507,26
03	SEGURIDAD Y SALUD.....	1.000,00
05	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN.....	3.895,00
04	TRATAMIENTO DE RESÍDUOS.....	800,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	135.281,37
	13,00 % Gastos generales.....	17.586,58
	6,00 % Beneficio industrial.....	8.116,88
	SUMA DE G.G. y B.I.	25.703,46
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	160.984,83
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	160.984,83

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO SESENTA MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

, a .

El promotor

La dirección facultativa

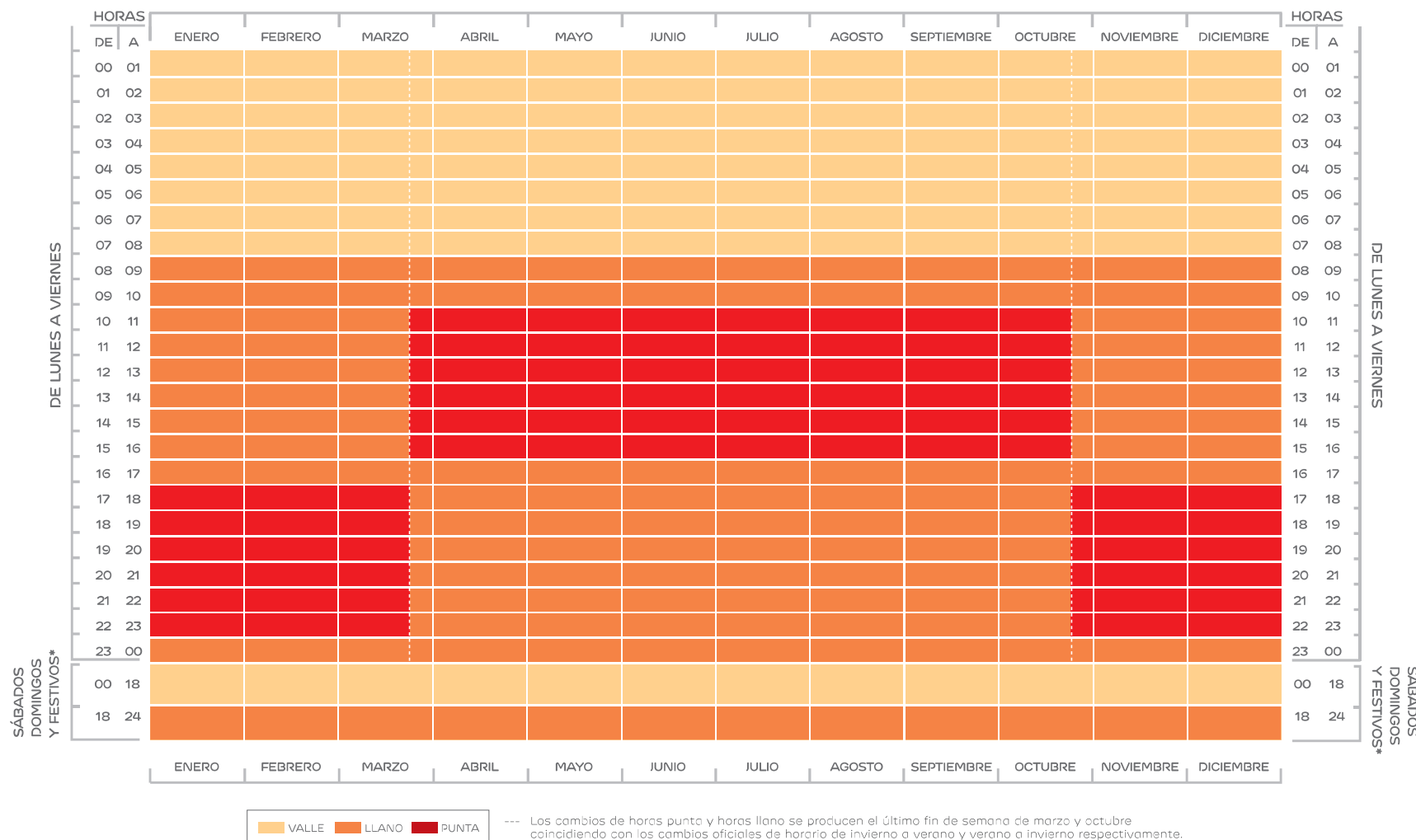
ANEXO 7.

TARIFAS DE ACCESO A REDES ELÉCTRICAS



TARIFAS DE ACCESO A REDES ELÉCTRICAS - PERÍODOS TARIFARIOS

Modalidad de 3 períodos (Punta, Llano, Valle) - TARIFA 3.1A



* Festivos de ámbito nacional, excluidos tanto los festivos sustituibles como los que no tienen fecha fija.

TÉRMINOS PRINCIPALES DE LA FACTURA

Término de facturación de potencia (Tfp)

Potencia a facturar (Pf) x Término de potencia (Tp):

- Si no hay instalado maxímetro: Pf = Pc
- Si hay un solo maxímetro:
 - Si 85% Pc ≤ Pr ≤ 105% Pc Pf = Pr
 - Si Pr < 85% Pc Pf = 85% Pc
 - Si Pr > 105% Pc Pf = Pr+2x(Pr-105% Pc)

Pc: potencia contratada. Pr: Potencia registrada

Término de facturación de energía (Tfe)

Energía consumida x Término de energía (Te).

