



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN CON COGENERACIÓN

STUDY OF TECHNICAL AND ECONOMICAL FEASIBILITY OF A  
BIOMETHANATION PLANT WITH COGENERATION

Autor

**Ricardo Cañavate Moliné**

Directores

**Antonio Montañés Espinosa**

**Alberto Gonzalo Callejo**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2016-2017





## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Ricardo Cañavate Moliné

con nº de DNI 73028263C en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
Grado \_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)  
Estudio de viabilidad técnica y económica de una planta de biometanización  
con cogeneración

\_\_\_\_\_ es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 24 de abril de 2017

Fdo: Ricardo Cañavate Moliné





## Agradecimientos

---

Este Trabajo Fin de Grado supone un objetivo cumplido, el fin de una etapa que ha sido una gran experiencia y me ha enseñado muchísimas cosas. Pero cuando algo se acaba, se dice que algo mejor está empezando, así que, es momento de seguir aprendiendo y creciendo para construir un futuro mejor.

Quiero agradecer a mis directores de proyecto, sin duda un pilar fundamental, D. Alberto Gonzalo y D. Antonio Montañés, todo lo que me han aportado y la paciencia que han tenido dedicándome su tiempo ya que sin ellos hubiera sido muy difícil llevar este proyecto a cabo.

También quiero agradecer a mi familia y amigos que, desde otro ámbito, me han aportado ese extra de ánimos que a todos nos hace falta. En especial a mis padres, Ricardo y Ana, por hacerme ser como soy y a mi novia Alba por compartir esta etapa juntos y apoyarme de manera incondicional.

No quiero dejar pasar la oportunidad de agradecer de manera más exhaustiva a mi Padre por toda la ayuda y el tiempo que me ha dedicado. Es un orgullo para mí tener un apoyo tan grande, así como un ejemplo donde fijarme para poder marcar mi propio rumbo.

## Resumen

---

El Trabajo Fin de Grado presentado, de título *Estudio de Viabilidad técnica y económica de planta de biometanización con cogeneración* tiene como objetivo realizar un análisis de viabilidad técnica y económica a nivel conceptual de la tecnología de la digestión anaerobia con cogeneración como solución para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos procedentes de la gran distribución.

El presente trabajo consta de cuatro partes claramente diferenciadas:

1. Revisión tecnológica de las diferentes alternativas de tratamiento de residuos orgánicos, así como un análisis de las diferentes alternativas para la generación de energía.
2. Simulación del proceso de biometanización y desarrollo de una herramienta para el cálculo del proceso de biometanización que permite obtener el balance energético a partir del biogás generado y las curvas de demanda de la industria consumidora acoplada.
3. Realización del esquema unifilar de la instalación con el centro de transformación que necesita la planta, los cálculos correspondientes de las secciones, las protecciones mínimas de teledisparo y la instalación de puesta a tierra.
4. Cálculos de cuenta de resultados y viabilidad económica a partir de una inversión estimada y unos flujos de caja calculados.

A lo largo de la memoria se explica el desarrollo de estas partes del proyecto mientras que los anexos incluyen información adicional para la comprensión completa del trabajo.

# Índice General

## Capítulo 1

<b>Introducción.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1.1. Contexto del trabajo .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1.2. Estructura del trabajo .....</b>	<b>- 2 -</b>

## Capítulo 2

<b>Descripción de los elementos de la planta .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>2.1. Materia prima entrante .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>2.2. Recepción y preparación .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>2.3. Digestor anaerobio .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>2.4. Grupo de limpieza de gases .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>2.5. Grupo de cogeneración .....</b>	<b>- 8 -</b>

## Capítulo 3

<b>Descripción del proceso.....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>3.1. Recepción y preparación de la materia prima .....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>3.2. Digestión anaerobia .....</b>	<b>- 12 -</b>

## Capítulo 4

<b>Instalación eléctrica.....</b>	<b>- 18 -</b>
<b>4.1. Esquema unifilar .....</b>	<b>- 18 -</b>
<b>4.2. Centro de transformación .....</b>	<b>- 20 -</b>
<b>4.3. Interconexión con la red eléctrica.....</b>	<b>- 20 -</b>
4.3.1. Conexión con el centro de transformación de la industria.....	- 22 -
4.3.2. Conexión de los generadores con el centro de transformación .....	- 22 -
<b>4.4. Protección y teledisparo.....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>4.5. Instalación de puesta a tierra .....</b>	<b>- 24 -</b>
4.5.1. Puesta a tierra del centro de transformación .....	- 24 -
4.5.2. Puesta a tierra del edificio de la planta de biometanización .....	- 24 -

## Capítulo 5

<b>Viabilidad económica. ....</b>	<b>- 25 -</b>
<b>5.1. Cuenta de resultados. ....</b>	<b>- 25 -</b>
<b>5.2. Análisis de la inversión.....</b>	<b>- 26 -</b>

## Capítulo 6

<b>Conclusión.....</b>	<b>- 28 -</b>
------------------------	---------------

<b>Bibliografía</b> .....	<b>- 30 -</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>- 32 -</b>
<b>Anexo I</b>	
<b>Antecedentes</b> .....	<b>- 33 -</b>
<b>A I.1. Tratamiento de residuo orgánico:</b> .....	<b>- 34 -</b>
A I.1.1. Vertedero .....	- 35 -
A I.1.2. Tratamiento mecánico-biológico (MBT) .....	- 35 -
A I.1.3. Incineración con recuperación de energía .....	- 36 -
A I.1.4. Gasificación .....	- 37 -
A I.1.5. Pirólisis .....	- 38 -
A I.1.6. Compostaje. ....	- 39 -
A I.1.7. Digestión anaerobia. ....	- 40 -
<b>Anexo II</b>	
<b>Tecnologías de cogeneración</b> .....	<b>- 42 -</b>
<b>A II.1. Cogeneración con turbina de gas en ciclo simple</b> .....	<b>- 44 -</b>
<b>A II.2. Cogeneración con turbina de vapor:</b> .....	<b>- 45 -</b>
<b>A II.3. Cogeneración en ciclo combinado de gas:</b> .....	<b>- 46 -</b>
<b>A II.4. Cogeneración con motor alternativo de gas o fuel en ciclo simple</b> .....	<b>- 47 -</b>
<b>Anexo III</b>	
<b>Simulación del proceso de obtención de biogás</b> .....	<b>- 49 -</b>
<b>A III.1. Composición de los materiales</b> .....	<b>- 50 -</b>
<b>A III.2. Descripción de los elementos</b> .....	<b>- 52 -</b>
<b>Anexo IV</b>	
<b>Descripción de la demanda</b> .....	<b>- 54 -</b>
<b>A IV.1. Demanda de energía eléctrica</b> .....	<b>- 54 -</b>
<b>A IV.2. Demanda de energía térmica</b> .....	<b>- 58 -</b>
<b>Anexo V</b>	
<b>Cálculos de la instalación eléctrica</b> .....	<b>- 60 -</b>
<b>A V.1. Cálculo de corrientes de cortocircuito</b> .....	<b>- 60 -</b>
<b>A V.2. Conexión con el centro de transformación de la industria cartonera</b> .....	<b>- 64 -</b>
A V.2.2. Conexión de los generadores con el centro de transformación .....	- 65 -
<b>A V.3. Instalación de puesta a tierra</b> .....	<b>- 69 -</b>
A V.3.1. Puesta a tierra del centro de transformación .....	- 69 -
A V.3.2. Puesta a tierra del edificio de la planta de biometanización .....	- 71 -
<b>Anexo VI</b>	
<b>Viabilidad económica</b> .....	<b>- 72 -</b>
<b>A VI.1. Clasificación de la instalación</b> .....	<b>- 72 -</b>
<b>A VI.2. Inversión</b> .....	<b>- 73 -</b>



---

A VI.2.1.	Inversión desenvasado:.....	- 73 -
A VI.2.2.	Inversión planta biometanización con motor de cogeneración .....	- 74 -
<b>A VI.3.</b>	<b>Cuadro de hipótesis para el cálculo de la cuenta de resultados .....</b>	<b>- 74 -</b>
A VI.3.1.	Ingresos: .....	- 74 -
A I.1.1.	Gastos por materia prima .....	- 80 -
6.1.1.	Gastos de operación y mantenimiento.....	- 81 -
<b>Anexo VII</b>		
	<b>Datos técnicos de los equipos .....</b>	<b>- 83 -</b>

# Índice de figuras

FIGURA 2.4-1 GRUPO DE LIMPIEZA DE GASES MEDIANTE COLUMNAS DE RELLENO .....	- 7 -
FIGURA 3.1-1 ESQUEMA PLANTA DESENVASADO .....	- 11 -
FIGURA 3.1-2 TRITURADOR DE IMPACTO .....	- 12 -
FIGURA 3.2-1 CIRCUITO DE AGUA CALIENTE POR MOTOR .....	- 14 -
FIGURA 3.2-2 BALANCE ENERGÉTICO .....	- 15 -
FIGURA 3.2-3 CURVA DE CALOR TOTAL CONSUMIDO .....	- 15 -
FIGURA 3.2-4 CURVA DE CARGA DE LA ENERGÍA TÉRMICA DEMANDADA POR LA INDUSTRIA CARTONERA .....	- 15 -
FIGURA 3.2-5 ENERGÍA TOTAL TÉRMICA CONSUMIDA CON GRUPO DE COGENERACIÓN .....	- 16 -
FIGURA 3.2-6 ENERGÍA ELÉCTRICA TOTAL REQUERIDA .....	- 16 -
FIGURA 3.2-7 BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA .....	- 17 -
FIGURA 4.1-1 ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN .....	- 19 -
FIGURA 4.3-1 PUNTOS DE CÁLCULO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO .....	- 21 -
FIGURA I.1-1 TRATAMIENTO DEL RESIDUO URBANO EN LA UNIÓN EUROPEA .....	- 34 -
FIGURA I.1-2 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO MBT .....	- 36 -
FIGURA I.1-3 POTENCIAL DE USO DE LA GASIFICACIÓN PARA TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS.....	- 37 -
FIGURA I.1-4 LÍMITES DE LA PIRÓLISIS SEGÚN EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.....	- 39 -
FIGURA I.1-5 FASES DE LA FERMENTACIÓN ANAEROBIA Y POBLACIONES BACTERIANAS: 1) HIDROLÍTICAS-ACIDOGÉNICAS; 2) BACTERIAS ACETOGENICAS; 3) BACTERIAS HOMOACETOGENICAS; 4) BACTERIAS METANOGENICAS HIDROGENOFILAS; 5) BACTERIAS METANOGENICAS ACETOCLASTICAS. ....	- 41 -
FIGURA III.1-1 COMPARACIÓN DE SISTEMAS CON Y SIN COGENERACIÓN.....	- 44 -
FIGURA II.2-1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE TURBINA DE VAPOR.....	- 46 -
FIGURA II.3-1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO CON DIAGRAMA SANKEY: COGENERACIÓN CON TURBINA DE CICLO COMBINADO .....	- 47 -
FIGURA II.4-1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO CON DIAGRAMA SANKEY: COGENERACIÓN CON MOTOR ALTERNATIVO DE GAS EN CICLO SIMPLE .....	- 48 -
FIGURA III.2-1 FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	- 53 -
FIGURA IV.1-1 CURVA DE CARGA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DEMANDADA POR LA INDUSTRIA CARTONERA .....	- 55 -
FIGURA V.1-1 ESQUEMA PARA EL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO .....	- 62 -
FIGURA VI.3-1 BALANCE DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	- 75 -
FIGURA VI.3-2 MERCADO DIARIO ABRIL 2017 .....	- 76 -
FIGURA VI.3-3 BALANCE DE ENERGÍA TÉRMICA .....	- 77 -
FIGURA VI.3-4 PEAJES EN EL MERCADO DE GAS NATURAL.....	- 78 -
FIGURA VI.3-5 COMPONENTES DEL PRECIO FINAL DEL GAS .....	- 79 -
FIGURA VI.3-6 PRECIO DEL GAS NATURAL PARA LA INDUSTRIA .....	- 79 -

# Índice de tablas

TABLA 4.4-1 DESCRIPCIÓN DE LAS PROTECCIONES Y TELEDISPARO DEL GENERADOR .....	- 23 -
TABLA 5.1-1 CUENTA DE RESULTADOS .....	- 25 -
TABLA 5.2-1 FLUJOS DE CAJA .....	- 27 -
TABLA 5.2-2 EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN .....	- 27 -
TABLA II.1-1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE TURBINA DE GAS EN CICLO SIMPLE .....	- 45 -
TABLA II.2-1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TURBINA DE VAPOR .....	- 46 -
TABLA II.3-1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TURBINA DE CICLO COMBINADO .....	- 47 -
TABLA II.4-1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MOTOR ALTERNATIVO DE GAS EN CICLO SIMPLE .....	- 48 -
TABLA III.1-1 COMPOSICIÓN Y CAUDALES DE LA CORRIENTE DE ENTRADA A LA PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN (FEED EN LA FIGURA III.1). .....	- 50 -
TABLA III.1-2 COMPOSICIÓN DE LA MATERIA ENTRANTE AL REACTOR DESPUÉS DE LA ETAPA DE RECICLADO .....	- 51 -
TABLA III.1-3 COMPOSICIÓN DE PRODUCTO GASEOSO SALIENTE DEL REACTOR (“RAW BIOGÁS”).....	- 51 -
TABLA III.1-4 COMPOSICIÓN DEL DIGESTATO TOTAL PRODUCIDO .....	- 51 -
TABLA III.1-5 COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS DESPUÉS DE LA ABSORCIÓN .....	- 52 -
TABLA III.2-1 DATOS DEL ALIMENTADOR .....	- 52 -
TABLA III.2-2 DATOS DEL DIGESTOR ANAEROBIO .....	- 52 -
TABLA III.2-3 DATOS DE LA COLUMNA DE ABSORCIÓN .....	- 52 -
TABLA IV.1-1 DESCRIPCIÓN DE LA DEMANDA DE LA INDUSTRIA CARTONERA EN MWe .....	- 54 -
TABLA IV.1-2 PRECIO REGULADO POR CONTRATACIÓN DE POTENCIA DE LA TARIFA 6.1 A[15].....	- 55 -
TABLA IV.1-3 PRECIOS POR AUTOCONSUMO DE LA TARIFA 6.1A[15].....	- 56 -
TABLA IV.1-4 PERIODOS TARIFARIOS CORRESPONDIENTES A LA TARIFA 6.1 A DE LA INDUSTRIA CARTONERA.....	- 57 -
TABLA IV.2-1 DESCRIPCIÓN DE LA DEMANDA DE LA INDUSTRIA CARTONERA EN MW TÉRMICOS .....	- 58 -
TABLA IV.2-2 CURVA DE CARGA DE LA ENERGÍA TÉRMICA DEMANDADA POR LA INDUSTRIA CARTONERA.....	- 58 -
TABLA IV.2-3 COSTES DE LA TARIFA 2.3 DE GAS NATURAL.....	- 59 -
TABLA V.2-1 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES (A) EN SERVICIO PERMANENTE Y CON CORRIENTE ALTERNA. CABLES UNIPOLARES AISLADOS DE HASTA 18/30 kV DIRECTAMENTE ENTERRADOS .....	- 64 -
TABLA V.2-2 DENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO, EN A/MM, PARA CONDUCTORES DE ALUMINIO .....	- 65 -
TABLA V.2-3 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE, EN AMPERIOS, EN SERVICIO PERMANENTE PARA CABLES CON CONDUCTORES DE COBRE EN INSTALACIÓN AL AIRE EN GALERÍAS VENTILADAS (TEMPERATURA AMBIENTE 40oC) .....	- 67 -
TABLA V.2-4 FACTOR DE CORRECCIÓN PARA AGRUPACIONES DE CABLES UNIPOLARES INSTALADOS AL AIRE.....	- 68 -
TABLA VI.2-1 INVERSIÓN EN DESENVASADO .....	- 73 -
TABLA VI.2-2 INVERSIÓN EN LA PLANTA DE BIOMETANIZACIÓN .....	- 74 -
TABLA VI.3-1 CONCEPTOS PARA LA VENTA ELÉCTRICA I.....	- 75 -
TABLA VI.3-2 PEAJES DE LA TARIFA 6.1 EN €/kWh[15].....	- 76 -
TABLA VI.3-3 PEAJES TARIFA 6.1.A.....	- 76 -
TABLA VI.3-4 CONCEPTOS PARA LA VENTA ELÉCTRICA II.....	- 77 -
TABLA VI.3-5 VENTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	- 77 -
TABLA VI.3-6 RESUMEN DE INGRESOS.....	- 80 -
TABLA VI.3-7 RESUMEN DE LOS GASTOS EN MATERIAS PRIMAS .....	- 81 -
TABLA VI.3-8DESCRIPCIÓN DEL PERSONAL DE OPERACIÓN DE PLANTA .....	- 81 -
TABLA VI.3-9 RESUMEN DE GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	- 82 -



# Capítulo 1

## Introducción

---

La gestión y tratamiento de los residuos no peligrosos en Europa no está resuelta, hecho que se pone de manifiesto a través de la información publicada en EUROSTAT 2015[1] donde aproximadamente 240 millones de toneladas anuales terminan en el vertedero.

La comisión europea a través de sus paquetes de economía circular ha marcado un objetivo claro de reducción de estos materiales para el año 2030, limitando a un máximo de un 10% de esas toneladas la cantidad que puede acabar en vertedero. Del resto se estima que un 65% aproximadamente deberían ir a plantas de metanización y compostaje, y el material restante, correspondiente al 25%, a plantas de valorización energética.

En el caso concreto de España se identifica un potencial de unos 7 millones de toneladas con una capacidad energética equivalente al 2% de las compras de gas natural. Todo esto unido a un panorama energético a nivel mundial, con una incertidumbre muy elevada, hace que proyectos de este tipo tengan un sentido de sostenibilidad no sólo económica sino también medioambiental.

### 1.1. Contexto del trabajo

Una de las opciones empleadas para la valorización energética de los residuos orgánicos es el proceso de biometanización anaerobia que permite obtener un gas con alto contenido en metano y que puede emplearse para la producción de energía térmica y eléctrica. Adicionalmente, este proceso puede evitar que ese metano acabe en la atmósfera como gas de efecto invernadero en su descomposición aerobia en los vertederos, siendo dicho gas 21 veces más nocivo que el dióxido de carbono.

El presente trabajo se centra en el diseño conceptual de un proceso de digestión anaerobia para la materia orgánica procedente de los desechos orgánicos de la gran distribución.

La planta de biometanización que se va a dimensionar formaría parte de una industria cartonera ya existente. Se situaría en los alrededores de la misma con el fin de abastecerla de

energía térmica y eléctrica. La industria estaría localizada en Aragón, por lo que se seguirá la normativa de conexión eléctrica correspondiente de la compañía ENDESA Aragón.

Con objeto de definir la planta de biometanización con cogeneración que se pretende instalar, en primer lugar, resulta conveniente aclarar y concretar, de una forma aproximada, la demanda energética que presenta la industria cartonera, donde se pretende implantar la Planta de Cogeneración, objeto de este proyecto. De este modo, será más fácil de comprender la necesidad efectiva que se tiene, hoy por hoy, de un proceso de estas características.

La demanda de energía eléctrica y térmica anual se calcula a partir de las curvas de carga horaria semanales. De este modo obtenemos una semana representativa del año. Lo que sí que varía en función del mes que nos encontremos son los periodos tarifarios. En el Anexo IV podemos ver la demanda de la fábrica en un día representativo del año, así como su periodo tarifario.

Los objetivos que se persiguen con el presente trabajo se centraran en los siguientes puntos:

- Diseño conceptual de planta de biometanización y su presupuesto.
- Instalación eléctrica de la isla de potencia y su conexión a red existente.
- Simulación del proceso de generación de biogás con SuperPro.
- Análisis de rentabilidad y sensibilidad de la implantación de la planta.

## 1.2. Estructura del trabajo

A lo largo de la memoria, en el capítulo 2, se hace una descripción de los equipos principales para la digestión anaerobia; en el capítulo 3, se describe el proceso de generación de energía a partir de residuos orgánicos; El capítulo 4 desarrolla la instalación eléctrica necesaria para esta planta; En el capítulo 5 encontramos las cuentas de resultados y el análisis de rentabilidad de la inversión para llegar al capítulo 6 donde se encuentran las principales conclusiones.

En los anexos se encuentra información importante para la comprensión íntegra del proyecto. En el Anexo I encontramos un pequeño estado del arte de las tecnologías actuales para tratar los residuos; en el Anexo II, se incluyen las tecnologías de cogeneración. En el Anexo III se encuentra la simulación de generación de biogás llevada a cabo. En el Anexo IV se describe la demanda de la industria cartonera. El Anexo V hace referencia a los cálculos eléctricos necesarios para el dimensionamiento, mientras que en el Anexo VI se encuentran las cuentas relativas a la inversión, los ingresos y los gastos. Por último, en el Anexo VII se encuentran los datos técnicos de los elementos implicados.

## Capítulo 2

# Descripción de los elementos de la planta

---

En el Anexo I, correspondiente con los antecedentes, se realiza un estado del arte de las tecnologías existentes para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Entre las que se encuentran la incineración, la gasificación, la pirólisis, el tratamiento mecánico, biológico y térmico y el vertedero. Para este proyecto, como se ha comentado ya, se ha elegido el proceso de digestión anaerobia (biometanización).

En este capítulo se explicarán los equipos más importantes en una planta de biometanización, así como la materia prima que entraría a la misma.

### 2.1. Materia prima entrante

Como se ha comentado, los residuos a tratar procederían de los productos caducados de la industria de la gran distribución. El volumen de residuos a tratar por la planta se ha establecido en 27.000 toneladas al año, de las cuales se estima que 23.000 toneladas al año son de productos alimenticios aprovechables para la digestión. El embalaje primario en contacto con los alimentos se estima en un 5% del peso entrante.

La composición de la materia prima se establece de la siguiente forma:

- Un 10% será material no aprovechable, es decir, 2.700 toneladas al año corresponderán de impropios fácilmente separables. Gran parte de este material rechazado puede ser aprovechado como combustible sólido recuperable (CSR).
- El 90% (24.300 toneladas anuales) restante corresponderá con material aprovechable el cual se compone de:
  - Un 5% de envases y embalajes primarios (1.215 toneladas al año).
  - Un 95% de residuo orgánico neto a digerir.