Energía Reactiva

Recargo que se aplica sobre la facturación básica (Tfp+Tfe). El término de facturación energía reactiva será de aplicación únicamente para cada uno de los períodos 1 y 2, siempre que el consumo de energía reactiva > 33% consumo de energía activa del período de facturación, considerando (cosφ<0,95) y únicamente afectará a dichos excesos.

Alquiler del equipo de medida

Impuestos (IE e IVA)

ANEXO 8. VAN Y TIR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-160.984,63									
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	-145.573,41	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22
FC acumulado	-145.573,41	-130.162,19	-114.750,97	-99.339,74	-83.928,52	-68.517,30	-53.106,08	-37.694,86	-22.283,64	-6.872,42
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión										
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22	15.411,22
FC acumulado	8.538,81	23.950,03	39.361,25	54.772,47	70.183,69	85.594,91	101.006,13	116.417,35	131.828,58	147.239,80

Tabla 1 Cálculo del VAN y TIR del proyecto original sin tener en cuenta el préstamo al banco.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22
FC acumulado	4.433,22	8.866,44	13.299,66	17.732,89	22.166,11	26.599,33	31.032,55	35.465,77	39.898,99	44.332,21
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00	-10.978,00
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24	-7.461,24
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22	4433,22
FC acumulado	48.765,44	53.198,66	57.631,88	62.065,10	66.498,32	70.931,54	75.364,76	79.797,98	84.231,21	88.664,43

Tabla 2 Cálculo del VAN y de la rentabilidad del proyecto original teniendo en cuenta la financiación del banco

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-468.337,25									
Explotación										
PERSONAL	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00
FUNGIBLES LABORATORIO	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00
MANTENIMIENTO	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00
ENERGÍA	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
Ahorro energético	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16
FC	-454.127,34	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91
FC acumulado	-454.127,34	-439.917,43	-425.707,52	-411.497,61	-397.287,70	-383.077,78	-368.867,87	-354.657,96	-340.448,05	-326.238,14
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PERSONAL	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00
FUNGIBLES LABORATORIO	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00
MANTENIMIENTO	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00
ENERGÍA	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
Ahorro energético	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16
FC	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91	14.209,91
FC acumulado	-312.028,23	-297.818,32	-283.608,41	-269.398,50	-255.188,59	-240.978,68	-226.768,76	-212.558,85	-198.348,94	-184.139,03

Tabla 3 Cálculo del VAN y el TIR teniendo en cuenta el aprovechamiento del biogás

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00
Explotación										
PERSONAL	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00
FUNGIBLES LABORATORIO	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00
MANTENIMIENTO	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00
ENERGÍA	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
Ahorro energético	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16
FC	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09
FC acumulado	-17.728,09	-35.456,18	-53.184,27	-70.912,36	-88.640,45	-106.368,53	-124.096,62	-141.824,71	-159.552,80	-177.280,89
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00	-31.938,00
Explotación										
PERSONAL	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50	-1.210,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00	-292,00
FUNGIBLES LABORATORIO	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00	-150,00
MANTENIMIENTO	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00	-2.100,00
ENERGÍA	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21	-37.306,21
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
Ahorro energético	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16	30.626,16
FC	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09	-17.728,09
FC acumulado	-195.008,98	-212.737,07	-230.465,16	-248.193,25	-265.921,34	-283.649,43	-301.377,51	-319.105,60	-336.833,69	-354.561,78

Tabla 4 Cálculo del VAN y el TIR teniendo en cuenta el aprovechamiento de biogás y la financiación del banco

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-175.723,45									
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	-159.212,61	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84
FC acumulado	-159.212,61	-142.701,77	-126.190,93	-109.680,09	-93.169,25	-76.658,40	-60.147,56	-43.636,72	-27.125,88	-10.615,04
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión										
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84	16.510,84
FC acumulado	5.895,80	22.406,64	38.917,48	55.428,32	71.939,16	88.450,01	104.960,85	121.471,69	137.982,53	154.493,37

Tabla 5 Cálculo del VAN y el TIR teniendo en cuenta la instalación de placas solares

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84
FC acumulado	4.527,84	9.055,68	13.583,52	18.111,36	22.639,20	27.167,05	31.694,89	36.222,73	40.750,57	45.278,41
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00	-11.983,00
Explotación										
PERSONAL	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50	-487,50
DESPLAZAMIENTO EN VEHÍCULOS	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50	-182,50
FUNGIBLES LABORATORIO	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
MANTENIMIENTO	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00	-1.050,00
ENERGÍA	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62	-6.361,62
Gestión de residuos proyecto	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20	-6.745,20
Gestión de residuo actual	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66	31.387,66
FC	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84	4.527,84
FC acumulado	49.806,25	54.334,09	58.861,93	63.389,77	67.917,61	72.445,46	76.973,30	81.501,14	86.028,98	90.556,82

Tabla 6 Cálculo del VAN y el TIR teniendo en cuenta la instalación de placas solares y la financiación del banco