La composición estimada de este residuo orgánico neto, obtenida a partir de datos reales, sería:

- Frutas y verduras: 68%

- Pan, bollería, galletas, pastas, pizzas: 7%
- Leche, zumos, yogures, salsas, en bricks o botellas de plástico: 14%
- Carnes, pescados, embutidos, fiambres, huevos, platos preparados: 9%
- Bebidas, salsas o lácteos en botellas de vidrio o cerámica: 2%

Adicionalmente, se ha medido que el contenido de materia seca, medido sobre muestras reales, será de un 30-35% y que los sólidos volátiles estarán entre un 20 y un 30% de la materia seca.

## 2.2. Recepción y preparación

En esta etapa se transforma el residuo orgánico en un substrato homogéneo con una cantidad de sólidos totales y con un tamaño de partícula adecuado para llevar con éxito el proceso de digestión anaerobia. En una primera fase del pretratamiento se separan los plásticos, metales y voluminosos. A continuación, se reduce el tamaño del material. Finalmente se homogeneiza y se prepara la mezcla añadiendo la fracción líquida procedente de la recirculación.

Parte del residuo procedente de la gran distribución vendrá listo para ser llevado a la planta ya que son completamente orgánicos. Pero por otro lado se dispondrá de un material entrante envasado, el cual necesitamos desensasar.

Para obtener la materia orgánica de los elementos envasados se va a seleccionar un sistema de desensado, que a través de una serie de mecanismos que se detallan en el Anexo VII consigue preparar la papilla orgánica que se necesita por un lado y el plástico que será vendido como combustible sólido recuperado (CSR) por otro.

Una vez obtenida la materia puramente orgánica, el objetivo que se persigue ahora es aumentar su biodegradabilidad mediante una serie de pretratamientos y de esta forma aumentar la producción de biogás. Este aumento de producción contribuye de una forma directa sobre el balance económico de la planta. Las tecnologías de pretratamiento se pueden clasificar en mecánicas, térmicas, químicas y biológicas:

- **Pretratamientos mecánicos:** con esta tecnología se trata principalmente de reducir el tamaño de partícula, aumentando así la superficie específica del material, de manera que se consiga eventualmente una mayor solubilización de la materia orgánica y una mayor biodisponibilidad de la misma. Las tecnologías disponibles incluyen la maceración, trituración, homogeneización a alta presión, etc.
- **Pretratamientos térmicos:** el objetivo de los pretratamientos térmicos es doble. Por una parte, facilitar la degradación de algunas macromoléculas y solubilizar la materia orgánica y, por otra parte, y dependiendo de la temperatura y el tiempo, higienizar la materia orgánica para reducir o eliminar microorganismos indeseables. Existen diversas tecnologías que se diferencian en la forma de aplicar el calor.
- **Pretratamientos químicos:** al igual que en el caso de los tratamientos térmicos, el objetivo de los tratamientos químicos es romper las macromoléculas poco biodegradables mediante la adición de compuestos químicos tales como ácidos o



bases fuertes, o mediante otros métodos como la ozonización. Los pretratamientos químicos también pueden tener otros objetivos, como el ajuste de pH en el caso de sustratos ácidos, o el aumento de la capacidad tampón.

- **Pretratamientos biológicos:** en este tipo de pretratamientos se consigue la degradación de determinados compuestos mediante la inoculación de bacterias específicas o la adición de enzimas

### 2.3. Digestor anaerobio

La aplicación de la digestión anaerobia a la fracción orgánica de residuos municipales (FORM) es aún joven en Europa, pero está mostrando un crecimiento en el número de instalaciones y en la capacidad de estas casi exponencial. Los parámetros clave de la digestión anaerobia se definen en el Anexo I.

Los digestores anaerobios se pueden catalogar de distintas formas. Para empezar, se pueden clasificar según la temperatura de trabajo (psicrófilo por debajo de 20°C, mesofílica entre 20 y 40°C o termofílica entre 40 y 70°C), según la configuración del sistema (una o dos etapas) y según el tipo de reactor utilizado. Entre las clases de reactor destacan:

- Reactor de mezcla completa: el cual puede ser sin recirculación, es decir, que el desecho orgánico producido en este no se vuelve a llevar a proceso; o con recirculación, en el cual parte del desecho se vuelve a introducir en el digestor.
- Reactor de flujo pistón: en este grupo existen, entre otros, los diseños DRANCO, Kampogas, BRV, y Valorga.

En función del contenido de materia seca en la materia prima, se pueden clasificar entre digestión húmeda y seca. En la digestión húmeda se diluye el residuo hasta una concentración máxima del 20% de materia seca (SST). Esta configuración confiere al reactor un grado elevado de simplicidad, pero supone un aumento de complejidad en la recepción y preparación de la materia prima. Este sistema trabaja con reactores de mezcla completa. Las principales ventajas que aporta este sistema son:

- Facilita el manejo de residuos municipales que se caracterizan por un elevado contenido de humedad.
- Efectúa una considerable reducción adicional de contaminantes debido al pretratamiento en húmedo.
- Se aceleran los procesos de transferencia de masa y energía en un sistema líquido con homogeneización continua.
- Facilita la liberación del biogás ya que las burbujas formadas se separan de las células bacterianas y de los sólidos suspendidos con mayor facilidad.
- Reducción de olores por la transformación inmediata de los residuos a la fase líquida.
- No necesita una depuración posterior del biogás ya que evita la formación de ácido sulfúrico.

- El buffer y la estabilización del sistema por la etapa de hidrólisis facilita una alimentación quasi-continua del reactor.
- Diseño simple del reactor, por lo que se pueden medir los parámetros del proceso más fácilmente en la fase húmeda.

En la digestión en seco se trabaja con residuos con una concentración entre el 20 y el 40% de materia seca (SST). No es necesaria la dilución de la materia entrante. Aunque el reactor es de mayor complejidad, esto se compensa con una mayor simplicidad en el sistema de pretratamiento. Para este modo de operación se utilizan reactores de flujo pistón. Las ventajas que aporta este sistema se muestran a continuación:

- El flujo secuencial permite un mayor control del tiempo de retención de la masa y asegura la higienización del proceso termofílico.
- El proceso es variable en cuanto a la cantidad de sólidos se refiere y se minimiza el agua recirculada en planta.
- Independientemente del diseño se puede elegir el proceso termofílico o mesofílico.
- El digestor horizontal maximiza la superficie de salida del gas.
- Al ser un sistema modular, permite futuras ampliaciones de planta.
- El piso móvil facilita el transporte controlado de sedimentos en el digestor y asegura que estos sedimentos no se acumulen.
- La estabilización del sistema en la etapa de precompostaje facilita una alimentación quasi-continua del reactor.

Es imprescindible también fijar el modo de funcionamiento, pudiéndose distinguir entre la operación en tandas o discontinua, operación semi-continua y operación continua en el que la alimentación y la retirada de la materia orgánica se hace sin pausa. El modo continuo se caracteriza además porque la cantidad de materia orgánica a digerir se mantiene constante en el digestor por medio de un sistema de bombeo.

## 2.4. Grupo de limpieza de gases

El biogás saliente del digester anaerobio contiene, además del metano, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico. Para que el biogás sea más provechoso, será necesario eliminar este ácido sulfhídrico y reducir en la medida de lo posible el dióxido de carbono.

El  $\text{CO}_2$  se reduce para aumentar el valor como combustible del biogás, mientras que el  $\text{H}_2\text{S}$  se elimina para disminuir el efecto de corrosión de sobre los metales que están en contacto con el biogás, ya sean tuberías o partes del motor de combustión.

Según estudios [2], es más que recomendable que el contenido de  $\text{H}_2\text{S}$  no sea superior al 0,15% del contenido total del biogás debido a que una mayor presencia del mismo aumentaría el poder corrosivo del biogás.

El método químico más sencillo y eficiente de eliminación de estos gases es mediante una columna de absorción. El funcionamiento de esta tecnología es el siguiente.

En una torre de absorción la corriente de gas entrante a la columna circula en contracorriente con el líquido. El gas asciende como consecuencia de la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la columna. El contacto entre las dos fases produce la transferencia del soluto de la fase gaseosa a la fase líquida, debido a que el soluto presenta una mayor afinidad por el disolvente [3]. Se busca que este contacto entre ambas corrientes sea el máximo posible, así como que el tiempo de residencia sea suficiente para que el soluto pueda pasar en su mayor parte de una fase a otra.

Según artículos científicos[4], la mejor forma de limpiar el biogás mediante una columna de absorción es utilizar la tecnología de columnas de relleno ya que esto proporciona una mayor superficie de contacto entre el fluido extractor y el biogás. De esta manera, aumenta su turbulencia y aumenta su eficiencia. En la Figura 2.4-1 se puede observar los flujos líquidos y gaseosos que se producen en la columna de absorción

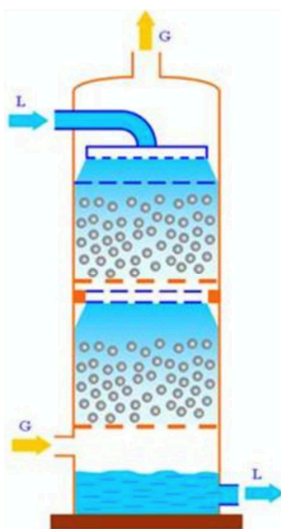


Figura 2.4-1 Grupo de limpieza de gases mediante columnas de relleno

## 2.5. Grupo de cogeneración

Como se comenta en el Anexo II, se define cogeneración como la producción simultánea de energía eléctrica y calor a partir de una fuente de energía primaria, que en este caso será el biogás producido. El rendimiento medio de una central de cogeneración corresponde al 85%, muy superior al de cualquier central eléctrica convencional.

Este factor permite obtener un elevado ahorro energético de combustible. De ahí que la cogeneración sea una práctica fomentada por las administraciones. El uso de este tipo de centrales conlleva una serie de ventajas para el usuario, entre las que destacan las siguientes:

- Reducción de la factura energética debido a la alta tasa de aprovechamiento
- Aumento de la fiabilidad del suministro energético.
- Incorporación de tecnologías innovadoras y avanzadas.
- fuerte reducción de emisiones a la atmósfera.

Las tecnologías actuales, que se encuentran en el Anexo II, se caracterizan por agrupar el motor de cogeneración con el generador ya incorporado por medio de conexiones elásticas. A esta agrupación se la conoce como grupo de cogeneración.

Para la realización de este proyecto se ha optado por utilizar la cogeneración mediante motor alternativo de biogás. Para ello se dispone de dos grupos de la marca Jenbacher tipo JMC 316, B/L, C225.

El generador que acompaña al motor es síncrono y de baja tensión. Las características de grupo vienen detalladas en el Anexo VII.

## Capítulo 3

# Descripción del proceso

---

En este capítulo se explicará con más detalle el proceso que seguirá la planta de biometanización para obtener los productos deseados. En la Figura 3.1 podemos ver el diagrama que se ha seguido para describir el proceso.

Para la realización de este proyecto se ha realizado un modelo de simulación con el programa SuperPro v.9.0, para obtener la composición del biogás a la salida del digestor y a la salida de una columna de absorción, también se ha obtenido los flujos másicos del digestato y la recirculación necesaria para obtener la sequedad deseada del 15% aproximadamente. La composición de los flujos másicos y gaseosos, así como los detalles de los equipos que se han empleado se encuentran en el Anexo III.

Posteriormente, se han utilizado los datos de la simulación y bibliográficos para desarrollar una hoja Excel en la que se pueden diferenciar los datos calculados, los datos de simulación y los datos bibliográficos por colores. Tal y como se puede ver en la Figura 3.1. Por colores se pueden ver también los flujos gaseosos y energéticos en color rojo y los flujos másicos en color azul.

Asimismo, en dicha figura también se puede observar la energía eléctrica que se exporta a la red, la que se vende a la industria cartonera y la que la industria debería comprar a la compañía suministradora. Lo mismo ocurre con la energía térmica generada, se puede observar la que exportamos a la industria y la que esta necesita comprar a la red de gas natural hasta completar su demanda térmica total.

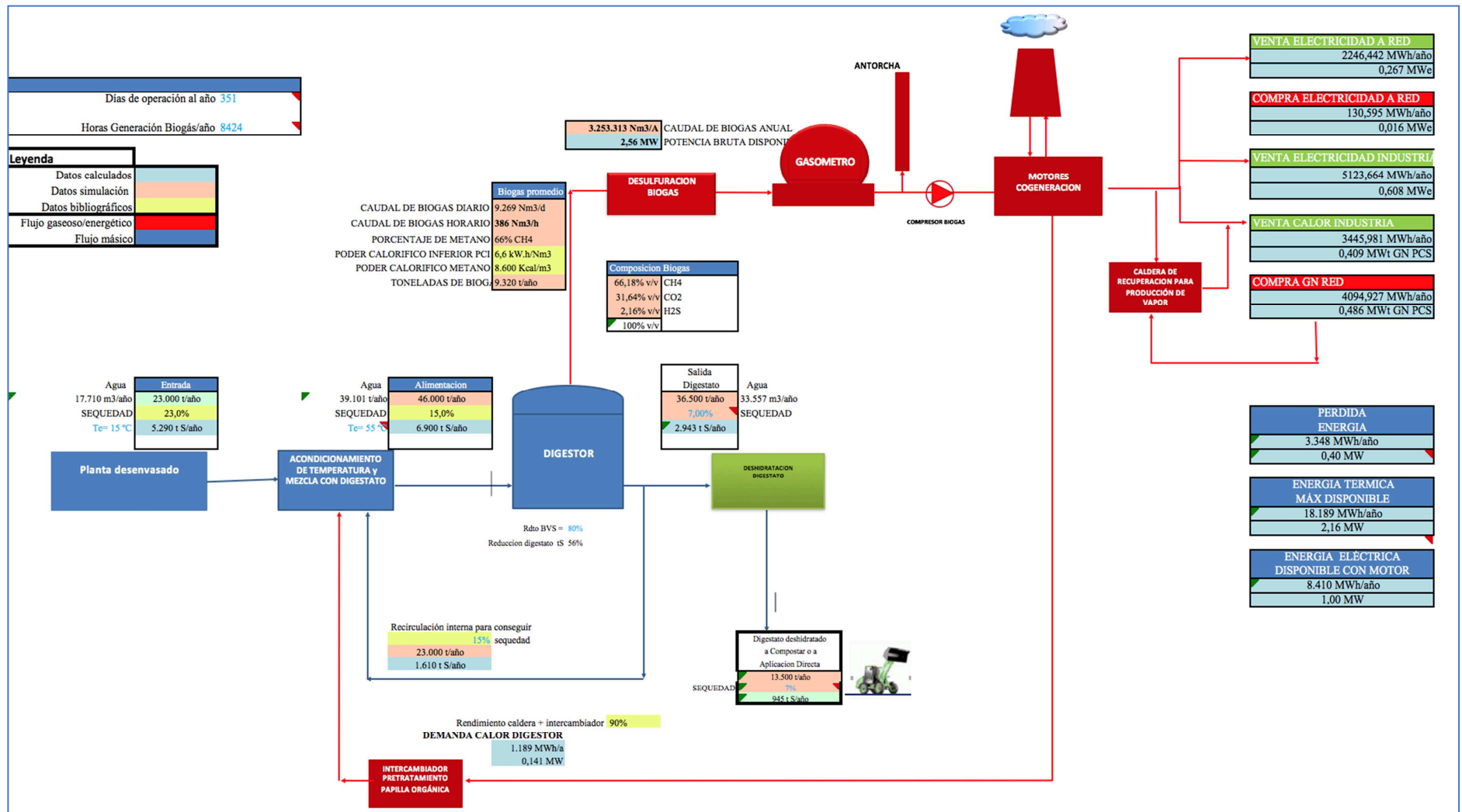
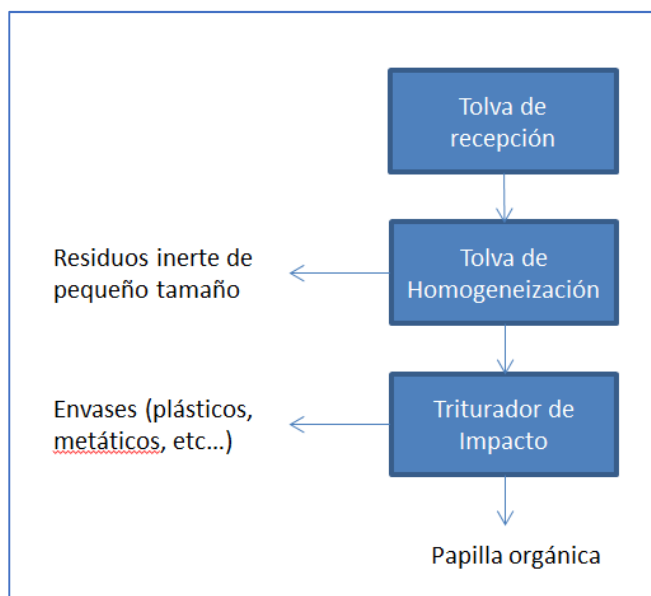


Figura 3.1: Diagrama descripción del proceso

### 3.1. Recepción y preparación de la materia prima

La materia prima procedente de la gran distribución está formada por el residuo orgánico en su gran mayoría, pero como hemos descrito en el capítulo tercero, un 10% de esta materia prima corresponderá con materiales fácilmente separables, es decir, su envasado y que lo hace incompatible con el proceso de biometanización.

Como se ha mencionado anteriormente, el primer paso que se debe realizar para obtener una papilla orgánica adecuada para introducirla al digestor anaerobio, es un tratamiento mecánico del residuo mediante una planta de desensado tal y como puede en la Figura 3.1. Los detalles de esta planta se pueden encontrar en el Anexo VII.



**Figura 3.1-1 Esquema planta desensado**

En la Figura 3.1-1 se puede ver el esquema que seguirá la planta de desensado. Su funcionamiento se explica a continuación.

El residuo vendrá en contenedores y serán vertidos en una tolva hidráulica de 25 m<sup>3</sup> de capacidad. Mediante dos cilindros hidráulicos, la tolva se inclinará para que el residuo caiga sobre un tornillo sin fin. De este modo se consigue extraer los líquidos y partículas de pequeño tamaño y transportar el resto del residuo a una tolva de homogeneización. Dicha tolva tiene una capacidad de 30 m<sup>3</sup>. En la tolva, el residuo se homogeneiza gracias a dos grandes mezcladores.

Una vez homogeneizado, el residuo se lleva a un triturador de impacto mientras que las tolvas se pueden volver a llenar de residuos nuevos. Tal y como puede verse en la Figura 3.1-2, este triturador tiene un eje que gira a 500 rpm sobre el que se acoplan unos martillos, el

material entra por la parte superior, y los envases son golpeados y rotos hasta la liberación de la parte orgánica, esta última pasa a través de una camisa con tamaño de agujero de 6mm, para ser transportada posteriormente junto con los líquidos extraídos en el tornillo sin fin de la tolva de homogeneización, a esto lo llamaremos papilla orgánica. El material rechazado, es decir, de tamaño mayor a 6 mm, al ser envases, se puede vender como combustible sólido recuperado dado su elevado poder calorífico.

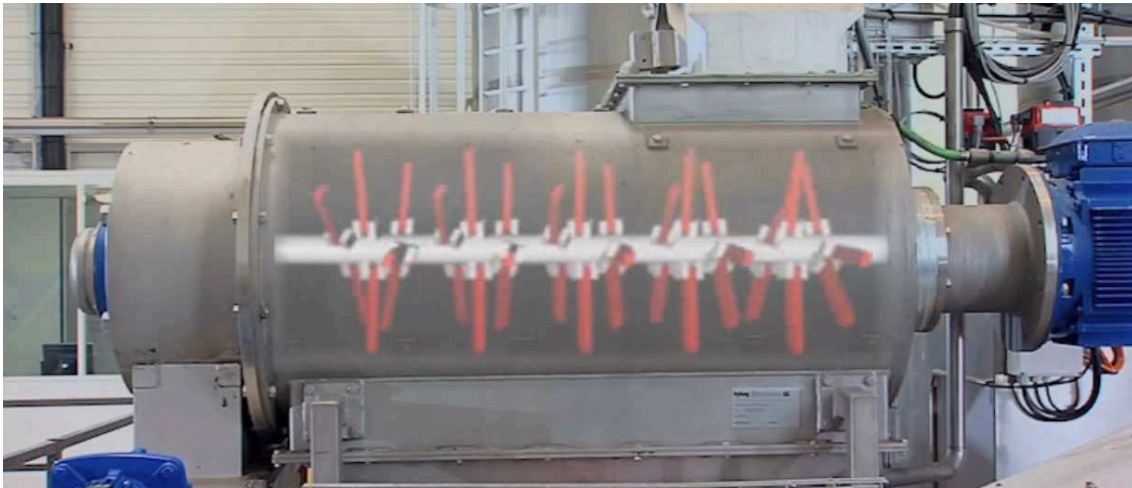


Figura 3.1-2 Triturador de impacto

La papilla orgánica se transporta a una tolva de pre-acondicionamiento y el CSR a un bunker de almacenamiento para su posterior venta.

### 3.2. Digestión anaerobia

Para la realización de este proyecto se ha elegido un digester anaerobio de mezcla completa, en base húmeda y con bacterias termofílicas. Como se puede ver en el Anexo I, Los digestores que trabajan en base húmeda tienen considerables ventajas para la aplicación en residuos con un alto grado de humedad como es nuestro caso. Estos tipos de reactor trabajan siempre en mezcla completa.

Como se ha mencionado anteriormente, la etapa de la digestión anaerobia se ha simulado con el programa SuperPro. Esto nos ha permitido obtener los valores de distintos parámetros de gran importancia para este proyecto. A continuación, se explican estos parámetros y las consecuencias que tienen en la etapa de producción de energía eléctrica y térmica.



El proceso de digestión comienza con una etapa de pre-acondicionamiento de la papilla orgánica producida en la etapa anterior. En este punto se calienta la temperatura hasta los 55°C necesarios para activar el proceso termofílico, y se adiciona agua procedente de etapas posteriores para alcanzar una sequedad del 15% a la entrada del reactor, correspondiente a la digestión en base húmeda. El tiempo de residencia de la papilla orgánica en el digestor es de 8 días.

La digestión anaerobia, tendrá una recirculación interna. Esto quiere decir que las toneladas necesarias a introducir en el digestor ( $Q_f$ ) ascienden a 46000 toneladas al año (Ver Anexo II).

$$\frac{Q_i * SST_i - Q_i * SST_r}{SST_r - SST_f} = Q_f \quad ec. 3.2.1$$

Donde:

- $SST_i$  equivale a la materia seca inicial de la papilla orgánica en tanto por cien.
- $SST_r$  equivale a la materia seca requerida para introducir al digestor en tanto por cien.
- $SST_f$  equivale a la materia seca que contiene el digestato de salida en tanto por cien
- $Q_i$  equivale a las toneladas anuales de papilla orgánica que entran a la planta.