ANEXO 9.
PRESUPUESTO ALTERNATIVA
DE APROVECHAMIENTO DEL
BIOGÁS

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL										
01.10	M3	EXCAVACIÓN APROVECHAMIENTO BIOGÁS						45,00	2,83	127,35
01.17	Ud	OBRA CIVIL REFERENTE A DESULFURACIÓN						1,00	30.000,00	30.000,00
01.11	Ud	ESTRUCTURA METÁLICA APROVECHAMIENTO BIOGÁS						1,00	3.000,00	3.000,00
01.12	Ud	CUBIERTA APROVECHAMIENTO BIOGÁS						1,00	2.200,00	2.200,00
01.13	Ud	LOSA HORMIGÓN APROVECHAMIENTO BIOGÁS						100,00	85,67	8.567,00
01.14	Ud	CONEXIÓN DE SERVICIOS APROVECHAMIENTO BIOGÁS						1,00	1.100,00	1.100,00
01.15	Ud	CARPINTERÍA DE ALUMINIO APROVECHAMIENTO BIOGÁS						1,00	900,00	900,00
01.16	Ud	CERRAMIENTO EXTERIORES APROVECHAMIENTO BIOGÁS						1,00	7.000,00	7.000,00
01.01	M2	DESPEJE Y DESBROCE						100,00	0,63	63,00
		Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, incluso carga y transporte al vertedero, incluso canon de vertedero.								
		parcela	1	10,000	10,000		100,000			
01.02	Ud	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO						26,00	2,83	73,58
		Excavación a cielo abierto, en cualquier clase de terreno, incluso roca, realizada por medios mecánicos. Incluido carga y transporte al vertedero y canon de vertederos.								
		Excavacion digestor	20				20,000			
		Excavación antorcha	1				1,000			
		Excavación gasómetro	5				5,000			
01.03	M3	EXCAVACION EN POZOS Y ZANJAS						30,00	2,83	84,90
		Excavación en zanjas, en cualquier clase de terreno, incluso roca, realizada con medios mecánicos. Incluido carga y transporte al vertedero y canon de vertedero.								
		Tuberías	30				30,000			
01.04	M3	RELLENO EXTENDIDO Y COMPACTADO DE CAMA DE ARENA						1,50	18,36	27,54
		Relleno, extendido y compactado de arena para asiento de tuberías.								
		equipos	1	30,000	0,500	0,100	1,500			
01.05	M3	RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS C/T PROCEDENTES DE EXCAVACION						10,00	1,68	16,80
		Relleno en zanjas con tierras procedentes de la excavación, extendidas por tongadas, incluso humectación y compactación.								
			10				10,000			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.06	m3 ZAHORRA COMPACTADA Zahorra natural, husos ZN(50)/ZN(20), puesta en obra, extendida y compactada, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 15/25 cm. de espesor y con índice de plasticidad cero, medido sobre perfil. debajo losa	1	5,00	5,00	0,20	5,00			
							5,00	18,03	90,15
01.07	M3 RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS C/T PROCEDENTES DE PRETAMOS Relleno en zanjas, extendidas por tongadas, incluso humectación y compactación.	1	19,000			19,000			
							19,00	7,08	134,52
01.08	M3 HORMIGÓN HA-30/B/20/IV+Qb Hormigón HA-30/B/20/IV+Qb, con una dosificación de hormigón de 400 kg/m3 de cemento CEM I, consistencia blanda, elaborado en central, en alzado de muros y losas, incluso bombeado y medios manuales, vibrado y colocado. Losa digestor Restos protecciones y pasos	1 1	5,000 2,000	5,000 1,000	0,200 0,200	5,000 0,400			
							5,40	85,67	462,62
01.09	kg ACERO CORRUGADO B 500 S Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra, incluso p.p. de despuntes. Según EHE. Armaduras	1	120,00			120,00			
							120,00	1,05	126,00
	TOTAL CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL								53.973,46

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 EQUIPOS MECANICOS									
02.01	Ud					DIGESTOR			
	<p>Digestor anaerobio LEV2050 de acero inoxidable AISI 316 de 100 m3 de volumen, incluido agitador lateral de 5 kW a 200 r.p.m, incluida bomba de recirculación y manguitos hembra. También se incluye una válvula blanketing y válvula de sobrepresión en el reactor. Incluido transmisor de presión diferencial. Reactor completamente aislado con lana mineral. Accesorios: 4 orejetas de izaje, una bandilla perimetral, una bola de limpieza desmontable, una boca de hombre, una conexión macho DIN DN80 más tubo de buzo para entrada de producto, una boca frontal ovaladas y una salida total con válvula mariposa DIN DN80.</p>								
02.02	Ud					GASÓMETRO	1,00	81.743,00	81.743,00
	<p>Gasómetro e Biogas Technology de 50 m3 con membrana exterior y membrana interior de PVC gris con impermeabilidad mejorada a los gases, incluida estación de entrega de aire compuesta por un soplante ATEX II3G, un colector de acero inoxidable 304 para conectar el sistema con e gasómetro, una válvula antirretorno, una válvula mariposa, una válvula de alivio de presión de aire, una tubería flexible y un sistema laser de medición de nivel.</p>								
02.20	Ud					EQUIPOS MECÁNICOS REFERENTES A DESULFURACIÓN	1,00	14.100,00	14.100,00
02.03	Ud					ANTORCHA	1,00	60.000,00	60.000,00
	<p>Antorcha suministrada por Inbiogas. Se trata de un equipo compacto sencillo de aspiración-combustión con capacidad para la extracción y combustión de hasta 50 m3/h de biogás (contenido en metano entre el 50% y el 70% (v/v)). Incluido chasis metálico para colocación de los demás elementos, calderería en acero (según elementos, acero al carbono zincado, galvanizado en caliente o acero inoxidable), compensadores elásticos a la entrada y salida del soplante y filtro de gas a la entrada de la soplante.La antorcha es de tipo llama libre, con encendido mediante electrodo y control de encendido ytemperatura con termopar. Tiene cuadro de control y maniobra, con variador para gestión de la soplante, indicadores y mandos. Con sistema automático de encendido de la antorcha.</p>								
02.04	Ud					INTERCAMBIADOR DE CALOR	1,00	16.480,00	16.480,00
	<p>Intercambiador de calor marca Sedical para 3 kw de potencia. Compuesto por 20 placas con un régimen de: PRIMARIO (90/50°C/7/4kPa)- SECUNDARIO (80/60°C/6kPa).</p>								
02.05	Ud					CALDERA ELÉCTRICA	1,00	620,00	620,00
	<p>Suministrada por BAXI DE 10 kW de potencia conseguida mediante resistencias de 2.5 kW cada una, incluido calderín en chapa de acero aislado con fibra de vidrio.Incorpora circulador de alta eficiencia, un depósito de expansión, válvula de seguridad y purgador automático. El cuadro de mando tiene selector de potencia giratorio para ajustar la potencia calorífica de la caldera a las exigencias.</p>								
02.06	Ud					BOMBA DE RECIRCULACIÓN	1,00	1.635,00	1.635,00
	<p>Bomba circuladora de rotor húmedo de la marca Wilo con unión por bridas y motor ED con adaptación electrónica de la potencia integrada. El modelo concreto es Wilo-Stratos PICO.</p>								
	1+1	2				2,00			
02.07	Ud					BOMBA DE IMPULSIÓN DIGESTATO	2,00	850,00	1.700,00
	<p>Bomba modelo DN 20L1 de hierro fundido G25 con placa de acero al carbono S235JR.</p>								
	1+1	2				2,00			
02.16	Ud					TUBERÍA Y ACCESORIOS APROVECHAMIENTO BIOGAS	2,00	1.997,60	3.995,20
02.17	Ud					CAUDALÍMETRO APROVECHAMIENTO BIOGÁS	20,00	54,25	1.085,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.18	Ud					MICROTURBINA	1,00	7.000,00	7.000,00
02.19	Ud					ACCESORIOS INSTALACIÓN APROVECHAMIENTO BIOGÁS	2,00	40.000,00	80.000,00
02.08	ML					TUBERÍA ACERO INOXIDABLE (D=100 mm) Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 100 mm. de diámetro, 2 mm. de espesor, con p.p. de piezas especiales, totalmente colocada.según E.T	2,00	2.000,00	4.000,00
						Conexión de bombas a digestor	1	10,000	10,000
						Recirculación de digestato	1	10,000	10,000
						Conexión de caldera a intercambiador	2	10,000	20,000
						Conexión de digestato a centrífuga	2	5,000	10,000
						Conexión de biogas a antorcha	1	10,000	10,000
						Conexión de biogas a gasómetro	1	10,000	10,000
02.09	KG					ACERO PERF. LAMINADOS S 275 JR-SOPORTES Acero en perfiles laminados y chapas tipo S 275 JR de límite elástico 275 N/mm2., elaborado y colocado, con p.p. de imprimación epoxi AE-229-I rica en zinc de 100 micras de espesor y capa final de esmalte de poliuretano AP-2102 de alto cuerpo de 70 micras de espesor, completamente ejecutado.	70,00	80,47	5.632,90
							50		50,000
02.10	UD					CARRETE DESMONTAJE DN 100 Carrete de desmontaje DN 100 mm. TIPO: Telescópico. PRESION: PN 10/16. Según E.T. Previo bombas de impulsión de fangos	50,00	1,79	89,50
							2	2,000	
02.11	UD					VALVULA COMPUERTA C.E. D=100 mm Válvula de compuerta de cierre elástico de 100 mm. de diámetro nominal y 16 At. de P.N., cuerpo de fundición nodular GGG-50, con eje de acero inoxidable al 13 % Cr. con roscas conformadas por laminación en frío, cierre en fundición nodular, tornillería de acero inox., protegida contra la corrosión mediante aplicación de doble capa de pintura epoxy, colocada.	2,00	105,69	211,38
						Impulsión de digestato	2	2,000	
02.12	ud. COLECTOR DE ASPIRACION E IMPULSION PARA 1+1 BOMBAS					Colector de aspiración e impulsión para 1+1 bombas DN-25/25 Material del tubo: PVC extrusionado. Material accesorios: Cloruro de polivinilo rígido. Construcción: Mediante ecolado por adhesivo. Norma: UNE-53112 DIN-8062 Presión: PN-10/16 a 20°C Accesorios: Estandar mediante moldeo por inyección. Incluso p.p. de piezas especiales y anclajes.	2,00	462,53	925,06
						Bombas digestato	2	2,000	
02.13	Ud. VALVULA COMPUERTA C.E. D=50 mm					Válvula de compuerta de cierre elástico de 50 mm. de diámetro nominal y 16 At. de P.N., con eje de acero inoxidable al 13 % Cr. con roscas conformadas por laminación en frío, cierre en fundición nodular, tornillería de acero inoxidable, protegida contra la corrosión mediante aplicación de doble capa de pintura epoxy, totalmente colocada.	2,00	34,30	68,60
						Bombas agua caldera	2	2,000	
							2,00	102,30	204,60