Para la producción del biogás se parte de la base de que el poder calorífico inferior (PCI), atendiendo a que el biogás contiene un 65% de metano, es de 6,6 kWh/Nm<sup>3</sup>[5].

Según los resultados que pueden verse en el Anexo III, la estimación anual de producción de biogás ( $Q_{biogas}$ ) es de 3.253.300 Nm<sup>3</sup> por año a presión atmosférica y a 50°C, teniendo en cuenta que los días anuales de producción de biogás son 351.

En términos de potencia, el biogás producido nos proporciona una potencia bruta de 2,51 MW los cuales se obtienen de la ecuación 3.2.2:

$$P_1(MW) = \frac{Q_{biogas} * PCI}{t_g * 1000} \quad ec. 3.2.2$$

Donde:

- PCI es el poder calorífico inferior. (kWh/Nm<sup>3</sup>).
- $t_g$  es el tiempo de generación anual de biogás en horas.

Una vez caracterizado el biogás de salida del digestor anaerobio, es importante pasar por una etapa de desulfuración antes de ser almacenado. En este proyecto se elige una columna absorción mediante columnas de relleno como tecnología para la desulfuración del biogás. Se detalla más en profundidad en el Anexo II.

Seguidamente, se puede proceder al almacenamiento del biogás en un gasómetro. Esto nos permite tener una producción de electricidad y calor casi constante ya que el biogás saliente del gasómetro se puede controlar. Cabe mencionar que, como dispositivo de

seguridad, por si hay excedentes de biogás, se instalará una antorcha donde se podrán quemar de forma puntual dichos excedentes enviando a la atmosfera CO<sub>2</sub> más H<sub>2</sub>O.

El biogás entra continuamente en el motor térmico para su combustión. Los rendimientos del motor a plena carga corresponden con un 40,5% eléctrico y un 43,9% térmico repartido en 18,7% en los gases de escape del motor y un 25,2% en el intercooler, las camisas y el aceite del motor, tal y como verse en la figura 3.2-1 obtenida de las características del motor disponibles en el Anexo VII.

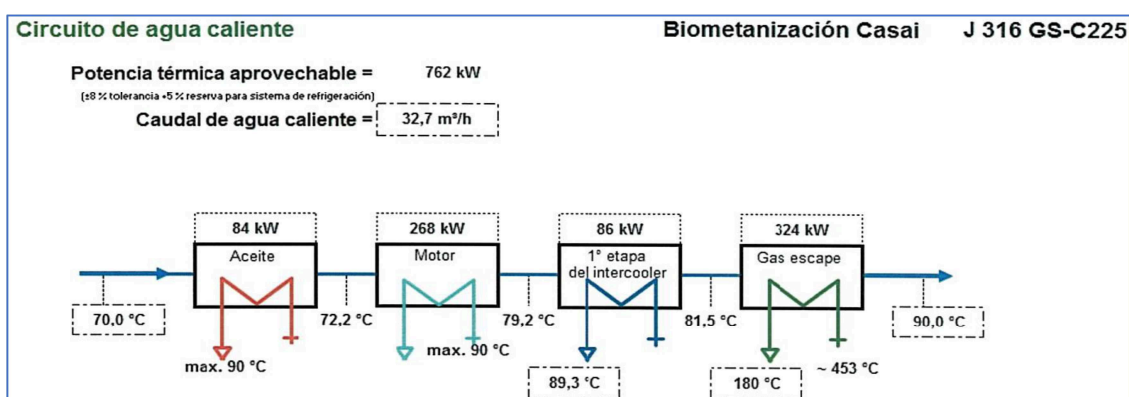


Figura 3.2-1 Circuito de agua caliente por motor

De la potencia térmica que se puede aprovechar en la primera etapa del intercooler, se obtendrá el calor necesario para la etapa de pretratamiento. El intercambiador de calor tiene un rendimiento del 90%.

La demanda de calor para el área de pretratamiento (Q) en MWh/año se define de la siguiente forma:

$$Q = \frac{Q_i * (T_f - T_i)}{\eta_c * 860} \quad \text{ec 3.2.3}$$

- Donde Q<sub>i</sub> son las toneladas anuales de materia prima.
- T<sub>f</sub> es la temperatura de la papilla orgánica a la entrada del digestor en °C.
- T<sub>i</sub> es la temperatura de la papilla inicial en °C.
- η<sub>c</sub> es el rendimiento de la caldera en tanto por cien.

De esta forma se obtiene una demanda de calor de 1.189 MWh/año, que, traducidos a términos de potencia, corresponden a 0,141 MW.

Los motores trabajarán al 75% de su capacidad nominal. Aunque el rendimiento global del motor sigue siendo del 84,4%, tal y como se puede ver en el Anexo VII, el rendimiento eléctrico disminuye al 39,1% y el térmico global se incrementa hasta el 45,4%. Atendiendo a estos rendimientos, la potencia eléctrica en el embarrado corresponderá con 1 MW, la potencia térmica repartida entre los gases de escape del motor que tendrán una potencia de 0,49MW y el intercooler, camisas y aceite que será de 0,67 MW.

Las pérdidas en la instalación se definirán como la potencia bruta del biogás menos la potencia eléctrica y térmica del motor. Por lo que obtenemos unas pérdidas de 0,40MW en los

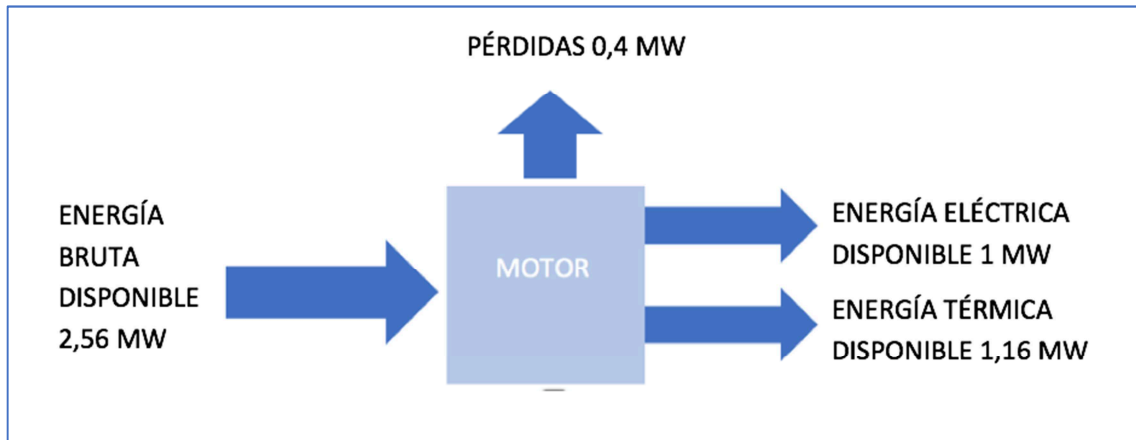


Figura 3.2-2 Balance energético

gases de escape después de ceder la entalpía al agua en los circuitos de intercambio. Un 15,6%, lo que corresponde con el rendimiento ya mencionado del 84,4%. En la Figura 3.2-2 se puede ver el balance energético en el motor.

En definitiva, el sistema descrito es capaz de generar una potencia eléctrica de 1 MW a partir de 23.000Tm anuales de residuo orgánico procedente de la distribución, además de 1,16 MW térmicos.

Como ya se ha mencionado, el objetivo de esta instalación es acoplarla a una industria cartonera existente para proporcionarle una energía primaria sostenible. Los datos de demandas energéticas y periodos tarifarios que encontramos en el Anexo IV han sido suministrados por la industria cartonera. Para los cálculos económicos se tendrá en cuenta el perfil de carga horario y los precios de las tarifas descritos en el Anexo IV.

La Figura 3.2-4 representa el perfil de carga semanal del consumo total de energía térmica, la cual en la actualidad se obtiene de gas natural. Se puede observar que por la noche se necesita menor aporte de energía ya que se disminuye la producción. Además, los fines de semana disminuye sustancialmente la necesidad de este aporte energético debido al paro de la producción.

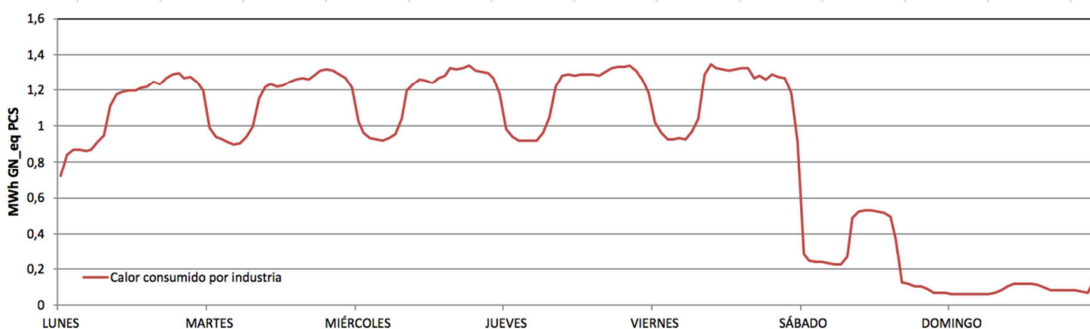


Figura 3.2-4 Curva de carga de la energía térmica demandada por la industria cartonera

La planta de biometanización es capaz de suministrar 0,535 MW atendiendo a su poder calorífico superior (PCS) para poder compararlo con el gas natural. Este valor es debido a que sólo se puede transportar la energía térmica de los gases de escape.

Como se puede observar en la Figura 3.2-5, gracias al calor aportado por el grupo de cogeneración, el calor que se debe comprar a la red de gas natural disminuye notablemente.

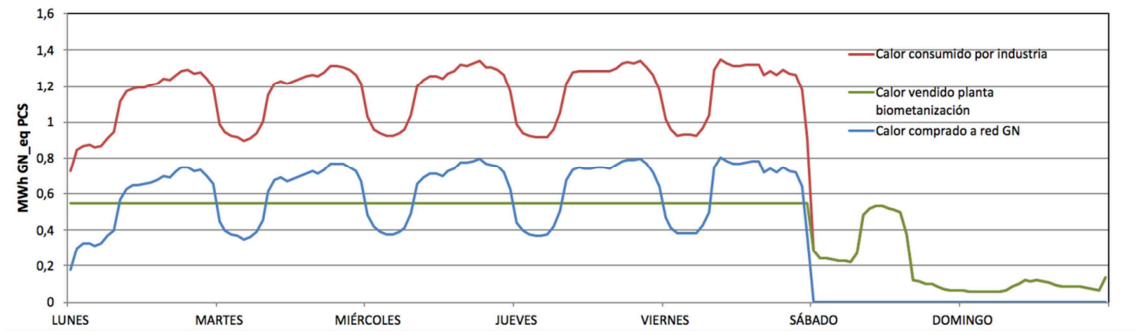


Figura 3.2-5 Energía total térmica consumida con grupo de cogeneración

Una vez descrito el perfil de carga de energía térmica, se debe describir también el perfil de energía eléctrica usado por el mismo caso práctico.

La curva de carga que sigue la energía eléctrica requerida sigue un trazado idéntico a la curva de energía térmica, pero con distintos valores en el eje de las ordenadas. Esto es debido a que las horas de producción son las mismas.

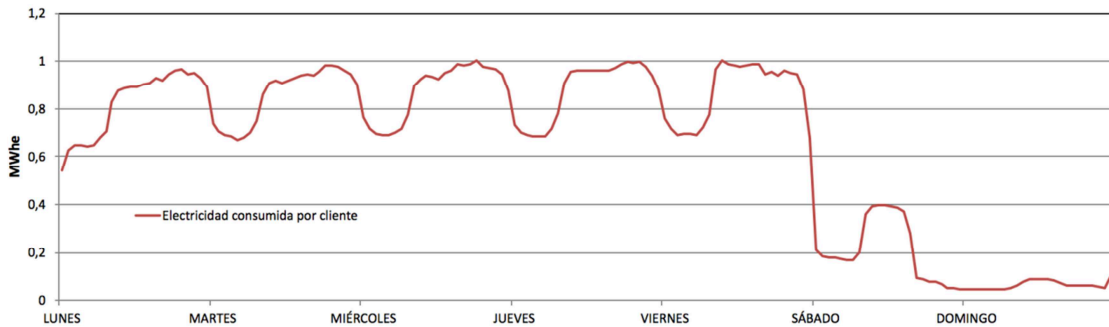


Figura 3.2-6 Energía eléctrica total requerida

A continuación, se representan las curvas de energía eléctrica teniendo en cuenta la generación de la planta. Se puede ver que las horas punta será necesaria la compra de energía a la red. Mientras que cuando la demanda de energía de la cartonera sea menor que la máxima generada, los excedentes se venderán a la red.

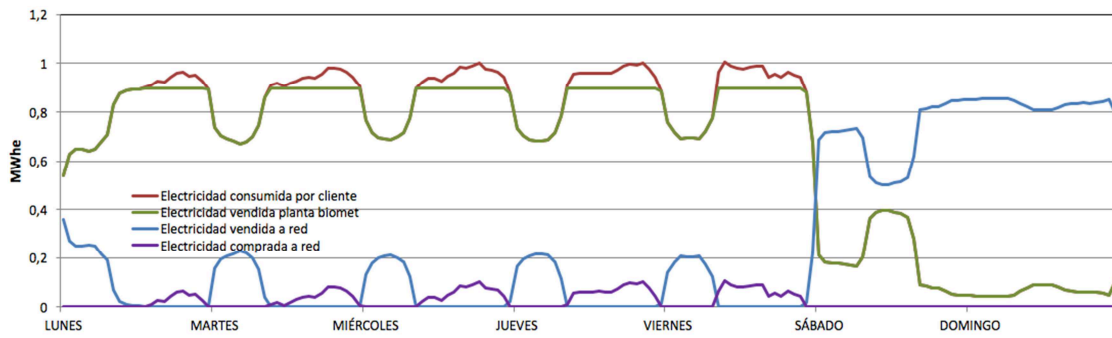


Figura 3.2-7 Balance de energía eléctrica en la planta

## Capítulo 4

# Instalación eléctrica

---

La instalación eléctrica incluye el esquema unifilar de la planta de biometanización con su conexión a red existente y a la industria cartonera. Tanto el centro de transformación de la industria cartonera como la línea de interconexión con la compañía suministradora son existentes y por lo tanto no son objeto del presente proyecto. Incluye también el dimensionado de los cables necesarios, las protecciones mínimas a disponer y la instalación de toma de tierra.

### 4.1. Esquema unifilar

A continuación, se presenta en la Figura 4.1-1 el esquema unifilar de la instalación. La planta de biometanización contará con un centro de transformación de 2000 kVA de potencia aparente repartidos en dos transformadores iguales de 1000 kVA y contadores de medida con el fin de tener un registro de la producción de energía eléctrica además de los equipos de medida de baja tensión de los generadores.

La industria cartonera dispone de su centro de transformación ya existente. El punto de conexión con la red eléctrica ya existente está hecho mediante una conversión aéreo-subterránea. Para evitar posibles sobretensiones de origen atmosférico o por problemas en maniobras con la aparatada de alta tensión, se encuentran colocadas autoválvulas en el punto de conexión, lo más cerca posible a las botellas terminales para el paso de línea aérea a cable aislados.

El contador por el cual se aplicará la compra-venta de energía será bidireccional. De este modo se medirá tanto la energía que exportamos a la red, como la consumida.

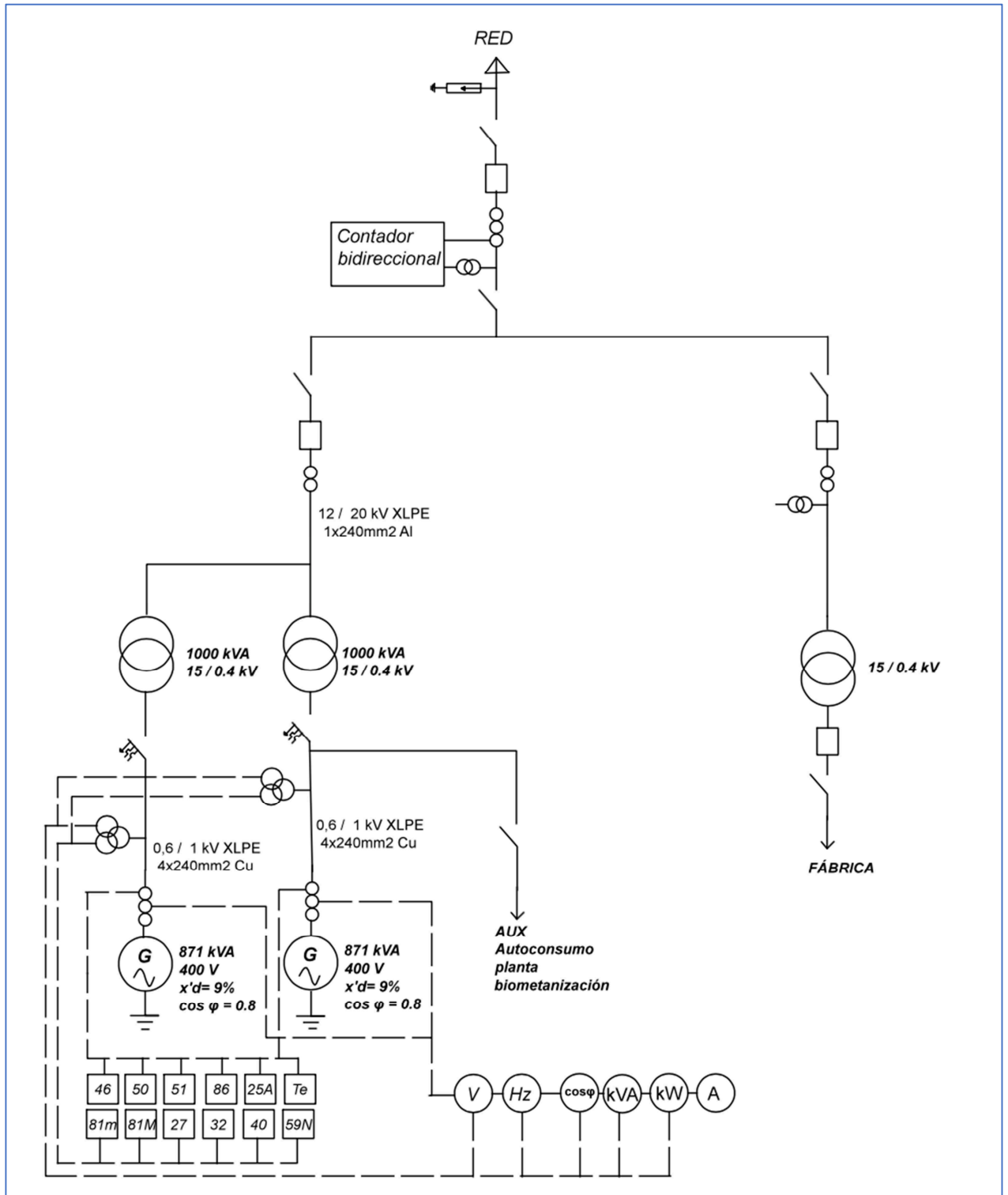


Figura 4.1-1 Esquema unifilar de la instalación

## 4.2. Centro de transformación

El Centro de Transformación de la planta de biometanización, objeto de este proyecto, tiene la misión de adecuar la tensión a 400 Voltios eficaces.

La energía será suministrada por la compañía Endesa Aragón a la tensión trifásica de 15kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 200 MVA y las celdas tienen un poder de corte de 16 kA eficaces.

Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son **cgmcosmos de la empresa Ormazabal**, que se caracterizan por ser celdas modulares de aislamiento y corte en gas SF6, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

Las características generales de las celdas **cgmcosmos** son las siguientes:

- Tensión nominal 24 kV
- Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases 50 kV
  - a la distancia de seccionamiento 60 kV
- Impulso tipo rayo
  - a tierra y entre fases 125 kV
  - a la distancia de seccionamiento 145 kV

Para atender a las necesidades indicadas, la potencia total instalada en este Centro de Transformación es de 2.000 kVA. Repartiéndose en dos transformadores de 1000 KVA.

## 4.3. Interconexión con la red eléctrica

La evacuación eléctrica de la instalación de cogeneración, se realizará siguiendo las indicaciones de ENDESA Aragón. La energía eléctrica que se genera en el alternador del motor debe ser correctamente transformada y transportada desde el alternador al punto de conexión concedido por la empresa distribuidora. Así pues, como ya se ha comentado, se dispone de un centro de transformación de 2000 kVA que cumplirá las normas particulares de la compañía, y de ahí se hará la conexión con el centro de transformación ya existente que dispone la industria cartonera.

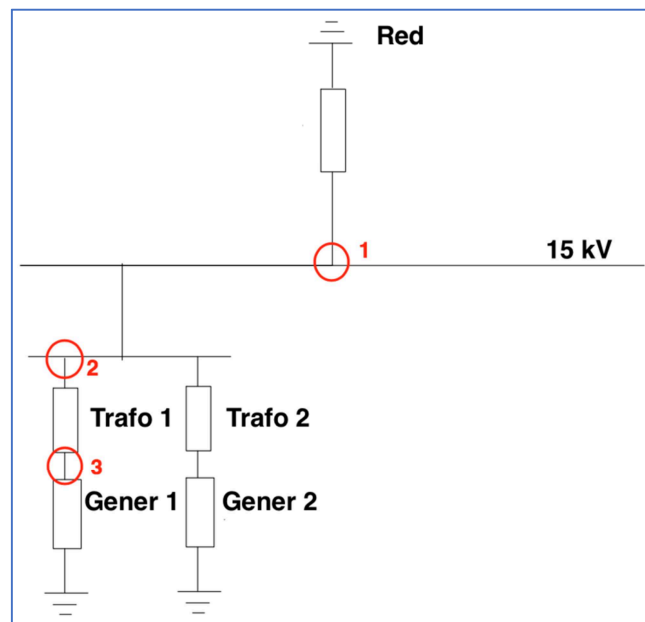
Para determinar la sección de los cables que conecta cada uno de los grupos de cogeneración con el C.T. y los cables de interconexión con el centro de transformación de la



industria cartonera, se utilizarán tres criterios de cálculo diferentes y se adoptará la sección del método que implique un requerimiento de mayor sección:

- Caída de tensión.
- Intensidad permanente o de larga duración.
- Cortocircuito o corriente de corta duración.