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.14	UD Carrete de desmontaje DN 50 mm. TIPO: Telescópico. PRESION: PN 10/16. MATERIALES: Acero inoxidable AISI 304. BRIDAS: Acero al carbono. Según E.T. Bombas agua caldera	2					2,000		
							2,00	62,76	125,52
02.15	ML Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 50mm de diámetro, con p.p. de piezas especiales, total- mente colocada. tubería caldera	1	18,000				18,000		
							18,00	54,25	976,50
TOTAL CAPÍTULO 02 EQUIPOS MECANICOS.....									280.592,26

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD									
03.01	pa PARTIDA ALZADA SEGURIDAD Y SALUD Partida alzada para la Seguridad y Salud durante la obra, incluyendo pln de seguridad, medidas individuales y colectivas para la ejecución de los trabajos								
							1,00	3.000,00	3.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD.....								3.000,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 TRATAMIENTO DE RESÍDUOS									
04.01	pa RECOGIDA DE RESIDUOS DE OBRA						1,00	2.100,00	2.100,00
TOTAL CAPÍTULO 04 TRATAMIENTO DE RESÍDUOS									2.100,00
TOTAL									393.560,72

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	OBRA CIVIL.....	53.973,46
02	EQUIPOS MECANICOS.....	280.592,26
03	SEGURIDAD Y SALUD.....	3.000,00
05	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN.....	53.895,00
04	TRATAMIENTO DE RESÍDUOS.....	2.100,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	393.560,72
	13,00 % Gastos generales.....	51.162,89
	6,00 % Beneficio industrial.....	23.613,64
	SUMA DE G.G. y B.I.	74.776,53
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	468.337,25
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	468.337,25

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS

, a .

El promotor

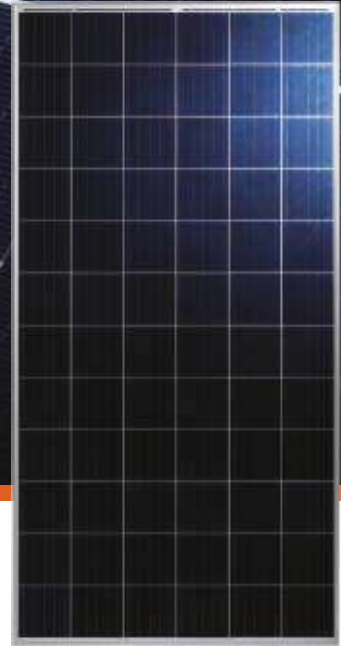
La dirección facultativa

ANEXO 10.
FICHAS TÉCNICAS
INSTALACIÓN DE PLACAS

TP672P - 320 / 325 / 330W

Polycrystalline Solar Module

72-Cell Series



KEY FEATURES



Maximize limited space

Maximum power output 330W



Excellent Anti-PID performance

2 times of industry standard Anti-PID test by TUV Rheinland



Highly reliable due to stringent quality control

In-house testing goes well beyond certification requirements



Certified to withstand the most challenging environmental conditions

2400 Pa wind load · 5400 Pa snow load · 25 mm hail stones at 82 km/h



IP68 junction box

The highest waterproof level



Lower temperature coefficients

Enhance power generation

ABOUT TALESUN SOLAR

TALESUN Solar is one of the world's largest integrated clean energy providers with 4 GW cell and 5 GW module production capacity globally. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. Talesun Solar is committed to provide customers with customized; systematized and trustworthy turnkey solutions. Till now, Talesun Solar has accumulatively shipped more than 10 GW modules globally.

SYSTEM & PRODUCT CERTIFICATES

- IEC 61215 / IEC 61730 / UL 1703
- ISO 9001 : 2008 Quality Management System
- ISO 14001 : 2004 Environment Mangement System
- OHSAS 18001 : 2007 Occupational Health and Safety Management System



QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 or UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun's installation manual for 10 years from the warranty starting date.

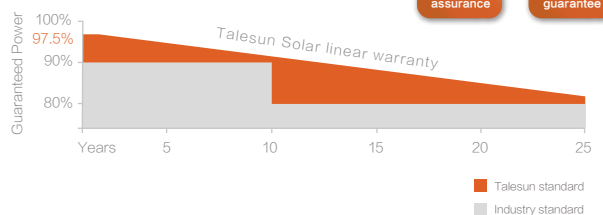


PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Module

10 years
Quality assurance

25 years
Power output guarantee



TALESUN



Web: www.taesun.com
Tel: +86 400 885 1098
Add: No.1 Taesun Road, Shajiangang, Changshu, P.R. China

Inversor monofásico con tecnología HD-Wave

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H,
SE4000H, SE5000H, SE6000H

INVERSORES



Instalación optimizada con tecnología HD-Wave

- / Especialmente diseñados para trabajar con los optimizadores de potencia
- / Puesta en marcha rápida y sencilla directamente desde tu smartphone usando SolarEdge SetApp
- / Récord de rendimiento
- / Extremadamente pequeños, ligeros y fáciles de instalar
- / Alta fiabilidad
- / Monitorización a nivel de módulo integrada
- / Instalación en exteriores e interiores
- / Inversor de tensión fija para strings más largos
- / Función de seguridad avanzada - Protección contra arco eléctrico integrada

/ Inversor monofásico con tecnología HD-Wave

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H, SE4000H, SE5000H, SE6000H

	SE2200H	SE3000H	SE3500H	SE3680H	SE4000H	SE5000H	SE6000H	
APLICABLE A INVERSORES CON NÚMERO DE COMPONENTE	SEXXXH-XXXXBXX4							
SALIDA								
Potencia nominal de salida CA	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ⁽¹⁾	6000	VA
Máxima potencia de salida CA	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ⁽¹⁾	6000	VA
Tensión de salida CA (nominal)	220/230							Vac
Rango de tensión de salida CA	184 - 264,5							Vac
Frecuencia CA (nominal)	50/60 ± 5							Hz
Corriente máxima de salida continua	10	14	16	16	18,5	23	27,5	A
Distorsión Armónica Total (THD)	<3							%
Factor de potencia	1, ajustable de -0,9 a 0,9							
Monitorización de red, protección contra funcionamiento en isla, umbrales configurables por país	Sí							
ENTRADA								
Máxima potencia de CC	3400	4650	5425	5700	6200	7750 ⁽²⁾	9300	W
Sin transformador, sin puesta a tierra	Sí							
Tensión máxima de entrada	480							Vdc
Tensión de entrada CC nominal	380							Vdc
Corriente máxima de entrada	6,5	9	10	10,5	11,5	13,5	16,5	Adc
Protección contra polaridad inversa	Sí							
Detección de aislamiento por fallo de puesta a tierra	Sensibilidad de 600 kΩ							
Rendimiento máximo del inversor	99,2							%
Rendimiento europeo ponderado	98,3	98,8				99		%
Consumo de energía durante la noche	< 2,5							W
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES								
Interfaces de comunicación compatibles	RS485, Ethernet, Wifi (opcional), telefonía móvil (opcional), ZigBee (opcional)							
Gestión Smart Energy	Limitación de exportación							
Puesta en marcha del inversor	A través de aplicación SetApp utilizando la conexión local Wi-Fi integrada en el inversor							
Protección contra arco eléctrico	Integrada, Configurable por el usuario (De conformidad con la norma estadounidense UL1699B)							
CUMPLIMIENTO DE NORMAS								
Seguridad	IEC-62109-1/2							
Normas sobre conexión a la red	IEC61727, IEC62116, EN 50438, VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, UTE_C_15-712, G83/2, G59/3, CEI-021, ÖNORM, TF3.2.1, C10-11, NRS 097-2-1							
Emisiones	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12, FCC, parte 15, clase B							
ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN								
Salida CA – Diámetro del cable compatible	9-16							mm
CA – Sección del cable compatible	1-13							mm ²
Entrada CC	1 x MC4			2 x pares MC4				
Dimensiones (Al. x An. x Pr.)	280 x 370 x 142							mm
Ruido	< 25							dBA
Peso	7,8				9		10,6	kg
Refrigeración	Convección natural							
Rango de temperatura de trabajo	de -40° a +60°							°C
Grado de protección	IP65 – Exteriores e interiores							

⁽¹⁾ 4600VA en Alemania

⁽²⁾ 7130VA en Alemania

⁽³⁾ Máxima potencia de hasta al menos 50°C. Para más información sobre reducción de la potencia, consultar: <https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-temperature-derating-note.pdf>

ANEXO 11.
PRESUPUESTO ALTERNATIVA
DE INSTALACIÓN DE PLACAS

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL									
01.01	M2 DESPEJE Y DESBROCE Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, incluso carga y transporte al vertedero, incluso canon de vertedero. parcela	1	10,000	10,000		100,000			
							100,00	0,63	63,00
01.02	Ud EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO Excavación a cielo abierto, en cualquier clase de terreno, incluso roca, realizada por medios mecánicos. Incluido carga y transporte al vertedero y canon de vertederos. Excavacion digestor Excavación antorcha Excavación gasómetro	20 1 5				20,000 1,000 5,000			
							26,00	2,83	73,58
01.03	M3 EXCAVACION EN POZOS Y ZANJAS Excavación en zanjas, en cualquier clase de terreno, incluso roca, realizada con medios mecánicos. Incluido carga y transporte al vertedero y canon de vertedero. Tuberías	30				30,000			
							30,00	2,83	84,90
01.04	M3 RELLENO EXTENDIDO Y COMPACTADO DE CAMA DE ARENA Relleno, extendido y compactado de arena para asiento de tuberías. equipos	1	30,000	0,500	0,100	1,500			
							1,50	18,36	27,54
01.05	M3 RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS C/T PROCEDENTES DE EXCAVACION Relleno en zanjas con tierras procedentes de la excavación, extendidas por tongadas, incluso humectación y compactación.	10				10,000			
							10,00	1,68	16,80
01.06	m3 ZAHORRA COMPACTADA Zahorra natural, husos ZN(50)/ZN(20), puesta en obra, extendida y compactada, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 15/25 cm. de espesor y con índice de plasticidad cero, medido sobre perfil. debajo losa	1	5,00	5,00	0,20	5,00			
							5,00	18,03	90,15
01.07	M3 RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS C/T PROCEDENTES DE PRETAMOS Relleno en zanjas, extendidas por tongadas, incluso humectación y compactación.	1	19,000			19,000			
							19,00	7,08	134,52
01.08	M3 HORMIGÓN HA-30/B/20/IV+Qb Hormigón HA-30/B/20/IV+Qb, con una dosificación de hormigón de 400 kg/m3 de cemento CEM I, consistencia blanda, elaborado en central, en alzado de muros y losas, incluso bombeado y medios manuales, vibrado y colocado. Losa digestor Restos protecciones y pasos	1 1	5,000 2,000	5,000 1,000	0,200 0,200	5,000 0,400			
							5,40	85,67	462,62
01.09	kg ACERO CORRUGADO B 500 S Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra, incluso p.p. de despuntes. Según EHE. Armaduras	1	120,00			120,00			
							120,00	1,05	126,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	TOTAL CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL								1.079,11