Antes de aplicar los criterios, se calcularán las corrientes de cortocircuito en los puntos que se marcan en la Figura 4.3-1. Los cálculos se pueden comprobar en el Anexo V.



**Figura 4.3-1 Puntos de cálculo de Intensidad de cortocircuito**

Se obtienen las siguientes corrientes de cortocircuito:

- Punto 1:  $I_{cc} = 8,567$  kA.
- Punto 2:  $I_{cc} = 8,730$  kA.
- Punto 3:  $I_{cc} = 23,370$  kA.

Una vez calculadas las corrientes de cortocircuito ya podemos dimensionar los cables necesarios mediante los tres criterios mencionados anteriormente.

En el Anexo V se encuentran los cálculos correspondientes a las secciones tanto para el cable de media tensión (M.T) como para el de baja tensión (B.T).

#### 4.3.1. Conexión con el centro de transformación de la industria (M.T)

Se parte de la base que el cable de conexión con la industria cartonera es ya existente. Es una línea subterránea de 50 metros, enterrada a 0,8 metros de profundidad y tiene un cable por fase de aluminio de tensión nominal 12/20 kV, de 240 mm<sup>2</sup> de sección y con aislamiento XLPE.

En el Anexo V se encuentran los cálculos correspondientes. Se obtiene que el criterio más restrictivo es el de intensidad de cortocircuito o corta duración. Aun así, el cable proporcionado tiene una sección lo suficientemente grande para que cumpla con este criterio

#### 4.3.2. Conexión de los generadores con el centro de transformación (B.T)

Se decide la utilización de una línea trifásica subterránea en atarjeas desde el grupo de cogeneración hasta el centro de transformación. Formado por una terna de cables unipolares, distribuidos en bandejas escalera. Cuya separación es mayor o igual a dos veces su diámetro. Están formados por cobre y aislamiento XLPE.

Atendiendo a los resultados del Anexo V, el criterio más desfavorable es el de intensidad permanente o larga duración. Por lo que pondremos 4 conductores por fase de 240 mm<sup>2</sup> de sección y dos de neutro de la misma sección. Luego el cable que se va a elegir por fase es: **XLPE 0,6/1kV 4×240 + 2×240 mm<sup>2</sup> Cu.**

### 4.4. Protección y teledisparo

En el esquema unifilar se representan las protecciones mínimas para garantizar la protección de los equipos y personas en caso de una falta en la red o en la instalación. A continuación, se describen brevemente sus características:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relé 27: Un relé trifásico o 3 relés monofásicos de mínima tensión, conectados entre fases. Detectan las faltas entre fases que se producen en la red y provocan el disparo. Cada relé dispondrá de disparo temporizado en tiempo fijo regulable entre 0,1 y 1 s.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relés 81m y 81M: Relés de máxima y mínima frecuencia para detectar funcionamiento en red aislada. El relé dispondrá de disparo temporizado en tiempo fijo regulable entre 0,1 y 1 segundo y, un margen de frecuencia entre 49-51 Hz. Nivel de ajuste en 0,2 segundos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relé 59N: Un relé de máxima tensión, conectado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relés 32. 40, 25A Relé direccional de potencia. (32)</li> </ul>

<p>entre fases, para desconectar el generador en el caso de que éste produzca una tensión, en el punto de conexión con la Compañía Eléctrica, superior al siete por ciento. Este relé dispondrá de dos niveles de ajuste temporizados. El primer nivel actuará en 1 minuto sobre el regulador de tensión del generador para bajar la tensión del punto de conexión por debajo del siete por ciento de la tensión nominal y el segundo nivel actuará en 2 minutos para disparar el interruptor de interconexión si la tensión del punto de conexión no desciende por debajo del siete por ciento. La regulación del nivel de tensión, la definirá ENDESA, en este caso.</p>	<p>Relé de campo, pérdida de excitación. (40) Relé sincronizador automático (25A)</p> <p>Los relés 32, 40 y 25A, tendrán por objeto proteger al generador autoexcitado de posibles funcionamientos en isla, interrupciones breves de suministro y, en general, de los riesgos que supone su conexión accidental en fase asíncrona con la red.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relés 51/50-51N/50N: Relés de sobreintensidad de fase y de neutro (con la N detrás), el 50 funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad. Y el 51 funciona cuando la intensidad de un circuito de c.a. sobrepasa in valor dado con una característica de tiempo inverso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relé 49. Relé térmico, asociado en serie con el relé 59V, de máxima tensión, para desconectar el generador en el caso de que éste produzca una tensión, en el punto de conexión con la Compañía Eléctrica, superior al siete por ciento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relé 46. Relé de intensidad, para equilibrio o inversión de fases, asociado en serie al relé 27 de mínima tensión, para detectar las faltas entre fases que se producen en la red y provocan el disparo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relés Te Relé de teledisparo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relé 86. Relé de enclavamiento.</li> </ul>	

**Tabla 4.4-1 Descripción de las protecciones y teledisparo del generador**

Los relés estarán agrupados en un conjunto, rack o armario, compacto y diferenciado del resto de equipos de la instalación. Las conexiones de los circuitos de tensión e intensidad se realizarán mediante un regletero único de bloques de pruebas o bornas seccionables de fácil acceso. La disposición mecánica permitirá el precintado de los elementos de ajuste de los relés.

Los circuitos de disparo actuarán directamente sobre el interruptor sin pasar a través de relés o elementos auxiliares.

Se deberá de cuidar especialmente la fiabilidad y seguridad de la alimentación del sistema de protección. En este sentido se instalará un dispositivo que garantice la energía de reserva para la actuación de las protecciones y disparo de interruptor en el caso de fallo de la alimentación principal.

El auto-productor, en este caso, la planta de biometanización, deberá de mantener, en perfecto estado, el sistema de protecciones de la interconexión a la red y, será responsable de su revisión periódica para que actúen correctamente.

En redes con reenganche automático, el auto-productor es responsable de que las protecciones de la interconexión con la red de ENDESA, actúen un tiempo inferior al tiempo de reenganche de la línea.

#### **4.5. Instalación de puesta a tierra**

En el presente proyecto se pueden distinguir dos instalaciones de puesta a tierra. La instalación de puesta a tierra del centro de transformación que seguirá las normas UNESA y la del edificio de la planta de biometanización que seguirá el Reglamento de Baja Tensión.

##### **4.5.1. Puesta a tierra del centro de transformación**

Atendiendo a los cálculos del Anexo V, el electrodo a instalar en el centro de transformación tiene el código 70/25/5/42. Lo cual significa que tiene una geometría cuadrada de 7 por 2,5 metros, se instala a 0,5 metros de profundidad y tiene cuatro picas de dos metros cada una.

Con esto se obtiene una resistencia de puesta a tierra de 12,6  $\Omega$  y no se superan las tensiones máximas de paso y contacto.

##### **4.5.2. Puesta a tierra del edificio de la planta de biometanización**

Atendiendo a la Guía de aplicación de la ITC-BT-026, se dimensionará la instalación de puesta a tierra de la siguiente manera.

Los conductores de cobre desnudos utilizados como electrodos, serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21 022, con una sección mínima de 35 mm<sup>2</sup>.

La profundidad mínima de enterramiento del conductor recomendada es de 0,8 metros.

Según la Tabla A de la citada guía, como estamos en un terreno de arenas arcillosas de resistividad 150  $\Omega$ m y no disponemos de pararrayos, se necesitará una longitud mínima de 25 metros del conductor con una pica de dos metros de longitud.

## Capítulo 5

# Viabilidad económica.

En este capítulo se realizará el estudio de viabilidad económica teniendo en cuenta los gastos y los ingresos que tendrá la planta. En el Anexo VI, se encuentra esta información de forma detallada. Hay que tener en cuenta que para el estudio económico no se ha tenido en cuenta ningún tipo de subvención.

Se expone en el siguiente punto la cuenta de resultados y el análisis a la inversión como punto final del estudio del Anexo VI.

### 5.1. Cuenta de resultados.

En la tabla 5.1-1 se resume la cuenta de resultados procedente del Anexo VI:

Concepto	€/año
Facturación	1.733.130
Materias primas	334.785
<b>Margen Bruto</b>	<b>1.398.345</b>
Gastos de operación y mantenimiento	684.806
<b>EBITDA</b>	<b>713.539</b>
Amortización (10%)	425.912
<b>EBIT</b>	<b>287.626</b>
Intereses	0
<b>EBT</b>	<b>287.626</b>
Impuestos (25%)	215.720
<b>Beneficio Neto</b>	<b>71.907</b>

Tabla 5.1-1 Cuenta de resultados

Para completar la cuenta de resultados hasta el beneficio neto, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Amortizaciones: En este punto, se ha cogido una amortización lineal a 10 años, de acuerdo con el Plan General Contable ya que la mayoría de la inversión está basada en equipos de proceso.

- Intereses: se considera que el proyecto se hace con fondos propios, y por tanto no se pagará interés alguno por la deuda.
- Impuesto de sociedades: actualmente está al 25%.

## 5.2. Análisis de la inversión

El VAN (Valor Actual Neto) se el procedimiento con el que calcularemos el valor presente de los flujos de caja futuros generados por la planta. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad \text{ec 5.2.1}$$

Dónde:

- $V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo 't'
- $I_0$  es el valor de la inversión inicial.
- $N$  es el número de periodos considerado.
- $K$  es el tipo de interés. Se tomará como referencia el tipo de renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si es mejor invertir en el proyecto o en un valor seguro. Para el estudio, y sin entrar en más valoraciones, se tomará como activo libre de riesgo, el Bono Español a 10 años, que a fecha 20.05.2017 está al 1,44%.

Otro indicador utilizado para el cálculo de la rentabilidad de un proyecto es la tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR). Se define como la media geométrica de los rendimientos futuros de una inversión. En términos simples, se puede definir como la tasa de descuento ( $K$ ) para la que el VAN es igual a 0. Se trata por tanto de un indicador de oportunidad de inversión, es decir, es aquel valor que comparándolo por el activo libre de riesgo indica en caso de ser mayor la idoneidad del proyecto.

Para el cálculo del VAN y de la TIR, se tendrán en cuenta los flujos de caja generados durante 10 años, con flujo perpetuo, es decir, asumiendo que durante el año 11 se reproducen los flujos de caja generados en el año 10 de forma perpetua.

	2.017	2.018	2.019	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024	2.025	2.026	2.027	2.028
Facturación	0	1.733.130	1.733.130	1.733.130	1.733.130	1.733.130	1.733.130	1.733.130	1.733.130	1.733.130	1.733.130	0
Gastos Explotación	0	1.019.591	1.019.591	1.019.591	1.019.591	1.019.591	1.019.591	1.019.591	1.019.591	1.019.591	1.019.591	0
<b>EBITDA</b>	<b>0</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>713.539</b>	<b>0</b>
Amortizaciones	0	-425.912	-425.912	-425.912	-425.912	-425.912	-425.912	-425.912	-425.912	-425.912	-425.912	0
<b>EBIT</b>	<b>0</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>287.626</b>	<b>0</b>
Impuesto Sociedades	0	0	-71.907	-71.907	-71.907	-71.907	-71.907	-71.907	-71.907	-71.907	-71.907	0
<b>Resultado Neto</b>	<b>0</b>	<b>287.626</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>215.720</b>	<b>0</b>
<b>Flujo Act. Ordinarias</b>	<b>0</b>	<b>713.539</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>11.158.819</b>
- Inversión	-4.259.123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Valor Residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Variación Neta</b>	<b>-4.259.123</b>	<b>713.539</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>641.632</b>	<b>11.158.819</b>

Tabla 5.2-1 Flujos de caja

El cálculo de los flujos de caja se ha hecho en base a las siguientes consideraciones:

- El primer año solo se contempla la inversión, es decir, por criterios de prudencia, no se contempla ningún ingreso.
- El impuesto de sociedades va decalado un año, es decir el impuesto del año 2.018 se paga en el año 2.019.
- Para el cálculo del flujo de caja, se corrige el resultado neto con las amortizaciones.

Con todo lo anterior, y teniendo en cuenta que la tasa de descuento aplicada será del 5.75% correspondiente al valor de las obligaciones del Estado a 15 años como activo libre de riesgo, la rentabilidad sale:

EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN	
TIR	19,97%
VAN	6.988.787
Pay Back Descontado	6 años y 11 meses

Tabla 5.2-2 Evaluación de la inversión

## Capítulo 6

# Conclusión

---

A continuación, se exponen las principales conclusiones obtenidas tras la realización del presente trabajo sobre el *estudio de viabilidad técnica y económica de planta de biometanización con cogeneración, con un caso práctico de aplicación a una industria cartonera*.

Desde el punto de vista medioambiental existen numerosas tecnologías o métodos para la gestión del residuo orgánico, pero todas ellas se contemplan como eliminación, sin embargo, el proceso de biometanización se contempla como reciclado según la comisión europea, esto hace que desde el punto de vista de la jerarquía de los residuos sea la solución más interesante.

Adicionalmente, se produce una reducción importante de los gases de efecto invernadero, ya que el metano generado en el proceso se transformará en CO<sub>2</sub> a través del proceso de combustión, que de otra forma hubiera terminado en la atmósfera. Es importante tener en cuenta que el metano es 21 veces peor como gas de efecto invernadero que el dióxido de carbono.

Desde el punto de vista energético, y al tratarse de una propuesta de cogeneración, tal y como se ha descrito, supone un modelo de generación de energía de mayor eficiencia que la generación convencional, más del doble.

Como se ha podido ver en el caso práctico de aplicación, el proyecto genera 6.621 MW eléctricos al año, suficientes para atender la demanda de empresa cartonera a la que se acopla el proyecto (5.254 kW eléctricos al año) desde el punto de vista térmico, se produce un aprovechamiento térmico de los gases de escape y de los circuitos de intercambio de refrigeración del motor equivalentes a 3.456 MW al año suponiendo una reducción del 46% de las necesidades de compra de gas natural a la red.

En definitiva, se trata de un proyecto totalmente alineado a los objetivos marcados en el plan de **economía circular** marcados por la Unión Europea para el año 2.030. Suponiendo en algunos casos una verdadera revolución industrial desde el punto de vista energético.



Atendiendo a la generación de riqueza para la comunidad, queda claro el alto impacto de este tipo de proyectos teniendo en cuenta factores como:

1. Generación de empleo estable y de calidad.
2. Reciclado en proximidad, lo que supone una fuente de energía en la zona de bajo coste y alta rentabilidad.
3. Mejora competitiva de la industria local.
4. Reduce la dependencia energética de región.

Desde el punto de vista de viabilidad económica, tal y como se ha descrito, se trata de un proyecto que genera una tasa interna de retorno (TIR) del 19,97% con un valor actual neto de la inversión (VAN) del 6.988.787€ para un periodo estudiado de 8 años asumiendo un flujo perpetuo en el último año.

El presente trabajo presenta áreas de mejoras que podrían dar paso a futuros trabajos de final de grado o master para distintas disciplinas de la ingeniería como:

1. Estudio de detalle y diseño de un digestor anaerobio para el sustrato analizado.
2. Sería interesante revisar posibles usos del biogás generado, el presente estudio se queda en el proceso de combustión, pero existen otras posibilidades a explorar como la inyección del biogás en la red de gas natural a través de procesos de mejora de la calidad del biogás, o el uso del biogás para la movilidad urbana.
3. También se da pie a un proyecto tipo A que detalle elementos y equipos principales, así como los de instalación eléctrica y obra civil específica.

Finalmente, destacar que el presente proyecto me ha permitido adquirir una serie de conocimientos transversales al grado de ingeniería eléctrica y en concreto a procesos de digestión anaerobia y generación de energía gracias a la ayuda de D. Alberto Gonzalo Callejo y D. Antonio Montañés Espinosa quienes han dirigido el presente trabajo final de grado.

## Bibliografía

- [1] Eurostat, "Sustainable development in the European Union," 2015.
- [2] X. E. Castells, E. D. d. Santos, Ed. *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Spain: Fundación Universitaria Iberoamericana 2005, pp. 217-539, 617-687, 807-881.
- [3] C. Polprasert, *Organic Waste Recycling - Technology and Management*. 2007.
- [4] M. Taheri, A. Mohebbi, H. Hashemipour, and A. M. Rashidi, "Simultaneous absorption of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) from CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S-CH<sub>4</sub> gas mixture using amine-based nanofluids in a wetted wall column," *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, vol. 28, pp. 410-417, 2016.
- [5] Y. Li, H. Liu, F. Yan, D. Su, Y. Wang, and H. Zhou, "High-calorific biogas production from anaerobic digestion of food waste using a two-phase pressurized biofilm (TPPB) system," *Bioresource Technology*, vol. 224, pp. 56-62, 2017.
- [6] CEWEP. *Confederation of European Waste-to-Energy Plants [consulta 15/05/2017]* Disponible en: <http://www.cewep.eu/information/recycling/index.html>.
- [7] "Green Taxes in Europe. Institute of Public Policy Research, Reino Unido. [Consulta 7/05/2017] Disponible en: <http://www.ippr.org/big-issues/tax-and-spending>," 2015.
- [8] S. Salati, B. Scaglia, A. di Gregorio, A. Carrera, and F. Adani, "Mechanical biological treatment of organic fraction of MSW affected dissolved organic matter evolution in simulated landfill," *Bioresour Technol*, vol. 142, pp. 115-20, 2013.
- [9] N. Edo-Alcón, A. Gallardo, and F. J. Colomer-Mendoza, "Characterization of SRF from MBT plants: Influence of the input waste and of the processing technologies," *Fuel Processing Technology*, vol. 153, pp. 19-27, 2016.
- [10] B. Scaglia, S. Salati, A. Di Gregorio, A. Carrera, F. Tambone, and F. Adani, "Short mechanical biological treatment of municipal solid waste allows landfill impact reduction saving waste energy content," *Bioresour Technol*, vol. 143, pp. 131-8, 2013.
- [11] S. K. Jaya Rawat, Vivek Rathore, D.T. Gokak and Sanjay Bhargava, "Environmental Friendly Ways to Generate Renewable Energy from Municipal Solid Waste," *Solid Waste Management*, 2015.
- [12] F. V. N. Mortier, S. Verstichel, "Organic Recycling of Agricultural Waste Today: Composting and Anaerobic Digestion," *Organic Waste Systems*, 2016.
- [13] IDAE, "Biomasa: Digestores anaerobios 2007," *Energía de la biomasa*.
- [14] C. Zhang, H. Su, J. Baeyens, and T. Tan, "Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 38, pp. 383-392, 2014.
- [15] "ORDEN ITC/3801/2008, de 26 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de enero de 2009.."
- [16] "Información estadística sobre la venta de régimen especial. Diciembre de 2016 CNMC. [Consulta 14/05/2017]. Disponible en: <https://www.cnmc.es/informes>."
- [17] "Guía de la Cogeneración 2010. [Consultado 12/05/2017] Disponible en: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-la-Cogeneracion-fenercom-2010.pdf>."



- [18] B. Morero, R. Vicentin, and E. A. Campanella, "Assessment of biogas production in Argentina from co-digestion of sludge and municipal solid waste," *Waste Manag*, vol. 61, pp. 195-205, 2017.
- [19] M. Mel, A. S. H. Yong, Avicenna, S. I. Ihsan, and R. H. Setyobudi, "Simulation Study for Economic Analysis of Biogas Production from Agricultural Biomass," *Energy Procedia*, vol. 65, pp. 204-214, 2015.
- [20] "Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.," 2014.
- [21] "BOA Nº12 de 20 de enero de 2016," ed.
- [22] OMIE, "Evaluación del mercado de energía eléctrica- Abril," 2017.



# Anexos

---

# Anexo I

## Antecedentes

---

Desde la década de los 80, la importancia de la política de la Unión Europea sobre protección del medio ambiente y los recursos naturales ha ido aumentando sin cesar. La razón se debe a que las amenazas de daños y deterioro que pesan sobre el medio ambiente están muy lejos de estar controladas.

Como consecuencia de ello se ha ampliado considerablemente el abanico de medidas aplicables en la política de medio ambiente. En particular, el Tratado de Ámsterdam ha situado el principio de desarrollo sostenible y el objetivo de un nivel elevado de protección del medio ambiente entre las máximas prioridades.

La UE genera cada año unos 2.000 millones de toneladas de residuos, de los cuales más de cuarenta millones están calificados como peligrosos. Esta cantidad es consecuencia de un incremento del 10% al año durante los últimos 6 años.[1]

Centrándose en los residuos urbanos, industriales y comerciales, en la UE se generan unos 200 millones de toneladas (1 kg al día por cada habitante) que deben ser tratados con la tecnología adecuada. Históricamente los medios más usados para la eliminación de los residuos han sido:

1. Vertederos autorizados: cada vez más llenos, generando en algunos casos filtraciones de toxinas y metales pesados. Aún más grave, es el número de vertederos ilegales y los riesgos imposibles de cuantificar.
2. Valorización energética: es evidente que la combustión produce toxinas, si bien, para impedir su liberación se instalan filtros muy costosos y que al final de su vida útil terminan en los vertederos junto con el 25% del peso de los residuos iniciales.

Una buena gestión de los residuos comienza con la prevención, es decir, si no se producen los residuos no se tendrán que eliminar. No obstante, y a pesar de ello, siempre se generarán residuos, de forma que es importante optar por el mejor método de tratamiento que suponga los riesgos más bajos para el entorno. Gracias al reciclado, total o parcial, puede reducirse el volumen de residuos que deben de ser eliminados, e incluso se puede reducir la

necesidad de consumir materias primas y/o energía de origen fósil. Por ejemplo, el residuo orgánico puede someterse a distintos tratamientos, entre ellos, la biometanización transformando lo que antes era una eliminación en una fuente de energía primaria.

Está claro que la gestión de los residuos en la UE es un tema muy complejo, no existiendo una solución única que pueda aplicarse a todas las situaciones. En todo caso, la estrategia de la UE en la materia se fundamenta en una serie de principios sólidos:

- Principio de prevención: la producción de residuos tiene que reducirse y, cuando sea posible, evitarse.
- La responsabilidad del productor y el principio de que quien contamina paga.
- Principio de precaución: tienen que anticiparse todos los problemas potenciales.
- Principio de proximidad: los residuos deben gestionarse lo más cerca posible de su origen.