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
CAPÍTULO 02 EQUIPOS MECANICOS										
02.01	Ud						DIGESTOR			
	<p>Digestor anaerobio LEV2050 de acero inoxidable AISI 316 de 100 m3 de volumen, incluido agitador lateral de 5 kW a 200 r.p.m, incluida bomba de recirculación y manguitos hembra. También se incluye una válvula blanketing y válvula de sobrepresión en el reactor. Incluido transmisor de presión diferencial. Reactor completamente aislado con lana mineral. Accesorios: 4 orejetas de izaje, una bandilla perimetral, una bola de limpieza desmontable, una boca de hombre, una conexión macho DIN DN80 más tubo de buzo para entrada de producto, una boca frontal ovaladas y una salida total con válvula mariposa DIN DN80.</p>									
02.02	Ud						GASÓMETRO	1,00	81.743,00	81.743,00
	<p>Gasómetro e Biogas Technology de 50 m3 con membrana exterior y membrana interior de PVC gris con impermeabilidad mejorada a los gases, incluida estación de entrega de aire compuesta por un soplante ATEX II3G, un colector de acero inoxidable 304 para conectar el sistema con e gasómetro, una válvula antirretorno, una válvula mariposa, una válvula de alivio de presión de aire, una tubería flexible y un sistema laser de medición de nivel.</p>									
02.03	Ud						ANTORCHA	1,00	14.100,00	14.100,00
	<p>Antorcha suministrada por Inbiogas. Se trata de un equipo compacto sencillo de aspiración-combustión con capacidad para la extracción y combustión de hasta 50 m3/h de biogás (contenido en metano entre el 50% y el 70% (v/v)). Incluido chasis metálico para colocación de los demás elementos, calderería en acero (según elementos, acero al carbono zincado, galvanizado en caliente o acero inoxidable), compensadores elásticos a la entrada y salida del soplante y filtro de gas a la entrada de la soplante.La antorcha es de tipo llama libre, con encendido mediante electrodo y control de encendido ytemperatura con termopar. Tiene cuadro de control y maniobra, con variador para gestión de la soplante, indicadores y mandos. Con sistema automático de encendido de la antorcha.</p>									
02.04	Ud						INTERCAMBIADOR DE CALOR	1,00	16.480,00	16.480,00
	<p>Intercambiador de calor marca Sedical para 3 kw de potencia. Compuesto por 20 placas con un régimen de: PRIMARIO (90/50°C/7/4kPa)-SECUNDARIO(80/60°C/6kPa).</p>									
02.05	Ud						CALDERA ELÉCTRICA	1,00	620,00	620,00
	<p>Suministrada por BAXI DE 10 kW de potencia conseguida mediante resistencias de 2.5 kW cada una, incluido calderín en chapa de acero aislado con fibra de vidrio.Incorpora circulador de alta eficiencia, un depósito de expansión, válvula de seguridad y purgador automático. El cuadro de mando tiene selector de potencia giratorio para ajustar la potencia calorífica de la caldera a las exigencias.</p>									
02.06	Ud						BOMBA DE RECIRCULACIÓN	1,00	1.635,00	1.635,00
	<p>Bomba recirculadora de rotor húmedo de la marca Wilo con unión por bridas y motor ED con adaptación electrónica de la potencia integrada. El modelo concreto es Wilo-Stratos PICO.</p>									
	1+1					2,00				
02.07	Ud						BOMBA DE IMPULSIÓN DIGESTATO	2,00	850,00	1.700,00
	<p>Bomba modelo DN 20L1 de hierro fundido G25 con placa de acero al carbono S235JR.</p>									
	1+1					2,00				
02.08	ML						TUBERÍA ACERO INOXIDABLE (D=100 mm)	2,00	1.997,60	3.995,20
	<p>Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 100 mm. de diámetro, 2 mm. de espesor, con p.p. de piezas especiales, totalmente colocada.según E.T</p>									
	Conexión de bombas a digestor	1	10,000			10,000				
	Recirculación de digestato	1	10,000			10,000				