### A I.1. Tratamiento de residuo orgánico:

En la figura I.1-1 se pueden ver las principales alternativas para el tratamiento de residuos orgánicos por país en Europa. Si bien, en la actualidad la opción de vertedero supone para España[1] en el entorno del 55%, en otros países de la Unión Europea como Alemania este vertido es prácticamente cero, tal y como puede verse en la figura I.1-1[6]:

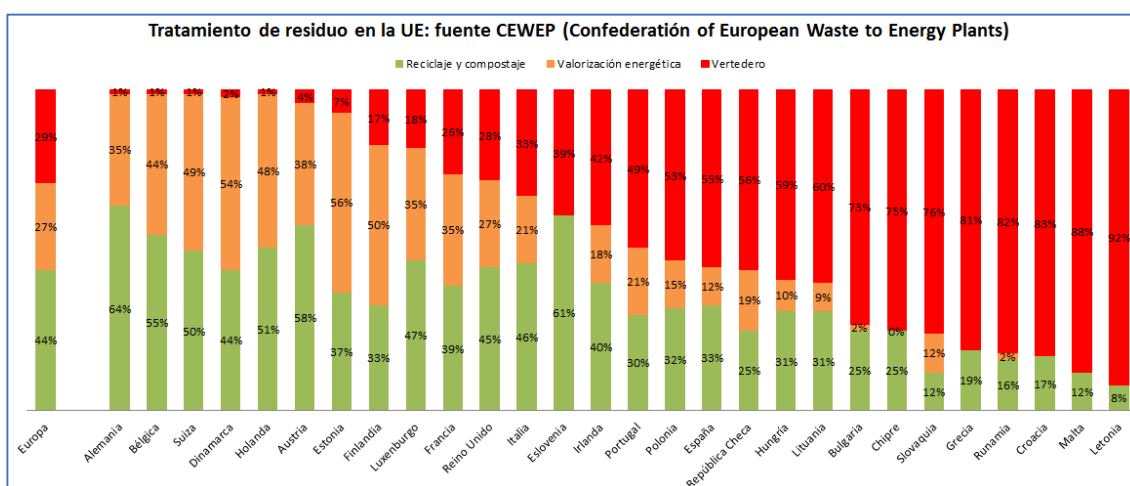


Figura I.1-1 Tratamiento del residuo urbano en la Unión Europea

Son muchas las razones que motivan esta dispersión en cuanto al tratamiento de los residuos, sin embargo, la correlación existente entre la tasa de vertido y el uso del vertedero como solución es muy alta, así en países como Alemania y Austria, la tasa de vertedero está en el entorno de los 100€/t, mientras que en España está en los 38€/t [7]

A continuación, se describen las principales alternativas:

### **A I.1.1. Vertedero**

La deposición en el vertedero ha sido el método de eliminación más utilizado por los países de la EU durante los últimos años. La degradación de la fracción orgánica produce metano. El metano es un potente gas de efecto invernadero (21 veces peor que el propio CO<sub>2</sub>), con el riesgo añadido de que se pueden crear bolsas y por tanto producir explosiones. Por esta razón, en algunos países se exige un pre-tratamiento biológico que estabilice el residuo antes de ser depositado en el vertedero. No obstante, la superficie ocupada por un vertedero es considerable.[8]

### **A I.1.2. Tratamiento mecánico-biológico (MBT)**

Para reducir o prevenir la contaminación ambiental que conlleva depositar los residuos en el vertedero sin tratarlos previamente, la Comisión Europea emitió la directiva de vertederos en 1999 con el objetivo de llevar a los Estados miembros a planear estrategias de reducción de materia biodegradable en los vertederos. Una de las tecnologías que se idearon fue el tratamiento mecánico-biológico (MBT) el cual produce una materia parecida al compost para poder depositarlo en el vertedero.[9]

El MBT consiste en un tratamiento mecánico del residuo seguido por un proceso aerobio o biosecado parecido al de compostaje. Particularmente, el MBT consta de un filtro mecánico (rejilla de agujeros de 40-90 mm) para obtener dos fracciones. La que se queda en la parte superior de la rejilla (35-50% de humedad en el peso) que son principalmente plásticos y papel, que pueden ser utilizados como posible combustible sólido recuperado o se pueden llevar al vertedero sin tratamiento previo. La otra fracción, la que atraviesa la rejilla, (50-65% de humedad en el peso) se trata para reducir su reactividad biológica en el vertedero.[10]

El biosecado es un proceso biológico en el que se transforma la fracción de menor tamaño en un producto estabilizado. Se trata de un proceso de fermentación aerobia (en presencia de oxígeno), en el que los microorganismos, mediante una reacción de oxidación, producen CO<sub>2</sub>. La energía liberada en su metabolismo (en forma de calor) es utilizada para secar e higienizar el residuo.[8]

Como consecuencia de la temperatura que se alcanza en la masa de residuo (50 – 60°C) el biosecado es un eficaz sistema de estabilización, desodorizando e higienizando el material. Como resultado, se obtiene un producto que puede ser valorizado como combustible. La etapa correspondiente al biosecado consta de dos fases:

- Bioestabilización: fase biológica en la que se produce la oxidación de la materia orgánica para dar lugar a un producto con pérdida de humedad.

- Deshidratación: fase de aireación, por la cual, mediante el uso de aire atemperado con recirculación de parte del aire aspirado se reduce la humedad.

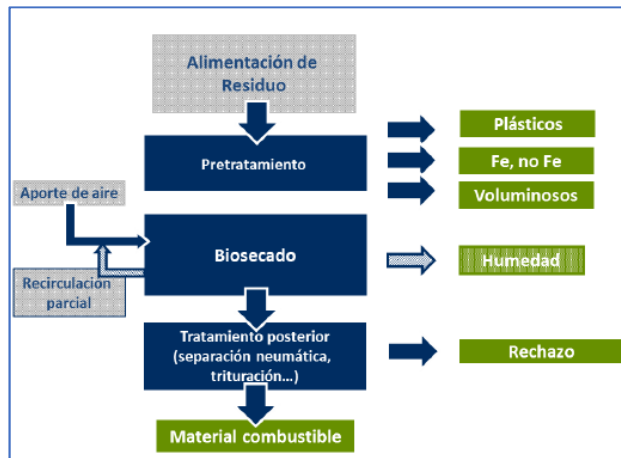


Figura I.1-2 - Esquema simplificado del proceso MBT

Se trata de un proceso sencillo, tanto en operación como en construcción con bajo coste de inversión. En la figura I.1.2 puede verse un esquema simplificado del proceso.

### A I.1.3. Incineración con recuperación de energía

La incineración es la quema en masa del residuo, con producción de calor que se aprovecha para producir vapor de agua. Este vapor puede ser posteriormente utilizado para generar energía eléctrica por medio de turbinas de vapor. La combustión completa implica una transformación del combustible en CO<sub>2</sub> y vapor de agua principalmente, aunque también se generan sustancias contaminantes como dioxinas (en pequeñas cantidades, pero altamente cancerígenas), metales pesados, gases tóxicos que contienen cloruros, azufre y nitrógeno junto con los furanos que provienen principalmente de la combustión incompleta del RSU.

Por otro lado, esta tecnología no es adecuada para residuos con un alto contenido acuoso, bajo Poder Calorífico y residuos clorados. La humedad excesiva y el contenido inerte afecta a la recuperación neta de energía; por lo que en este caso es necesario un soporte de combustible auxiliar para mantener la combustión. Los residuos clorados son altamente corrosivos en los procesos de combustión y producen dioxinas.

Uno de los mayores retos de esta tecnología, es el cumplimiento de la normativa correspondiente al control de contaminación y de las normas de emisión de gases a la atmósfera debido a la generación de partículas, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y compuestos clorados en la combustión.[11]



#### A I.1.4. Gasificación

La gasificación y la pirólisis son tecnologías que ya se utilizaban desde hace tiempo pero que en los últimos años se han ido desarrollado para cumplir con la ya nombrada Directiva Europea de 1999,

La gasificación es un proceso en el que se convierte, mediante oxidación parcial a temperatura elevada, una materia prima (generalmente sólida) en un gas con un moderado poder calorífico. Normalmente se trabaja con un 25-30% del oxígeno necesario para la oxidación completa. Esta característica distingue a la gasificación de otros procesos como la combustión y la pirólisis.

En la gasificación, la energía química contenida en un sólido se convierte en energía química contenida en un gas, con el que se puede trabajar de forma mucho más flexible (combustible de calderas, motores o turbinas). Las cenizas obtenidas en el proceso pueden tratarse como residuo o bien valorizarse, usándolas como material de construcción, fertilizante o para la fabricación de vidrio. En el caso de que las cenizas no sean aprovechables, se habrá conseguido, en cualquier caso, minimizar considerablemente el volumen de residuo pudiendo en algún caso ser inertizadas y aprovechar su contenido energético.[2]

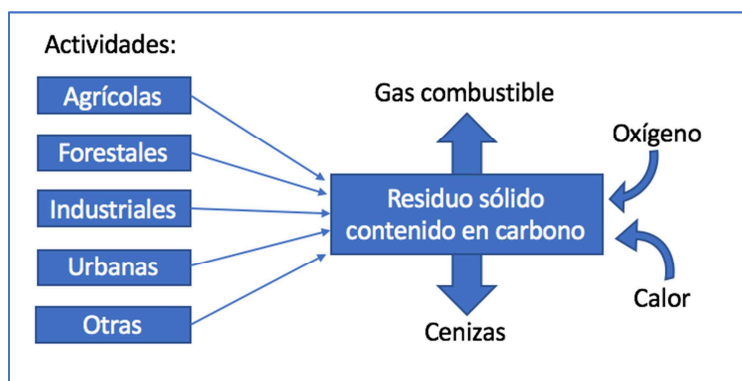


Figura I.1-3 Potencial de uso de la gasificación para tratamiento y valorización de residuos

Hay un amplio campo de materiales que son susceptibles de ser gasificados. Todos aquellos con un alto contenido en carbono. Debido a su origen los podemos clasificar en:

- Agrícolas: Incluyen una amplia gama de materiales agroalimentarios como puede ser la paja de trigo y de otros cereales.
- Forestales: Incluye la madera procedente de la limpieza de bosques, aserraderos y otras industrias de transformación de madera.

- Industriales: Generalmente embalajes y palets, que se generan en grandes cantidades y que son de alto poder calorífico. El único inconveniente es la alta probabilidad de presencia de plásticos.
- Urbanos: Los residuos sólidos urbanos (RSU) también pueden ser gasificados si se elimina previamente el vidrio y los metales.
- Otros: se pueden incluir aquí los lodos de depuración de aguas, aunque tienen una alta humedad.

Así pues, la gasificación es una técnica energéticamente eficaz para reducir el volumen de los residuos sólidos y recuperar su energía, así como aumentar la calidad de los productos reciclados, convirtiéndose en una de las vías más adecuadas a medio y largo plazo para la obtención de energía en el marco del desarrollo sostenible.

En comparación con la incineración, el control de la contaminación atmosférica puede tratarse de una manera superior, en sentido tecno-económico. La gasificación a alta presión puede incrementar aún más las oportunidades de aumentar la eficiencia de conversión de energía y reducir los costos. El gas de síntesis puede utilizarse, además, después de un tratamiento adecuado, en turbinas de gas, motores o puede convertirse posteriormente en productos químicos.[11]

Aun así, el inconveniente de la generación de un gas con alto grado de contaminación sigue presente. Esto es debido a que el proceso se realiza en una zona de baja temperatura de gases, por lo que no se produce la descomposición de los aceites, alquitranes y gases como fenoles, amoníaco o  $H_2S$ . Se trata de un proceso no tan maduro como la combustión, en el que en muchas ocasiones se puede confundir con una incineración en dos etapas, lo ideal sería poder aprovechar el gas para su posterior combustión en un motor térmico (con rendimientos eléctricos muy superiores) y no en un cámara de oxidación posterior.[11]

#### A I.1.5. Pirólisis

La pirólisis es la descomposición térmica de la materia orgánica, como la presente en los residuos, en ausencia de oxígeno (sólo si se pretende que el proceso sea autotérmico es necesario introducir una pequeña cantidad de oxígeno al proceso para favorecer una combustión parcial que aporte calor). Los compuestos basados en carbono contenidos en el residuo se descomponen dando gases, hidrocarburos condensables y un residuo carbonoso o también llamado **char**. Por regla general, los gases de pirólisis tienen una proporción de hidrocarburos superior a los procedentes de la gasificación.

La selección entre gasificación y pirólisis es una tarea compleja en la que intervienen muchos parámetros que sería tarea de expertos su sola clasificación. El esquema de la Figura I.1.4 pretende explicar de manera muy simplificada cuándo es preciso seleccionar el tratamiento de pirólisis frente al de gasificación y a la inversa.

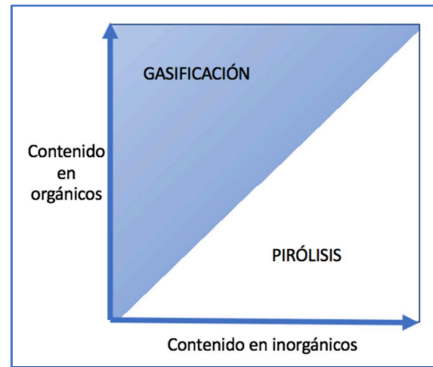


Figura I.1-4 Límites de la pirólisis según el contenido de materia orgánica

Cuando el residuo a tratar es mayoritariamente orgánico es aconsejable utilizar la gasificación, mientras que, si la presencia de materiales inorgánicos es importante, es preferible hacer uso de la pirólisis. Todo esto abre un amplio rango de posibilidades a esta tecnología debido al alto contenido de materia inorgánica existente en los residuos.

El sistema de pirólisis se utiliza ampliamente por las industrias para obtener carbón vegetal a partir de madera, char y gas de coquización a partir de carbón, y gas combustible y betún de fracciones pesadas de petróleo. A pesar de estos usos, la pirólisis de residuos sólidos urbanos (RSU) no ha sido tan exitosa. Esto es debido a la dificultad de obtener una alimentación uniforme a partir de dichos residuos. Otra razón es el alto coste de implantación, mantenimiento y explotación.[2]

#### A I.1.6. Compostaje

El proceso de compostaje se puede definir como la descomposición biológica y estabilización de un sustrato orgánico.

Se deben establecer una serie de condiciones que permitan el desarrollo de temperaturas en el rango termófilo (40°C-70°C) para producir un producto final estable, libre de patógenos y semillas, y que pueda ser aplicado al suelo de forma beneficiosa. Este producto final recibe el nombre de compost.

El hecho de que prácticamente todos los residuos orgánicos sean susceptibles de ser compostados si se dan unas mínimas condiciones de composición, humedad, y porosidad, hace que se considere una práctica simple y sin complicaciones tecnológicas. A pesar de esta aparente simplicidad, resulta ser un proceso complejo en el que intervienen multitud de factores para obtener un producto estable y beneficioso.

El proceso está constituido por dos fases consecutivas, descomposición y maduración[2]:

- **Descomposición:** en la que diferentes poblaciones de bacterias (mayoritariamente actinomicetos) y hongos, trabajando consecutivamente, descomponen los

constituyentes de la materia orgánica, hidratos de carbono, proteínas y lípidos. En medio aerobio las reacciones son exotérmicas, de manera que, si se dan las condiciones físicas adecuadas, se produce un aumento de la temperatura del material en descomposición pudiendo superar los 70°C de pico.

Este aumento de temperatura favorece el crecimiento de microorganismos termófilos, y si se mantiene durante un periodo prolongado se consigue eliminar los microorganismos patógenos. Aquí reside la base de las propiedades de higienización del proceso.

- **Maduración:** En esta etapa tienen lugar procesos de biopolimerización para formar moléculas complejas y estables, y microorganismos mesófilos y diversa microfauna colonizan el material para obtener, en unos pocos meses, un compost completamente estabilizado y parcialmente humificado.

La optimización del proceso consiste en encontrar las condiciones de operación que permitan el mínimo tiempo de las reacciones de la fase de descomposición. Se puede obtener un tiempo de descomposición de pocas semanas si se trabaja con tecnologías que permitan tener la masa en descomposición en un recinto cerrado y en condiciones controladas de aireación, humedad y temperatura.[12]

#### A I.1.7. Digestión anaerobia

La energía y los constituyentes de la materia orgánica son transformados por los organismos heterótrofos. Este proceso conlleva la transformación de la materia orgánica en biomasa celular, en compuestos inorgánicos y en una mezcla de compuestos gaseosos, de los cuales el metano es el más importante.

El proceso llevado a cabo por estos microorganismos en condiciones controladas, en ausencia de oxígeno y nitratos, recibe el nombre de digestión anaerobia y como hemos mencionado con anterioridad, tiene un gran interés desde el punto de vista medio ambiental y económico[13].

La digestión anaerobia está caracterizada por la existencia de tres fases diferenciadas en el proceso de degradación del sustrato, hidrólisis, acidogénesis (formación de ácidos) y metanogénesis (formación de metano), interviniendo cinco poblaciones de bacterias. En la Figura I.1.5 se puede observar las bacterias que actúan en cada proceso con mayor detalle[2].

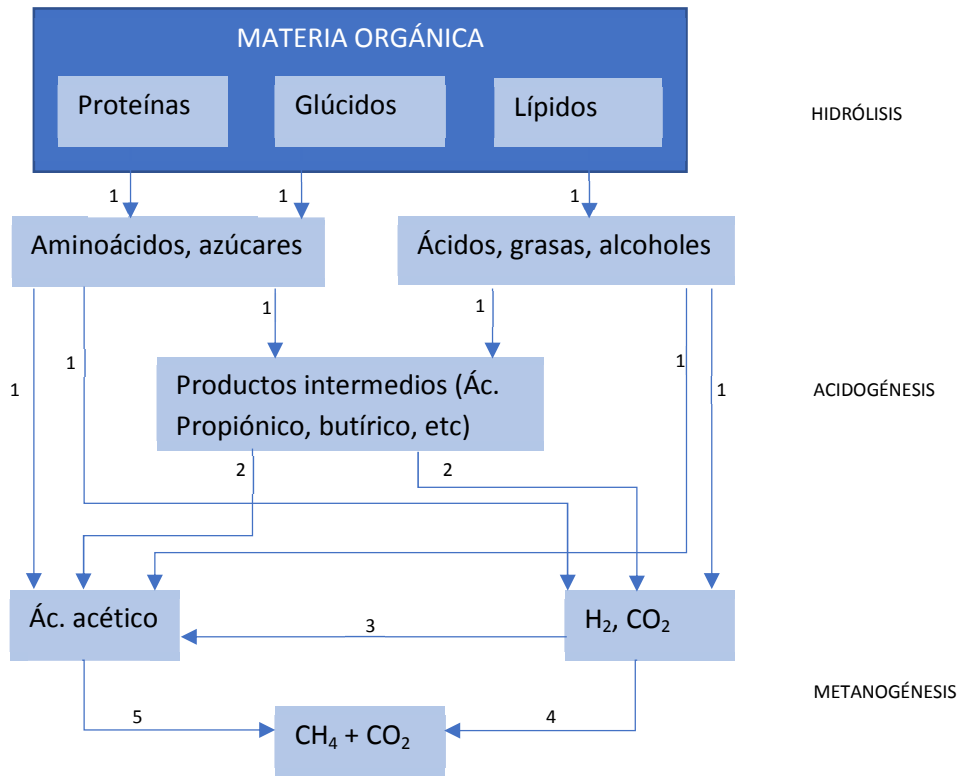


Figura I.1-5 Fases de la fermentación anaerobia y poblaciones bacterianas: 1) Hidrolíticas-acidogénicas; 2) Bacterias acetogénicas; 3) Bacterias homoacetogénicas; 4) Bacterias metanogénicas hidrogenófilas; 5) Bacterias metanogénicas acetoclásticas.

Es fundamental fijar una serie de parámetros de trabajo dentro del proceso de digestión anaerobia. Los más importantes, además del tiempo de retención, son el pH, así como el potencial redox y la temperatura de operación. Por supuesto, es esencial definir los nutrientes entrantes y el grado de agitación o turbulencia que se desea alcanzar[14].

Para caracterizar el biogás generado, además de la composición del mismo, se suelen emplear algunos parámetros como su poder calorífico inferior (PCI); el flujo de biogás volumétrico generado (Nm<sup>3</sup>/s); el flujo específico mediante su relación con el residuo entrante (Nm<sup>3</sup>/t<sub>seca</sub>).

Actualmente, esta tecnología se utiliza para el tratamiento de residuos agrícolas y ganaderos, fangos de depuradoras biológicas, residuos industriales orgánicos, aguas residuales y una fracción orgánica de residuos urbanos.

En este proyecto se propone la utilización de esta tecnología para tratar los productos orgánicos alimenticios caducados procedentes de la gran distribución. Para ello deben ser separados previamente en una planta de desenvasado.

## Anexo II

# Tecnologías de cogeneración

---

La cogeneración es la generación en un mismo proceso de energía eléctrica o mecánica y calor útil, y es aplicable fundamentalmente en las industrias que utilizan vapor y/o agua caliente para la generación de calor o frío en sus procesos.

El fomento de la cogeneración es una prioridad para la Unión Europea y sus Estados Miembros, debido a sus beneficios potenciales en lo que se refiere al ahorro de energía primaria, a la eliminación de pérdidas por transporte en la red y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, el uso eficaz de la energía mediante cogeneración contribuye eficazmente a la seguridad y diversificación del abastecimiento de energía, acercando la generación al punto de consumo, generando ventajas competitivas evidentes en la industria.

La cogeneración juega, por tanto, un rol clave en las estrategias energéticas europeas y nacionales ya que esta tecnología madura de producción de energía (eléctrica y térmica) contribuye directamente a los tres pilares fundamentales de la política europea: cambio climático, seguridad de suministro y competitividad.

La cogeneración en España cubre un 12% de la demanda eléctrica total con 6.200MW de potencia instalada, y supone un ahorro de 1.300GWh/año de pérdidas de red de distribución[15]. Adicionalmente, supone un ahorro de 20.000 GWh/año en compra de energía primaria para la producción de calor en calderas convencionales, y consecuentemente, supone un ahorro en emisión de gases de efecto invernadero del entorno de 5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año[16].

La bondad de la tecnología se mide por su eficacia o rendimiento, aunque es posible definir diferentes rendimientos en el proceso.

El rendimiento eléctrico es el cociente entre la energía eléctrica generada por la planta y la energía aportada por el combustible. Este es el único rendimiento a considerar en las centrales de producción de energía eléctrica[17]:

$$\eta_e = \frac{E}{Q} \quad \text{ec II.1}$$

Donde:

$\eta_e$  = Rendimiento eléctrico.

E = Energía eléctrica generada en un periodo, medida en bornes del alternador (KWh)

Q = Combustible consumido por la planta en KWh en términos de PCI.

En plantas de cogeneración, junto con este valor se utiliza el rendimiento global:

$$\eta_g = \frac{V + E}{Q} \quad ec II.2$$

Siendo:

$\eta_g$  = Rendimiento global.

V = Calor útil producido en kWh.

Desde el punto de vista legal se utiliza el rendimiento eléctrico equivalente. Se define según la siguiente fórmula:

$$\eta_{ee} = \frac{E}{Q - \frac{V}{0,9}} \quad ec II.3$$

Donde:

$\frac{V}{0,9}$  = combustible para generar V (kWh) de calor. Asumiendo que el rendimiento térmico de una caldera en la que se produjera el calor útil V es del 90%.

$Q - \frac{V}{0,9}$  = combustible atribuible a la generación de electricidad en una planta de cogeneración.

Este índice es uno de los principales parámetros de una planta de cogeneración. En España, para tener acceso al cobro de primas por generación eléctrica es necesario demostrar que la planta tiene un  $\eta_{ee}$  mínimo, dependiendo del combustible y la tecnología empleada

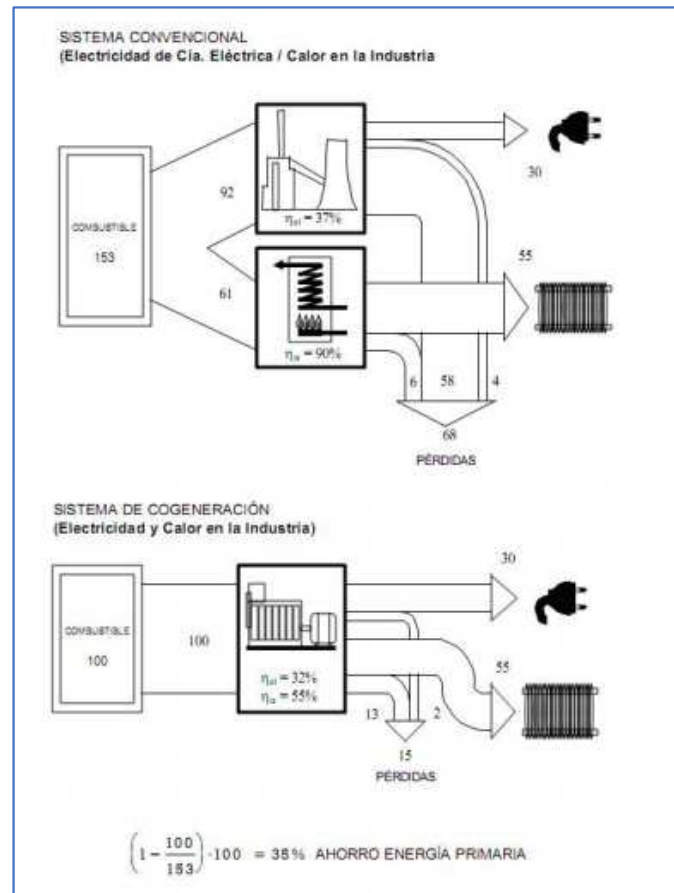


Figura III.1-1 Comparación de sistemas con y sin cogeneración

## A II.1. Cogeneración con turbina de gas en ciclo simple

En los sistemas con turbina de gas se quema combustible en un turbo generador. Parte de la energía se transforma en energía mecánica, que a su vez se transforma en energía eléctrica a través del acoplamiento de un generador eléctrico. Su rendimiento eléctrico es normalmente inferior al de los motores alternativos, pero presenta la ventaja de que permiten una recuperación fácil del calor, que se encuentra concentrado en los gases de escape a una temperatura de unos 500°C, idónea para la producción de vapor en una caldera de recuperación.

El ciclo consta de una turbina de gas y una caldera de recuperación, generándose vapor directamente a la presión de utilización en la planta de proceso asociada a la cogeneración. Su aplicación es adecuada para necesidades de vapor mayores de 10t/h. Son plantas de gran fiabilidad.



Si la demanda de vapor es mayor a la que pueden proporcionar los gases de escape, es posible producir una cantidad adicional utilizando un quemador de postcombustión, introduciendo combustible directamente a un quemador especial con el que cuenta la caldera.

En la figura II.1-1 se presenta un diagrama de proceso simplificado[17]:

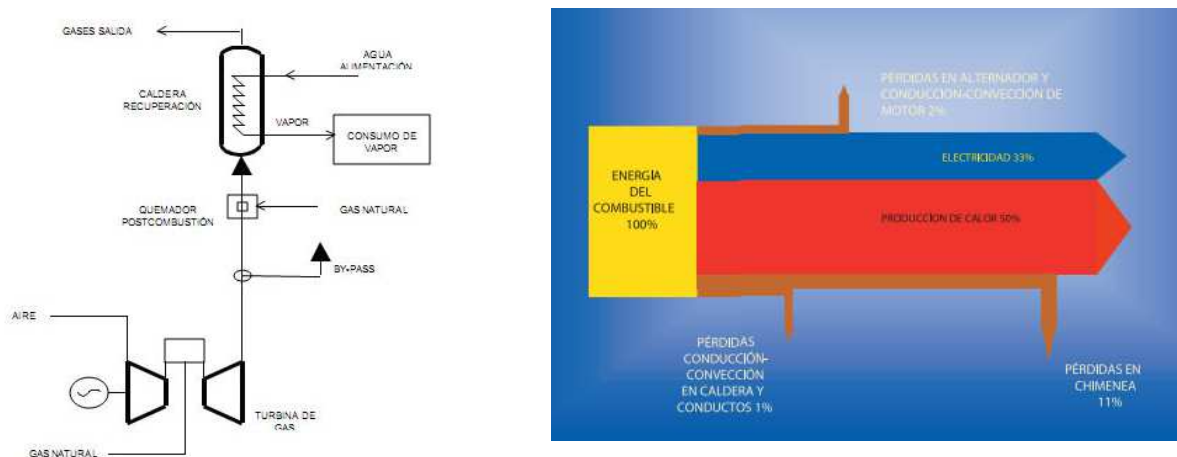


Figura II.1.1 Esquema de funcionamiento con diagrama Sankey: Cogeneración con turbina de gas en ciclo simple

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplia gama de aplicaciones.</li> <li>- Muy fiable.</li> <li>- Elevada temperatura de la energía térmica.</li> <li>- Rango desde 0,5 a 100 MW.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitación en los combustibles.</li> <li>- Tiempo de vida relativamente corto.</li> </ul>

Tabla II.1-1 Ventajas y desventajas de turbina de gas en ciclo simple

## A II.2. Cogeneración con turbina de vapor:

En estos sistemas, la energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. Actualmente, su aplicación ha quedado prácticamente limitada como complemento para ciclos combinados o en instalaciones que utilizan combustibles residuales, como biomasa y residuos.

Dependiendo de la presión de salida del vapor de la turbina, se clasifican en turbinas a contrapresión, donde esta presión está por encima de la atmosférica, y turbinas de condensación, en las cuales ésta está por debajo de la atmosférica y han de estar provistas de un condensador.[17]

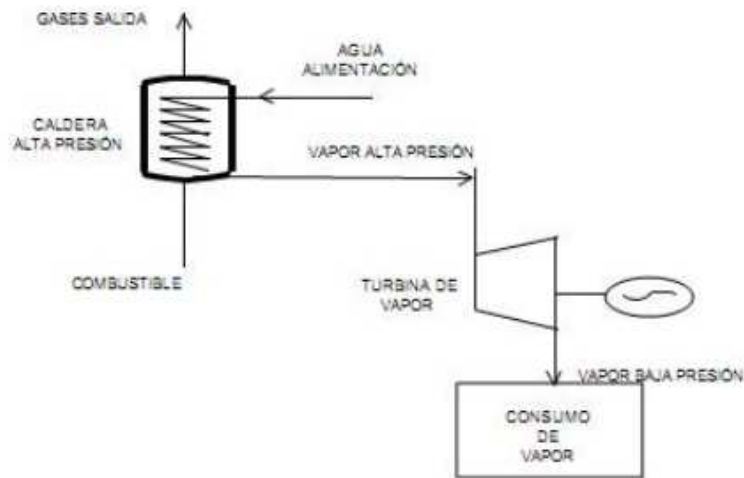


Figura II.2-1 Esquema de funcionamiento de turbina de vapor

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendimiento global muy alto.</li> <li>- Extremadamente segura.</li> <li>- Posibilidad de emplear todo tipo de combustibles.</li> <li>- Larga vida de servicio.</li> <li>- Amplia gama de potencias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja relación electricidad / calor.</li> <li>- No es posible alcanzar altas potencias eléctricas.</li> <li>- Puesta en marcha lenta.</li> <li>- Coste elevado.</li> </ul>

Tabla II.2-1 Ventajas y desventajas de la turbina de vapor

### A II.3. Cogeneración en ciclo combinado de gas:

La aplicación conjunta de una turbina de gas y una turbina de vapor es lo que se denomina ciclo combinado. Esta denominación proviene de que se combinan dos ciclos: el de gas (ciclo Bryton) y ciclo agua-vapor (ciclo Rankine).

Los gases de escape de la turbina de gas atraviesan la caldera de recuperación, donde se produce vapor de alta presión. Este vapor se expande en una turbina de vapor produciendo energía eléctrica adicional. La salida de la turbina de vapor será a baja presión pudiéndose aprovechar para procesos posteriores. En un ciclo combinado la selección de la presión y la temperatura del vapor se hace en función de las condiciones de los gases de escape de la turbina de gas y de las condiciones de vapor necesarias en la planta. Las turbinas de vapor del ciclo combinado pueden trabajar a condensación o a contrapresión.[17]

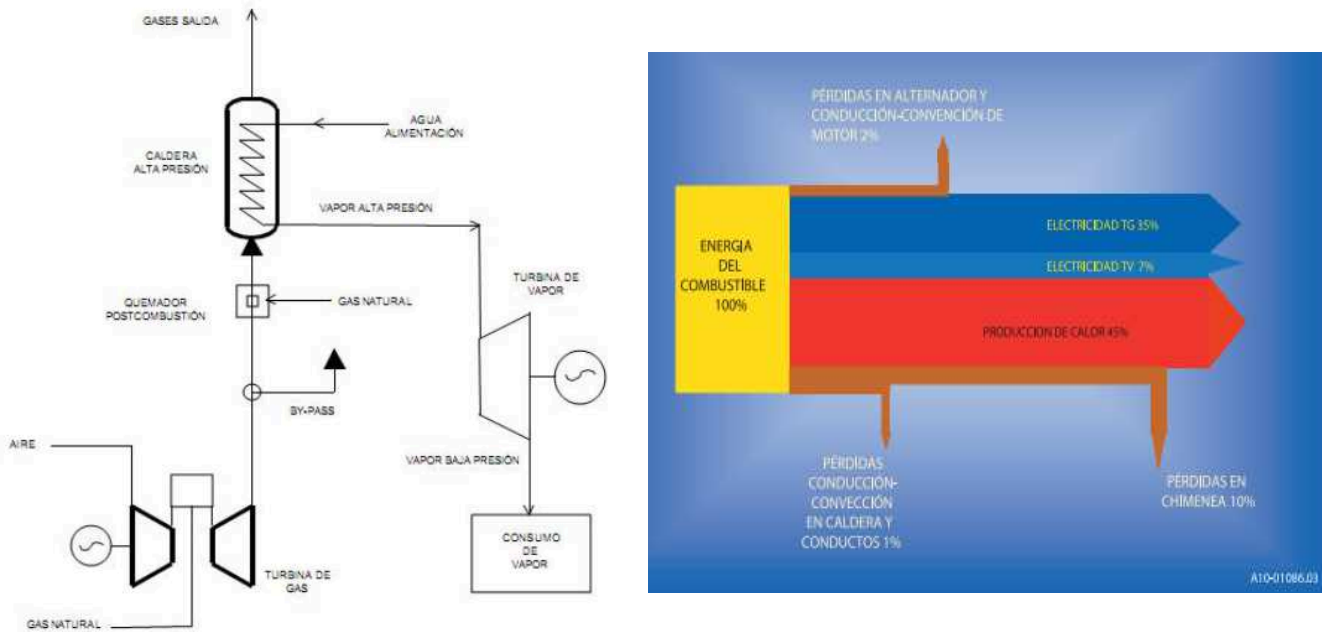


Figura II.3-1 Esquema de funcionamiento con diagrama Sankey: Cogeneración con turbina de ciclo combinado

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reúne las ventajas de la cogeneración con turbina de gas y de vapor.</li> <li>- Rendimiento más elevado de entre los sistemas propuestos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango de potencias aplicable elevado.</li> </ul>

Tabla II.3-1 Ventajas y desventajas de la turbina de ciclo combinado

## A II.4. Cogeneración con motor alternativo de gas o fuel en ciclo simple.

En general se basan en la producción de vapor a baja presión (hasta 10 bares) o aceite térmico y el aprovechamiento del circuito de agua de refrigeración de alta temperatura del motor. Son también adecuadas para la producción de frío por absorción.

Este tipo de instalaciones es conveniente para potencias bajas (hasta 15MWe), en las que la generación de energía eléctrica es muy importante en el peso del plan de negocio. Los motores de combustión son las máquinas térmicas que más rendimiento eléctrico alcanzan.

Existe la posibilidad de hacer un aprovechamiento directo de los gases de escape sin hacerlos pasar por una caldera de recuperación en aplicaciones tales como secaderos, aprovechando la entalpia de los gases de escape para calentar el aire de secado. [17]

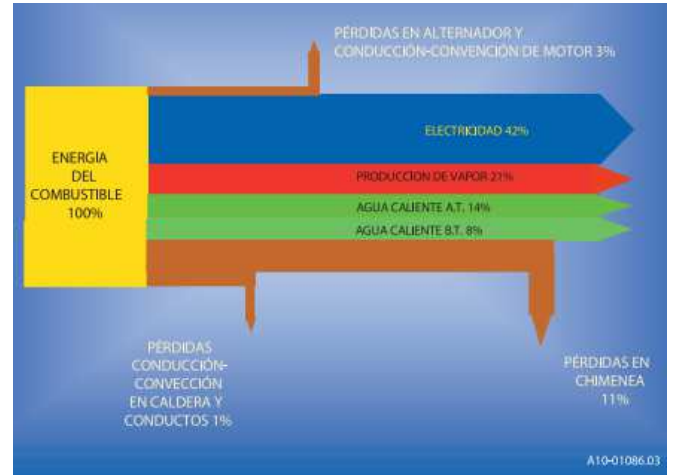
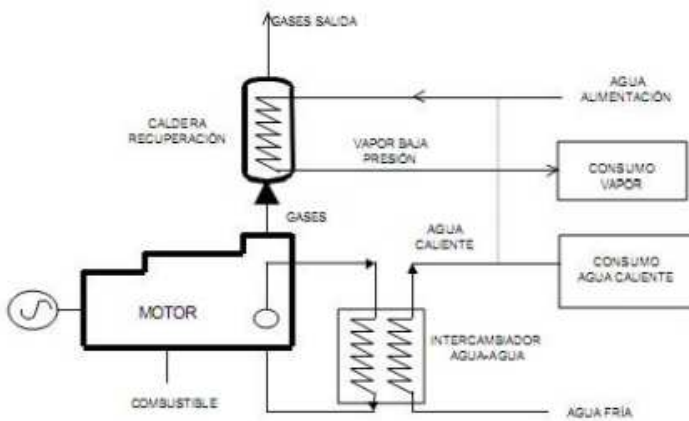


Figura II.4-1 Esquema de funcionamiento con diagrama Sankey: Cogeneración con motor alternativo de gas en ciclo simple

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada relación electricidad / calor.</li> <li>- Alto rendimiento eléctrico.</li> <li>- Bajo coste.</li> <li>- Tiempo de vida largo.</li> <li>- Capacidad de adaptación a variaciones de la demanda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto coste de mantenimiento.</li> <li>- Energía térmica muy distribuida y a baja temperatura.</li> </ul>

Tabla II.4-1 Ventajas y desventajas del motor alternativo de gas en ciclo simple

## Anexo III

# Simulación del proceso de obtención de biogás

---

Para la simulación del proceso se ha utilizado el programa SuperPro v9.0. Comparando los datos con distintos artículos científicos[18, 19], comprobando que los resultados obtenidos se encuentran en el mismo rango.

El digestor anaerobio producirá biogás las 24 horas del día durante todo el año exceptuando 14 días al año de parada por mantenimiento. Lo que hace un total de 351 días o 8.424 horas de funcionamiento al año.

Se ha simulado el proceso en modo continuo para obtener el modo de funcionamiento habitual al que se verá sometida la planta. En la Figura III.1 se puede observar un esquema del modelo que se ha creado.

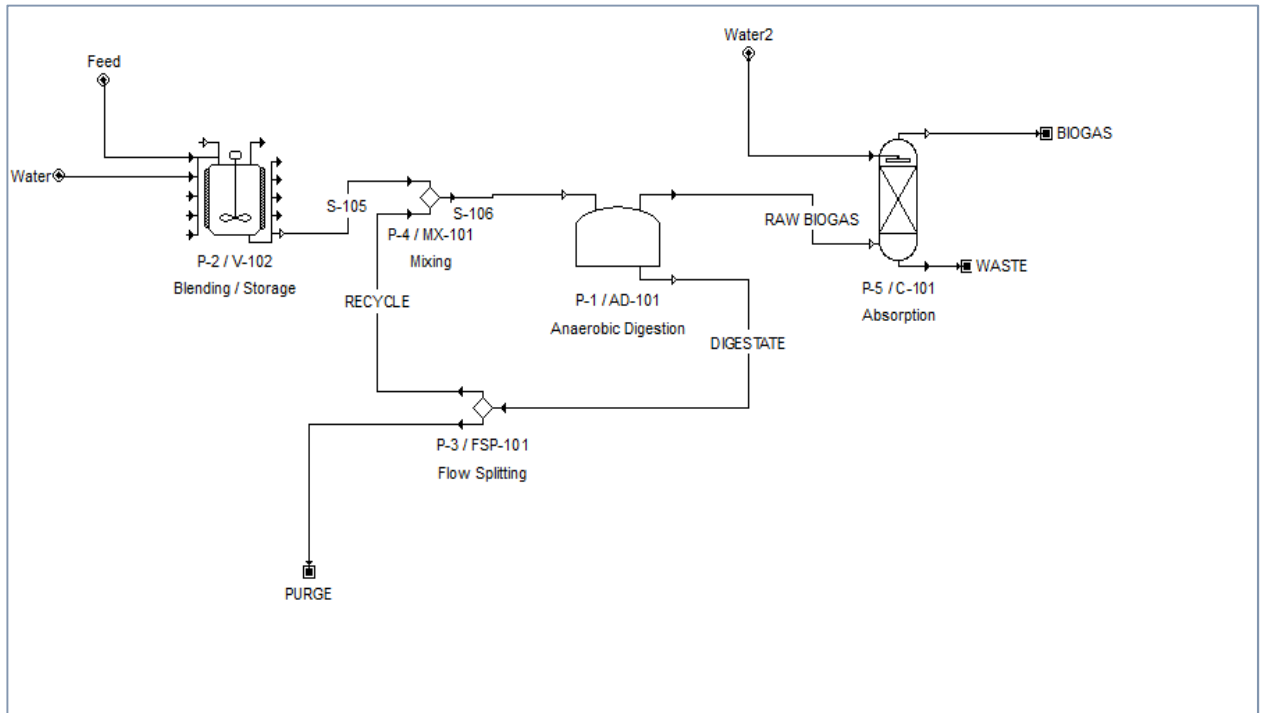


Figura III.1 Esquema de la planta de biometanización utilizado para la simulación

### A III.1. Composición de los materiales

Se han tomado valores de artículos científicos [14], adaptando la composición a las características de los materiales utilizados en este proyecto. En concreto en las Tablas III.1-1 a III.1.5 se puede ver la composición, y caudales calculados para las diferentes corrientes de la planta.

Componente	Flujo t/d	Composición en masa %	Concentración g/L
Carbohidratos	9.66	14.75	147.84
Grasas	2.62	4	40.09
Proteínas	2.77	4.25	42.59
Agua	50.46	77	771.79

Tabla III.1-1 Composición y caudales de la corriente de entrada a la planta de biometanización (feed en la figura III.1).

Tenemos un flujo de papilla orgánica de entrada al alimentador de 65,51 toneladas al día. Lo que corresponde con 23000 toneladas anuales

Componente	Flujo t/d	Composición en masa %	Concentración g/L
Amoniaco	0.172	0.13	0.53
Biomasa	4.04	3.08	3.73
Carbohidratos	10.27	7.84	12.35
Grasas	2.67	2.03	3.22
Proteínas	2.77	2.11	3.24
Agua	111.08	84.79	127.56

Tabla III.1-2 Composición de la materia entrante al reactor después de la etapa de reciclado

Se puede observar que la sequedad de la materia entrante al reactor es aproximadamente del 15%. El flujo de materia entrante al digester corresponde con aproximadamente 46.000 toneladas anuales atendiendo a los 351 días de funcionamiento al año.

Componente	Flujo t/d	Composición en masa %	Concentración g/L
Dióxido de carbono	8.40	31.64	0.23
Sulfuro de hidrógeno	0.57	2.16	0.016
Metano	17.58	66.18	0.50

Tabla III.1-3 Composición de producto gaseoso saliente del reactor ("Raw biogás")

Obtenemos un flujo resultante de 26.55 toneladas al día de biogás. En términos volumétricos, tenemos un caudal de 1279,27m<sup>3</sup>/h a 50°C y presión atmosférica. Para trabajar en condiciones normales, es decir, a 15°C y presión atmosférica, se trabaja con un caudal de 386,1 Nm<sup>3</sup>/h.

Componente	Flujo t/d	Composición en masa %	Concentración g/L
Amoniaco	0.28	0.27	0.61
Biomasa	6.42	6.17	14.27
Carbohidratos	0.97	0.93	1.26
Grasas	0.083	0.08	0.19
Agua	96.22	92.55	21.41

Tabla III.1-4 Composición del digestato total producido

Se obtiene un flujo de digestato de 103,97 toneladas diarias, lo que corresponde con aproximadamente 36.500 toneladas anuales. Para obtener un 15% de sequedad a la entrada del digester, se tendrá una recirculación de dicho digestato. El 63% de esta salida será devuelto al digester. Mientras que el 37% restante será purgado para su posterior tratamiento.