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD									
03.01	pa PARTIDA ALZADA SEGURIDAD Y SALUD Partida alzada para la Seguridad y Salud durante la obra, incluyendo pln de seguridad, medidas individuales y colectivas para la ejecución de los trabajos								
							1,00	1.000,00	1.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 03 SEGURIDAD Y SALUD.....								1.000,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 05 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN									
05.02	m	1	60,00			CABLEADO DE CONEXIÓN 60,00			
05.01	Ud					CONEXIÓN CON PLC	60,00	3,25	195,00
	Integración en PLC de la planta , incluida programación en scada y comunicaciones.								
05.03	ud					CUADRO ELÉCTRICO DE CONTROL	1,00	1.500,00	1.500,00
	Cuadro electrico de control de antorcha, intercambiadores y digestor.								
		1				1,00			
							1,00	2.200,00	2.200,00
TOTAL CAPÍTULO 05 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN									3.895,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
04.01	CAPÍTULO 04 TRATAMIENTO DE RESÍDUOS pa RECOGIDA DE RESIDUOS DE OBRA						1,00	800,00	800,00
	TOTAL CAPÍTULO 04 TRATAMIENTO DE RESÍDUOS								800,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 06 INSTALACIÓN PLACAS FOTOVOLTAICAS POLICRISTALINAS									
06.03	INVERSOR DE POTENCIA Inversor HD Wave 4000W SolarEdge Conexión Red Monofásico								
06.01	Ud Paneles solar fotovoltaico policristalino Talesun de 330 W con 72 células.						2,00	1.088,57	2.177,14
06.02	Ud INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA						25,00	128,33	3.208,25
							1,00	7.000,00	7.000,00
TOTAL CAPÍTULO 06 INSTALACIÓN PLACAS FOTOVOLTAICAS POLICRISTALINAS									12.385,39
TOTAL									147.666,76

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	OBRA CIVIL.....	1.079,11
02	EQUIPOS MECANICOS.....	128.507,26
03	SEGURIDAD Y SALUD.....	1.000,00
05	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN.....	3.895,00
04	TRATAMIENTO DE RESÍDUOS.....	800,00
06	INSTALACIÓN PLACAS FOTOVOLTAICAS POLICRISTALINAS.....	12.385,39
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	147.666,76
	13,00 % Gastos generales.....	19.196,68
	6,00 % Beneficio industrial.....	8.860,01
	SUMA DE G.G. y B.I.	28.056,69
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	175.723,45
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	175.723,45

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO SETENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS VEINTITRES EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

, a .

El promotor

La dirección facultativa

ANEXO 12. INFORMACIÓN ENERGÉTICA

Performance of grid-connected PV

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

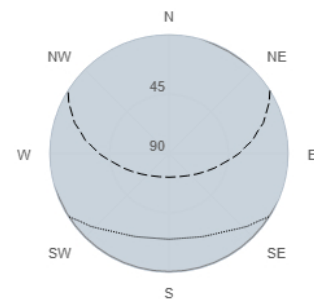
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 41.287, -4.687
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-CMSAF
 PV technology: CIS
 PV installed: 8 kWp
 System loss: 14 %

Simulation outputs

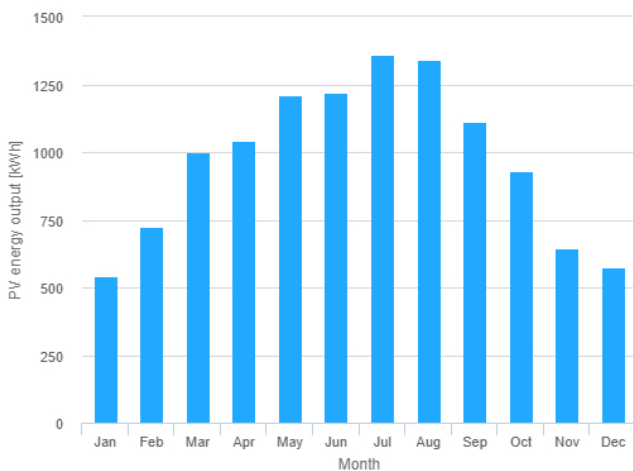
Slope angle: 34 (opt) °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 11700 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1880 kWh/m²
 Year to year variability: 187.00 %
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.8 %
 Spectral effects: ? (0) %
 Temperature and low irradiance: -7.2 %
 Total loss: -22.4 %

Outline of horizon at chosen location:

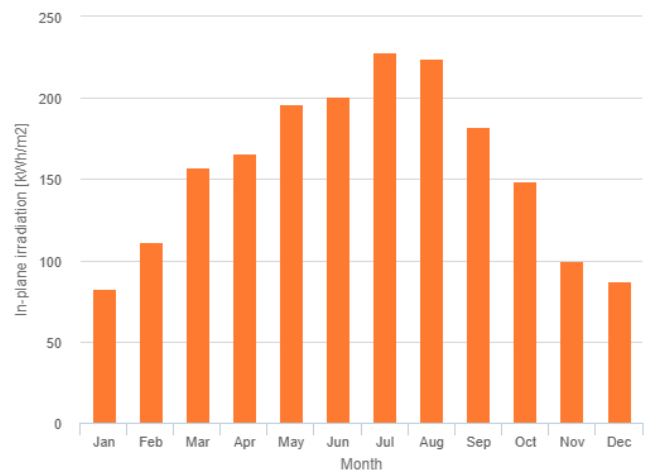


■ Horizon height
 - - Sun height, June
 Sun height, December

Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	Em	Hm	SDm
January	541	82.8	77.4
February	724	111	123
March	1000	157	145
April	1040	166	106
May	1210	196	113
June	1220	201	57.8
July	1360	228	48.2
August	1340	224	41.4
September	1110	182	61.1
October	932	149	78
November	647	100	98.3
December	574	87.6	62.2

Em: Average monthly electricity production from the given system [kWh].

Hm: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].

SDm: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].