Componente	Flujo t/d	Composición en masa %	Concentración g/L
Dióxido de carbono	8.40	32.34	0.246
Sulfuro de hidrógeno	0.00058	0.0022	0.000017
Metano	17.58	67.65	0.516

Tabla III.1-5 Composición del biogás después de la absorción

El biogás producido pasa por una etapa de absorción para eliminar el sulfuro de hidrógeno ya que es de carácter corrosivo para el motor. El biogás sale de esta etapa con una temperatura de 50°C y a presión atmosférica.

## A III.2. Descripción de los elementos

- Alimentador (Blending/Storage): El alimentador aumenta la temperatura de la materia entrante desde los 15°C hasta los 55°C.

Parámetros de operación	Valor
Volumen	138 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	1 día
Volumen total manejado	103 m <sup>3</sup>
Temperatura de salida	55 °C

Tabla III.2-1 Datos del alimentador

- Digestor anaerobio: Se ha decidido trabajar con bacterias termófilas. Por eso se trabaja con una temperatura de 55°C y un tiempo de residencia de 8 días.

Parámetros de operación	Valor
Volumen	1320 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	8 días
Volumen total manejado	988 m <sup>3</sup>
Temperatura de salida	55 °C

Tabla III.2-2 Datos del digestor anaerobio

- Columna de absorción: Aquí se elimina gran parte del sulfuro de hidrógeno que se obtiene en el digestor.

Parámetros de operación	Valor
Volumen	157 m <sup>3</sup>
Absorción de H <sub>2</sub> S	99.9%
Agua utilizada	2.64 t/d
Temperatura del biogás de salida	49.4°C

Tabla III.2-3 Datos de la columna de absorción



Como se puede observar en la Figura III.2.1, se han diseñado el equipo de alimentación (P-2 V-102) y el digester anaerobio (P-1 AD-101) para que no sobrepasen el 80% de utilización de forma habitual. Se representan estos equipos porque son los que más problemas de capacidad pueden sufrir.

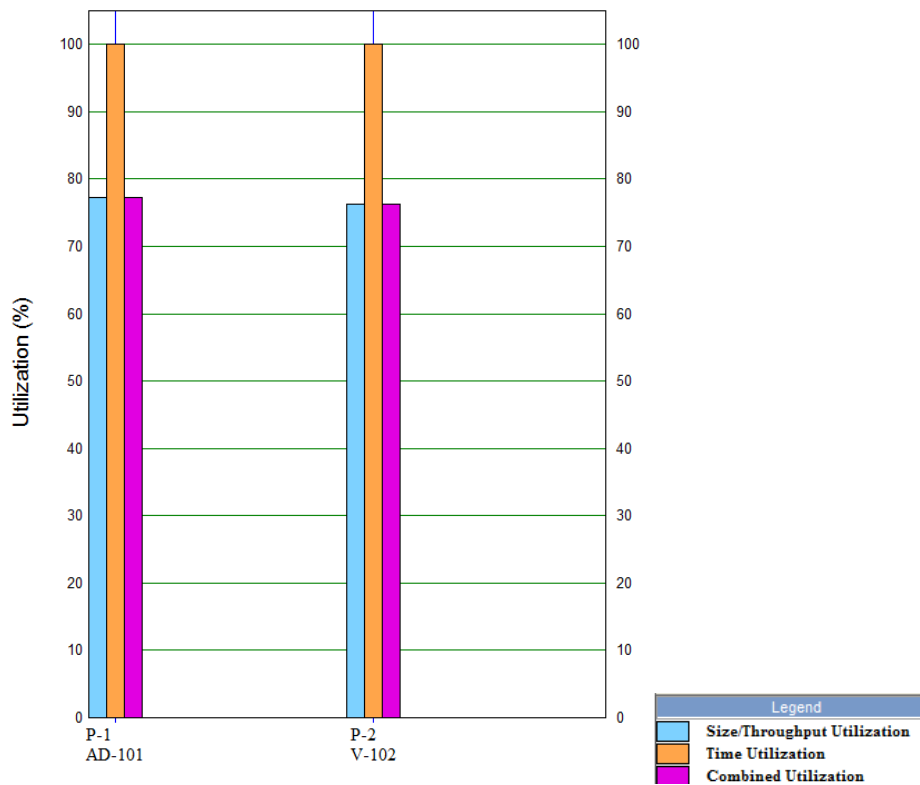


Figura III.2-1 Factor de utilización de la instalación

# Anexo IV

## Descripción de la demanda

En este anexo se describe la demanda de la industria cartonera a la que se va a abastecer.

### A IV.1. Demanda de energía eléctrica

En la Tabla IV.1-1 se describe la demanda eléctrica semanal de la industria para una semana representativa del año. Como se comenta en la memoria, estos datos han sido facilitados por la industria cartonera, la cual no podemos nombrar por confidencialidad

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
0:00	0,541	0,739	0,766	0,734	0,758	0,211	0,047
1:00	0,628	0,704	0,718	0,702	0,716	0,184	0,046
2:00	0,649	0,690	0,697	0,689	0,691	0,180	0,044
3:00	0,650	0,683	0,690	0,684	0,694	0,177	0,045
4:00	0,642	0,669	0,688	0,684	0,695	0,172	0,044
5:00	0,649	0,677	0,698	0,686	0,692	0,170	0,044
6:00	0,680	0,700	0,714	0,718	0,722	0,166	0,044
7:00	0,706	0,747	0,775	0,783	0,776	0,202	0,050
8:00	0,831	0,861	0,895	0,908	0,964	0,362	0,064
9:00	0,875	0,909	0,921	0,955	1,005	0,390	0,076
10:00	0,887	0,919	0,939	0,961	0,990	0,396	0,089
11:00	0,892	0,907	0,937	0,959	0,981	0,397	0,088
12:00	0,892	0,916	0,926	0,960	0,979	0,390	0,089
13:00	0,902	0,928	0,949	0,962	0,985	0,384	0,088
14:00	0,909	0,938	0,959	0,961	0,988	0,369	0,081
15:00	0,927	0,945	0,987	0,959	0,988	0,281	0,070
16:00	0,920	0,938	0,982	0,971	0,944	0,092	0,064
17:00	0,945	0,955	0,989	0,990	0,957	0,087	0,063
18:00	0,961	0,980	1,001	0,996	0,943	0,077	0,062
19:00	0,965	0,982	0,978	0,993	0,964	0,077	0,063
20:00	0,948	0,977	0,972	1,000	0,950	0,065	0,060
21:00	0,952	0,964	0,966	0,978	0,944	0,052	0,055
22:00	0,928	0,945	0,944	0,942	0,881	0,050	0,049
23:00	0,893	0,905	0,875	0,882	0,680	0,049	0,103

Tabla IV.1-1 Descripción de la demanda de la Industria cartonera en MWe

En la Figura IV.1-1 se representa la Tabla IV.1-1 de demanda que hemos visto.

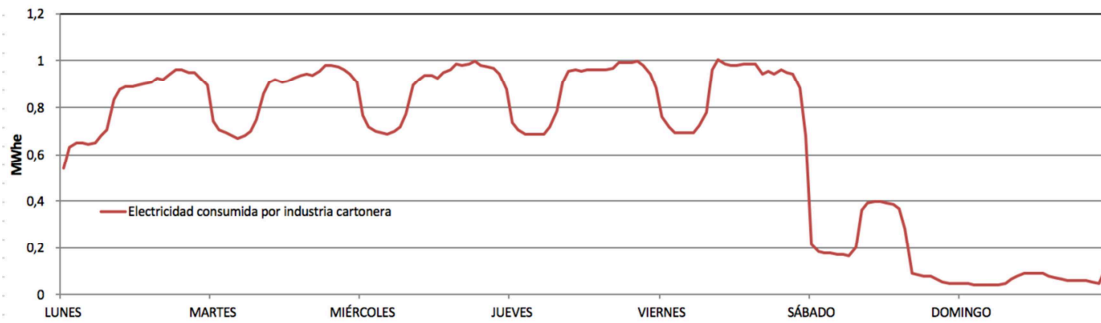


Figura IV.1-1 Curva de carga de la energía eléctrica demandada por la industria cartonera

Para los cálculos económicos es muy importante definir los periodos tarifarios que sigue la industria ya que de ello depende el precio por el que se va a vender la energía eléctrica. En la tabla IV.1-4 se definen dichos periodos tarifarios.

La industria tiene contratada la tarifa 6.1 A de 1 a 30 kV, la cual se divide en 6 periodos tarifarios con sus correspondientes costes fijos, peajes de acceso y costes por autoconsumo. [15]

En la siguiente tabla se puede ver el precio regulado por contratación de potencia y el correspondiente a peajes de acceso de la tarifa mencionada.

Tº de Potencia 2017 (€/kWh) peajes 6.1 A		ATR PEAJES 6.1 A 2017 (€/MWh)	
Periodo 1	39,139427	Periodo 1	26,674
Periodo 2	19,586654	Periodo 2	19,921
Periodo 3	14,334178	Periodo 3	10,615
Periodo 4	14,334178	Periodo 4	5,283
Periodo 5	14,334178	Periodo 5	3,411
Periodo 6	6,540177	Periodo 6	2,137

Tabla IV.1-2 Precio regulado por contratación de potencia de la tarifa 6.1 A[15]

La tarifa 6,1 A también aplica precios por autoconsumo, los cuales se muestran en la tabla IV.1-3

Tº FIJO CARGOS AUTOCONSUMO 2017, PEAJES 6.1 (€/kW)		Tv CARGOS AUTOCONSUMO 2017 PEAJES 6.1 A (€/MWh)	
Periodo 1	22,169359	Periodo 1	11,775
Periodo 2	7,844864	Periodo 2	11,336
Periodo 3	9,790954	Periodo 3	7,602
Periodo 4	11,926548	Periodo 4	9,164
Periodo 5	14,278122	Periodo 5	9,986
Periodo 6	4,882162	Periodo 6	6,72

Tabla IV.1-3 Precios por autoconsumo de la tarifa 6.1A[15]



HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO 1Q	JUNIO 2Q	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7:00	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8:00	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
9:00	2	2	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	2
10:00	1	1	4	5	5	3	2	2	6	3	5	4	1
11:00	1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
12:00	1	1	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	1
13:00	2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
14:00	2	2	4	5	5	3	1	1	6	3	5	4	2
15:00	2	2	4	5	5	4	1	1	6	4	5	4	2
16:00	2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
17:00	2	2	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	2
18:00	1	1	3	5	5	4	1	1	6	4	5	3	1
19:00	1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
20:00	1	1	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	1
21:00	2	2	3	5	5	4	2	2	6	4	5	3	2
22:00	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2
23:00	2	2	4	5	5	4	2	2	6	4	5	4	2

Tabla IV.1-4 Periodos tarifarios correspondientes a la tarifa 6.1 A de la Industria cartonera

## A IV.2. Demanda de energía térmica

Del mismo modo se describe la demanda de la energía térmica que nos proporciona la industria cartonera. En la tabla IV.2-1 se puede observar la semana representativa de la demanda de la industria del año con sus consumos por hora.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
0:00	0,724	0,991	1,027	0,984	1,016	0,283	0,063
1:00	0,842	0,943	0,962	0,941	0,959	0,246	0,062
2:00	0,869	0,924	0,934	0,923	0,926	0,241	0,059
3:00	0,871	0,914	0,925	0,917	0,930	0,237	0,060
4:00	0,861	0,897	0,922	0,917	0,931	0,231	0,059
5:00	0,869	0,907	0,936	0,919	0,927	0,227	0,059
6:00	0,911	0,938	0,957	0,962	0,968	0,223	0,059
7:00	0,946	1,001	1,038	1,049	1,040	0,271	0,067
8:00	1,113	1,153	1,199	1,217	1,292	0,485	0,085
9:00	1,172	1,217	1,234	1,279	1,346	0,522	0,102
10:00	1,189	1,232	1,258	1,287	1,326	0,530	0,119
11:00	1,194	1,215	1,256	1,284	1,315	0,532	0,118
12:00	1,195	1,227	1,241	1,286	1,311	0,522	0,119
13:00	1,208	1,244	1,271	1,289	1,319	0,515	0,118
14:00	1,218	1,257	1,285	1,287	1,324	0,495	0,108
15:00	1,243	1,266	1,322	1,285	1,323	0,376	0,094
16:00	1,233	1,257	1,316	1,301	1,265	0,123	0,085
17:00	1,266	1,279	1,325	1,327	1,282	0,116	0,084
18:00	1,288	1,313	1,342	1,334	1,263	0,104	0,083
19:00	1,293	1,315	1,310	1,331	1,291	0,103	0,084
20:00	1,270	1,309	1,303	1,340	1,273	0,087	0,080
21:00	1,275	1,291	1,294	1,310	1,264	0,070	0,073
22:00	1,243	1,266	1,265	1,262	1,181	0,067	0,066
23:00	1,196	1,212	1,172	1,182	0,911	0,066	0,138

Tabla IV.2-1 Descripción de la demanda de la Industria cartonera en MW térmicos

Los valores de la tabla IV.2-1 se representan en la figura IV.2-2 para que resulte más fácil de ver.

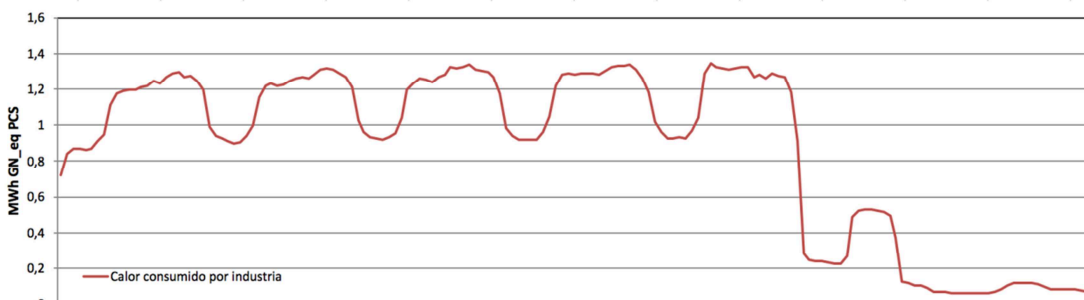


Tabla IV.2-2 Curva de carga de la energía térmica demandada por la industria cartonera

En cuanto a la tarifa de gas natural, la industria dispone de la tarifa 2.3 ya que la industria tiene un consumo de 7,541 GWh/año. En consecuencia, los precios fijos y variables se pueden ver en la Tabla IV.2-3.

Peaje 2 (4 bar <math>P \leq 60 \text{ bar}</math>)	Término fijo c€/kWh día/mes	Término variable c€/kWh
<b>2.3</b> 5 < Consumo $\leq$ 30 GWh/año	4,4971	0,1249

Tabla IV.2-3 Costes de la tarifa 2.3 de gas natural

# Anexo V

## Cálculos de la instalación eléctrica

---

### A V.1. Cálculo de corrientes de cortocircuito

Comenzaremos calculando las corrientes de cortocircuito en los puntos más desfavorables de la instalación. Se entiende que ni la industria cartonera ni el autoconsumo de la planta inyectan potencia al sistema de una forma significativa. Porque los generadores inyectan, aunque menos del 1% de la potencia de cortocircuito.

Mediante este criterio, se define una sección para que el cable no sufra deterioro durante el tiempo que dure el circuito hasta que actúen las correspondientes protecciones, para mitigar las consecuencias de dicho efecto.

Seguidamente se describen las características de los componentes del esquema unifilar que interfieren en el cálculo:

- Generadores (valores para cada uno de los dos generadores):

Potencia activa (P): 697 kW

Tensión nominal: (U): 400 V, es también la tensión base con la que se calcula la reactancia transitoria longitudinal en por unidad.

Reactancia transitoria longitudinal ( $\chi'_d$ ): 0,09 p.u.

Factor de potencia medio ( $\cos\varphi$ ): 0,8

Potencia aparente (P/  $\cos\varphi$ ):  $S_{B,gen} = 871$  kVA

- Líneas (BT, MT). Cable unipolar de cobre, agrupado en ternas, de sección 240 mm<sup>2</sup>. Dado que las longitudes de los tramos de dichas líneas eléctricas, son mucho menores al km, se considera despreciable dichos valores de resistencias y reactancias, a la hora del estudio del modelo, para el cálculo de las corrientes de cortocircuito.



- Transformadores, relación de transformación 15/0,4 kV (valores para cada uno de los dos transformadores):

Tensión de cortocircuito (u%) = 6%

- Red

Potencia de cortocircuito,  $S_{cc} = 200$  MVA que es la que nos ha dado la compañía en el punto de conexión.

Tensión  $U = 15$  kV

Para realizar los cálculos de cortocircuito, se cambiarán los valores al sistema en por unidad. Para ello es necesario establecer una potencia base  $S_B = 200$  MVA y tantas tensiones de base como niveles de tensión tengamos en el sistema. Tendremos una tensión de base para el nivel de media tensión  $U_{B1} = 15$  kV y una tensión de base correspondiente al nivel de baja tensión  $U_{B2} = 400$  V.

A continuación, se calculan las reactancias en por unidad del sistema.

- Generadores: Para calcular la reactancia transitoria longitudinal por unidad en la base del sistema será necesario cambiar el valor de la reactancia de la base del generador a la nueva base. Al estar en el lado de baja tensión, la tensión base será de 400 V.

$$x'_{d(p.u)} = x'_{d.gen(p.u)} * \frac{U_{B.gen}^2}{U_{B2}^2} * \frac{S_B}{S_{B.gen}} \quad ec V. 1.1$$

Con esta expresión, la reactancia nos queda de la siguiente manera:

$$x'_{d(p.u)} = 0,09 * \frac{400^2}{400^2} * \frac{200 * 10^6}{871 * 10^3} = 20,66 p.u$$

- Transformadores: En este caso, como sabemos que la reactancia es igual al valor en porcentaje de la tensión de cortocircuito, si atendemos a la ecuación V.1.1, obtenemos lo siguiente. Elegimos hacer los cálculos con la tensión de base del lado de baja tensión.

$$x_{trafo(p.u)} = \frac{6}{100} * \frac{400^2}{400^2} * \frac{200 * 10^6}{1 * 10^6} = 12 p.u$$

- Red: la red tiene una potencia de cortocircuito de 200 MVA igual a la potencia que se ha tomado como base y una tensión de 15 kV ya que está en el nivel de media tensión. Por lo que su reactancia tendrá un valor de 1 p.u.

En la Figura V.1-1 se representa el esquema simplificado para el cálculo de las corrientes de cortocircuito. Tal y como se puede ver, se realizarán en tres puntos diferentes para tener en cuenta todas las posibilidades.

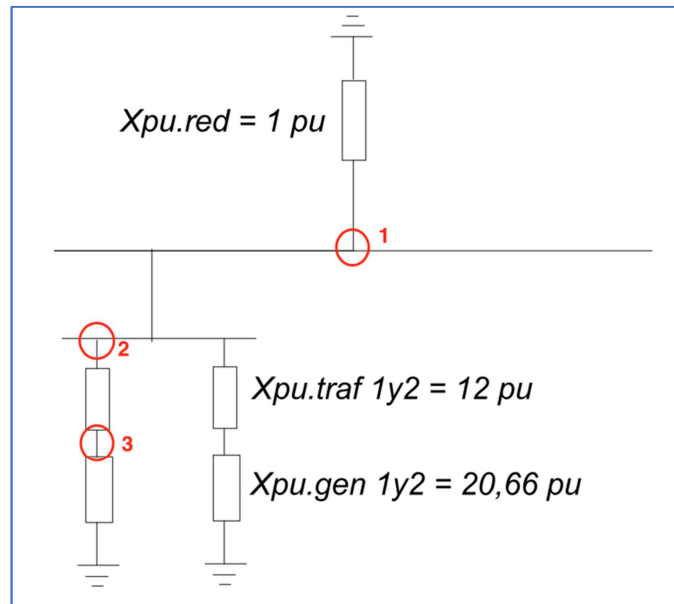


Figura V.1-1 Esquema para el cálculo de corrientes de cortocircuito

- Punto 1: Si se produce una falta en este punto, lo único que interviene es la potencia que inyecta la red que obtenemos de la ecuación V.1.2 y la reactancia equivalente que interviene corresponde a la de la red.

$$S_{cc} = \frac{S_B}{x_{eq}} = 200 MVA \quad \text{ec V. 1.2}$$

Para calcular la corriente de cortocircuito en este punto utilizaremos la ecuación V.1.3, en la que el factor de tensión  $c$ , que se define como la relación entre la fuente de tensión equivalente y la tensión nominal del sistema dividida por  $\sqrt{3}$ , tiene un valor de 1,1 en media tensión ( $U=15$  kV).

$$I_{cc} = c * \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U} \quad \text{ec V. 1.3}$$

$$I_{cc} = 1,1 * \frac{200 MVA}{\sqrt{3} * 15 kV} = 8,567 kA$$

Se puede ver que el valor de esta corriente es notablemente menor a los 16 kA que soportan las celdas del centro de transformación.

- Punto 2: El cortocircuito se produce en la entrada a uno de los transformadores. En este caso, el generador que no sufre el cortocircuito podría inyectar potencia, por lo que hay que tenerlo en cuenta. La reactancia equivalente se calcula como el equivalente serie de las reactancias del transformador y generador que inyectan potencia. Luego hay que hacer el equivalente paralelo del resultado anterior con la reactancia de la red. Con esto, obtenemos una reactancia equivalente de 0,97 p.u. Observamos que la tensión es de 15 kV y el coeficiente  $c$  sigue siendo 1,1 al estar en media tensión.

Por lo que atendiendo a la ecuación 5.3.2 obtenemos una potencia de cortocircuito de 206,2 MVA. De esta manera y operando con la ecuación V.1.3 obtenemos una corriente de cortocircuito de 8,730 kA

Se observa que la intensidad de cortocircuito es sensiblemente mayor a la del primer punto ya que como se ha mencionado con anterioridad, el generador inyecta potencia. Aun así, el valor sigue siendo muy inferior a los 16 kA de las celdas del centro de transformación.

- Punto 3: En este caso, el valor de esta corriente será el que se utilice para el dimensionado del cableado de conexión entre el generador y el transformador. Hay que atender a que ahora la tensión es de 400 V y el factor de tensión  $c$  vale en este caso 1,05 al estar en baja tensión.

De la misma manera que en el punto anterior, el generador que no está cortocircuitado inyecta potencia al punto de estudio. La reactancia equivalente se calcula de la misma manera que en el punto 2 pero hay que añadir el equivalente serie con la reactancia del transformador. Por lo que obtenemos un valor de 12,97 p.u. De esta forma y atendiendo a la ecuación V.1.2 la potencia de cortocircuito en este punto es de 15,42 MVA

La corriente de cortocircuito queda en este caso de la siguiente manera:

$$I_{cc} = 1,05 * \frac{15,42 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V}} = 23,370 \text{ kA}$$

Una vez tenemos calculadas las corrientes de cortocircuito, se procede al dimensionamiento de los cables que necesitamos mediante los tres criterios ya mencionados. Se comenzará dimensionando los cables de media tensión y seguidamente se realizará las comprobaciones necesarias de los cables de baja tensión.

## A V.2. Conexión con el centro de transformación de la industria cartonera

Se parte de la base que el cable de conexión con la industria cartonera es ya existente. Es una línea subterránea de 50 metros, enterrada a 0,8 metros de profundidad y tiene un cable por fase de aluminio de tensión nominal 12/20 kV, de 240 mm<sup>2</sup> de sección y con aislamiento XLPE.

A continuación, se comprobará que cumple con los criterios mencionados. Dado que la longitud de la línea es notablemente menor que el kilómetro, no se tendrá en cuenta la resistividad del cable. Por lo que se omitirá el criterio de caída de tensión.

### A V.2.1. Intensidad permanente o de larga duración

A la salida del centro de transformación tendremos un conductor por fase por los que circulará la siguiente intensidad  $I_{dim}$ :

$$I_{dim} = \frac{S_{c.T}}{U * \sqrt{3}} \quad ec V. 2.1$$

$$I_{dim} = \frac{2000 \text{ kVA}}{15 \text{ kV} * \sqrt{3}} = 77 \text{ A}$$

Donde  $S_{c.T}$  es la potencia del centro de transformación que es igual a 2000 kVA y U es la tensión en el punto de estudio que corresponde con 15 kV.

Atendiendo a la tabla 6 de la ITC-LAT 06, que se equivale a la Tabla V.2-1 del documento, la intensidad máxima admisible en servicio permanente para el cable de aluminio de 240 mm<sup>2</sup> es de 345 A.

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Tabla V.2-1 Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Se puede observar que la intensidad de dimensionamiento es mucho menor que la máxima permitida. Por lo que el cable proporcionado cumple con este criterio.

#### A V.2.1.1. Cortocircuito o intensidad de corta duración

Anteriormente hemos obtenido una corriente de cortocircuito en el punto que correspondería con la conexión al centro de transformación de la industria de 8,730 kA. Con lo que ahora calcularemos la intensidad de cortocircuito que aguanta el cable seleccionado en una falta de un segundo y comprobaremos que la intensidad de cortocircuito real es menor.

La intensidad de cortocircuito de dimensionamiento se calcula de la siguiente forma.

$$I_{cc.dim} = \frac{S * K}{\sqrt{t_{cc}}} \quad \text{ec V. 2.2}$$

$$I_{cc.dim} = \frac{240 * 94}{1} = 22560 \text{ A}$$

Donde S es la sección del conductor en mm<sup>2</sup>, K es un coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito. Que para un conductor de aluminio de estas características y un tiempo de cortocircuito t<sub>cc</sub> igual a la unidad, vale 94. Tal y como se puede ver en la tabla V.2-2 de la ITC-LAT 06.

Tipo de aislamiento	Δθ* (K)	Duración del cortocircuito, t <sub>cc</sub> , en segundos													
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0				
PVC:															
sección ≤ 300 mm <sup>2</sup>	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43				
sección > 300 mm <sup>2</sup>	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39				
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54				
HEPR U <sub>0</sub> /U ≤ 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51				

Tabla V.2-2 Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm, para conductores de aluminio

Observamos que la intensidad de cortocircuito que se había calculado es mucho menor a la de dimensionamiento. Por lo que también cumpliría con este criterio.

Con esto se puede afirmar que se puede instalar el cable proporcionado: 12/20 kV 1x240 mm<sup>2</sup> XLPE.

#### A V.2.2. Conexión de los generadores con el centro de transformación

Se decide la utilización de una línea trifásica subterránea en atarjeas desde el grupo de cogeneración hasta el centro de transformación. Formado por una terna de cables unipolares, distribuidos en bandejas escalera. Cuya separación es mayor o igual a dos veces su diámetro. Están formados por cobre y aislamiento XLPE.

#### A V.2.2.1. Caída de tensión

Es el criterio mediante el cual se especifica que la variación de tensión entre el generador y el receptor no debe superar un valor determinado, con el fin de que el receptor funcione a la tensión adecuada, calculando la sección que como mínimo ha de tener el conductor.

Los valores de caída de tensión que se permiten en este proyecto se expresan en tanto por ciento respecto del valor de la tensión nominal. En el tramo de estudio, el rango admisible de caída de tensión es del 0,5% al 1%.

Utilizando el modelo de línea trifásica resistiva pura que se conecta una carga inductiva, la caída de tensión ( $\Delta v\%$ ) viene representada por la ecuación V.2.3:

$$\Delta v\% = \frac{100 * \sqrt{3} * \rho * l * I * \cos\varphi}{s * U} \quad \text{ec V. 2.3}$$

Siendo  $\rho$  la resistividad del cable en cuestión, en este caso, la resistividad del Cobre (1/56),  $l$ : la longitud del cable, 40 metros,  $I$ : la intensidad nominal en este caso de un grupo de la planta de cogeneración, 1257 A,  $U$ : la tensión menor en el tramo de estudio, es decir, la tensión de generación eléctrica del generador del grupo de cogeneración, 400 V, y  $\Delta v\%$  caída de tensión en el tramo de estudio, la más restrictiva del 0,5%.

Sustituyendo valores en la ecuación anterior, obtenemos una sección mínima de 622,05 mm<sup>2</sup> por fase. Por lo que la sección normalizada más próxima, considerando tres conductores por fase es de 240 mm<sup>2</sup>, ya que:

$$3 * 240 = 720 \geq 622,05 \text{ mm}^2$$

#### A V.2.2.2. Intensidad permanente o de larga duración

La intensidad máxima generada es de 1257 A tal y como se puede ver en el Anexo VII. Por lo que la intensidad que tiene que aguantar el cable será mayor o igual a 1,25 (por ser motor-generador) veces la intensidad máxima, teniendo en cuenta los factores de agrupación si los hubiera.

$$I_{max} = 1,25 * I_n \rightarrow I_{max} = 1571,25 \text{ A} \quad \text{ec V. 2.4}$$







Sección nominal mm <sup>2</sup>	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

- Temperatura del aire: 40°C
- Un cable trifásico al aire o un conjunto (terna) de cables unipolares en contacto mutuo.
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire.
- (1) Incluye el conductor neutro, si existiese.

**Tabla V.2-3 Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas (temperatura ambiente 40°C)**

Atendiendo a la tabla 12 de la ITC-BT-07, numerada en este documento como Tabla V.2-3, por la que se define la Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre en instalación al aire en galerías ventiladas o en este caso atarjeas. Se puede observar que se necesitarán como mínimo tres conductores de 240 mm<sup>2</sup> por fase.

Hay que tener en cuenta el factor de agrupamiento que supone tener tres conductores por fase. Por lo que se recurre a la tabla 14 de la ITC-BT-07. Tabla V.2-4 en este trabajo.

Tipo de instalación		Nº de bandejas	Nº de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)		1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,90	0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	0,95	0,85	-	Tres cables en capa vertical
		2	0,90	0,85	-	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,95	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	1,00	0,90	0,90	
		2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	1,00	1,00	1,00	
		2	0,95	0,95	0,95	
		3	0,95	0,95	0,90	

NOTAS:

- (1) Incluye además el conductor neutro, si existiese.
- (2) Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, a los efectos de la aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.
- (3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
- (4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm., estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores.

Tabla V.2-4 Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares instalados al aire

Se ha definido la instalación en bandejas escalera, cuyos conductores estén separados al menos dos veces su diámetro. Por lo que corresponde con un factor de agrupación igual a 1 con tres conductores por fase. La intensidad de dimensionamiento queda de la ecuación V.2.5.

$$I_{dim} = n^{\circ}_{cables} * I_{tabla} * f_{agrupamiento} \geq I_{max} \quad ec V. 2.5$$

$$I_{dim} = 3 * 535 * 1 = 1605 \geq 1571,25 A$$

Con esto sería suficiente tres conductores por fase de 240 mm<sup>2</sup>, pero estarían trabajando constantemente a casi un 98% de su capacidad. Por este motivo se elige dimensionar este punto con 4 conductores por fase de 240 mm<sup>2</sup>.

#### A V.2.2.3. Cortocircuito o intensidad de corta duración

Para el dimensionado del cable según el criterio de cortocircuito se acude a la Norma UNE-EN 20460-90, en la cual se calcula la sección necesaria S en mm<sup>2</sup> a partir de la siguiente expresión.

$$S \geq \frac{I_{cc} * \sqrt{t}}{k} \quad ec V. 2.6$$



Donde  $I_{cc}$  es la corriente de cortocircuito existente,  $t$  corresponde con el tiempo de actuación de las protecciones que es de 0,5 segundos y  $k$  es una constante definida en la ya nombrada Norma cuyo valor para cable de cobre y con aislamiento XLPE es de 135.

Atendiendo a esto, la sección debe ser mayor que  $122,4 \text{ mm}^2$  por lo que valdría con un conductor por fase de  $150 \text{ mm}^2$ .

Atendiendo a los resultados el criterio más desfavorable es el térmico. Por lo que pondremos 4 conductores por fase de  $240 \text{ mm}^2$  de sección. Luego el cable que se va a elegir por fase es: **XLPE 0,6/1kV 4×240 + 2×240 mm<sup>2</sup> Cu.**

### A V.3. Instalación de puesta a tierra

En el presente proyecto se pueden distinguir dos instalaciones de puesta a tierra. La instalación de puesta a tierra del centro de transformación que seguirá las normas UNESA y la del edificio de la planta de biometanización que seguirá el Reglamento de Baja Tensión.

#### A V.3.1. Puesta a tierra del centro de transformación

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores. Por lo que se estima la resistividad media  $R_0$  en  $150 \Omega \cdot \text{m}$ .

Los datos que necesitamos para realizar el cálculo de la instalación de puesta a tierra son los siguientes:

- Tensión nominal de servicio  $U = 15 \text{ kV}$
- Neutro aislado por lo que tanto la longitud de líneas aéreas ( $L_a$ ) como la longitud de líneas subterráneas ( $L_c$ ) las podemos estimar en 10 km
- Capacidad de las líneas aéreas  $C_a = 0,006 \text{ mF/km}$
- Capacidad de líneas subterráneas  $C_c = 0.250 \text{ mF/km}$
- La Intensidad máxima se fija en 50 A
- El nivel de aislamiento en baja tensión  $V_{bt}$  es de 8000 V
- La pulsación del sistema se representa con  $\omega$  y su valor es  $2 \cdot \pi \cdot \text{frecuencia}$  (50Hz)

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del edificio no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.

En el caso de neutro aislado de media tensión, la intensidad de defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} * U_n * (w * C_a * L_a + w * C_c * L_c)}{\sqrt{1 + (w * C_a * L_a + w * C_c * L_c)^2 * (3 * R_t)^2}} \quad \text{ec V. 3.1}$$

La configuración para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70/25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 7.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

El electrodo elegido tiene las siguientes características:

- De la resistencia  $K_r = 0,084$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0186$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0409$

Para el cálculo de la resistencia de tierra  $R_t$ , utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_t = K_r * R_o \quad \text{ec V. 3.2}$$

De aquí obtenemos una resistencia de puesta a tierra de 12,6  $\Omega$ . Una vez obtenido este valor, atendiendo a la ecuación V.3.1 obtenemos una intensidad de defecto de 10 A.

El siguiente paso será calcular las tensiones de paso y contacto. La primera representa la diferencia de tensión en la superficie, experimentada por una persona con los pies separados una distancia de un metro y sin estar en contacto con ningún objeto aterrizado. Mientras que la tensión de contacto representa la diferencia de tensión entre el centro de transformación y la tensión en la superficie en el punto en donde una persona se para, mientras al mismo tiempo tiene sus manos en contacto con una estructura puesta a tierra.

Calcularemos las tensiones de paso y contacto máximas y posteriormente se comprobará que estas son mayores a las reales. Para ello se comienza calculando la tensión de defecto de la siguiente forma

$$V_d = I_d * R_t \quad \text{ec V. 3.3}$$

De la ecuación V.3.3 se obtiene una tensión de defecto de 126 V y observamos que  $V_d$  es mucho menor que los 8000 V de la tensión de aislamiento de baja tensión. Seguidamente se calcula las tensiones de paso y contacto reales.

$$V_c = K_c * I_d * R_o \quad \text{ec V. 3.4}$$

$$V_p = K_p * I_d * R_o \quad \text{ec V. 3.5}$$

De la ecuación V.3.4 se obtiene una tensión máxima de contacto de 61,35 V. Mientras que de la ecuación V.3.5 se obtiene una tensión de paso de 27,9 V.

Para calcular las tensiones de paso y contacto máximas hace falta definir los siguientes parámetros:

- Duración total de la falta  $t=0,7$  segundos.
- Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta  $U_{ca}= 103$  V.
- Resistividad del hormigón  $R_h=3000 \Omega.m$ .
- Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc  $R_{a1}= 2000 \Omega$ .

$$U_{p,max} = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 * R_{a1} + 6 * R_0}{1000} \right] \quad ec V. 3.6$$

Se obtiene así una tensión de paso máxima de 6313 V, mayor que los 27,9 V. Ahora calcularemos la tensión de contacto máxima.

$$U_{c,max} = U_{ca} \left[ 1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 * R_0}{1000} \right] \quad ec V. 3.7$$

Se obtiene una tensión de paso de 238 V, mayor que la real de 61,35 V. Por lo que se puede afirmar que el electrodo cumple.

### A V.3.2. Puesta a tierra del edificio de la planta de biometanización

Atendiendo a la Guía de aplicación de la ITC-BT-026, se dimensionará la instalación de puesta a tierra de la siguiente manera.

Los conductores de cobre desnudos utilizados como electrodos, serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21 022, con una sección mínima de 35 mm<sup>2</sup>.

La profundidad mínima de enterramiento del conductor recomendada es de 0,8 metros.

Según la Tabla A de la citada guía, como estamos en un terreno de arenas arcillosas de resistividad 150  $\Omega.m$  y no disponemos de pararrayos, se necesitará una longitud mínima de 25 metros del conductor con una pica de dos metros de longitud.

# Anexo VI

## Viabilidad económica

---

### A VI.1. Clasificación de la instalación

Para este capítulo es importante definir la instalación según el R.D. 413/2014[20], de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, establece el régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Porque, aunque no se tenga en cuenta para los cálculos económicos, hay que saber en qué grupo se encuentra nuestra instalación para posibles retribuciones futuras.

La instalación objeto del presente Proyecto es considerada como productor a partir de fuentes renovables, ya que el recurso energético usado, el biogás, es de origen renovable. La planta a diseñar se encuentra definida en el R.D. 413/14 bajo la categoría b. A continuación, se describe la clasificación realizada para dicha instalación.

- **Categoría b):** Instalaciones que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no fósiles:
  - **Grupo b.7:** Centrales de generación eléctrica o de cogeneración que utilicen como combustible principal biolíquido producido a partir de la biomasa, entendiéndose como tal el combustible líquido destinado a usos energéticos distintos del transporte e incluyendo el uso para producción de energía eléctrica y la producción de calor y frío, o que utilicen biogás procedente de la digestión anaerobia de cultivos energéticos, de restos agrícolas, de deyecciones ganaderas, de residuos biodegradables de instalaciones industriales, de residuos domésticos y similares o de lodos de depuración de aguas residuales u otros para los cuales sea de aplicación el proceso de digestión anaerobia (tanto individualmente como en co-digestión), así como el biogás recuperado en los vertederos controlados. Todo ello en los términos que figuran en el anexo I. Se entenderá como combustible principal aquel combustible que suponga, como mínimo, el 90

por ciento de la energía primaria utilizada, medida por el poder calorífico inferior.

- **Subgrupo b.7.2:** Instalaciones que empleen como combustible principal biolíquidos o el biogás generado en digestores procedente de cultivos energéticos o de restos agrícolas, de deyecciones ganaderas, de residuos biodegradables de instalaciones industriales, de residuos domiciliarios o similares, de lodos de depuración de aguas residuales u otros para los cuales sea de aplicación el proceso de digestión anaerobia.

## A VI.2. Inversión

Para hacer los cálculos de viabilidad económica es importante tener definidos los siguientes elementos:

- **CAPEX:** son inversiones de capital que crean beneficios, es decir, el coste de la inversión propuesta para el proyecto.
- **OPEX:** se trata del coste permanente para el mantenimiento de las operaciones, es decir, los gastos de operación. Que por su naturaleza pueden ser variables (aquellos que varían con la actividad p.e. electricidad, mantenimiento, etc...) y fijos (es decir aquellos que son independientes de la actividad en el corto plazo, p.e. mano de obra, alquiler de maquinaria, etc...).

La inversión se divide en dos grandes bloques, tal y como se ha descrito en el Capítulo 3 del presente documento:

- Planta de desensado: en este punto se ha empleado la oferta elaborada por la empresa Hybag con un alcance limitado a 25.000Tm de pre-tratamiento.
- Planta de biometanización con motor de cogeneración.

### A VI.2.1. Inversión desensado:

Inversión planta de desensado	
Tolva alim. ppal + tolva alim. contenedores + roscas	142.000 €
Tornillo sinfín a desensadora	20.700 €
<b>Máquina desensado</b>	<b>157.000 €</b>
Bomba salida papilla orgánica+vidrio	24.130 €
Tornillo sinfín salida rechazos (CSR)	12.600 €
Unidad de control	40.090 €
Silos Almacenamiento orgánico limpio	166.806 €
Agitadores silos	76.500 €
Tren vaciado y limpieza cajas	190.953 €
Montaje mecánico y eléctrico	50.000 €
Otros	44.039 €
<b>Total inversión planta desensado</b>	<b>924.818 €</b>

Tabla VI.2-1 Inversión en desensado

## A VI.2.2. Inversión planta biometanización con motor de cogeneración

Inversión planta biometanización	
Inversión principal	1.600.000 €
Tanque de recepción + rosca extracción pesados	
1 Fermentador	
2 Metanogénicos	
Gasómetro (cubierta reactores)	
Antorcha	
Sistemas de control	
Bombes	
Intercambiadores calor	
Cableado, tuberías, etc. y conexiones	
Obra civil y edificación	
Montaje eléctrico, mecánico, puesta en marcha	
Ingeniería y dirección de obra	
Permisos y legalizaciones	
Administración del proyecto	
Sistema contra-incendios	
Sistema de desulfuración	320.000 €
Modificación caldera existente	50.000 €
Motor (incl. Obra civil, edificio, conexiones...)	1.234.305 €
Centro de transformación	130.000 €
<b>Total inversión planta Biometanización</b>	<b>3.334.305 €</b>

Tabla VI.2-2 Inversión en la planta de biometanización

El total de la inversión asciende a 4.259.123 €.

## A VI.3. Cuadro de hipótesis para el cálculo de la cuenta de resultados

### A VI.3.1. Ingresos:

**Ingresos:** como su nombre indica, se trata de las fuentes de ingresos disponibles y que nos permitan compensar el OPEX rentabilizando el CAPEX.

Los ingresos del proyecto vienen fundamentalmente de cuatro fuentes claramente diferenciadas:

#### Tasa de entrada:

Actualmente, tal y como se ha descrito con anterioridad, el residuo orgánico termina en vertedero con un coste asociado. Este coste se descompone dos, el transporte que va hasta el vertedero y la disposición en vertedero, a éste último se le puede añadir, o no en función de la Comunidad Autónoma, una tasa de vertido.

En Zaragoza, el coste asociado al vertedero es de 25,26 €/t[21], dado que la instalación está diseñada para recibir los materiales orgánicos que antes iban al vertedero, se pretende cobrar como mínimo lo mismo que el vertedero, teniendo en cuenta el claro carácter medioambiental del proyecto y el impacto que pudiera tener en la imagen de los clientes,

existe la posibilidad de cobrar algo más, pero por mantener un criterio conservador, se establece ese valor para el cálculo económico de los ingresos.

#### Venta de energía eléctrica a cliente:

El proyecto está diseñado para una venta de excedentes sin subvenciones. Por lo que los ingresos del proyecto por esta partida vendrán dados por:

- Dado que la instalación estará acoplada a una industria existente, se considera un ingreso del proyecto el ahorro en compra de energía eléctrica.
- Por otro lado, en los momentos valle de funcionamiento de la industria se exportará energía a la red a un precio estimado de 40 €/MWe.

En la siguiente figura se puede ver un diagrama de bloques que resume el balance en energía eléctrica:

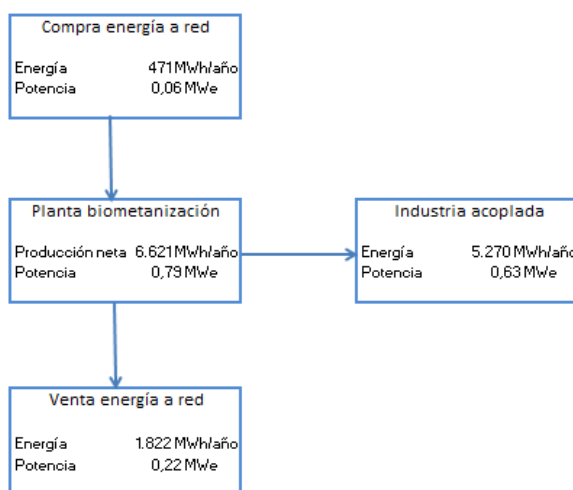


Figura VI.3-1 Balance de energía eléctrica

Tal y como puede verse en las curvas de carga eléctricas del Anexo IV, existen momentos puntuales en los que la instalación no es capaz de atender la demanda de la industria cartonera a la que se acopla y por lo tanto es necesario comprar esa energía a la red, esto supone unos 471 MWh al año.

El cálculo de la venta de energía eléctrica, sin entrar al detalle ya que no es el objeto del presente trabajo, se puede aproximar en función de los siguientes conceptos:

€/MWh
Tº Potencia
Tº Variable
<i>OMIE</i>
<i>ATR</i>
<i>Pago Interrumpibilidad</i>
<b>Imp. Eléc.</b>

Tabla VI.3-1 Conceptos para la venta eléctrica I

El término de potencia viene determinado por el peaje de acceso descrito en la ORDEN ETU/1976/2016, de 23 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para el 2.017. Según la misma para una instalación 6.1 A (de 1kV a 30kV) el importe de los peajes se resume en la siguiente tabla:

Peaje	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
6.1	39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177

Tabla VI.3-2 Peajes de la tarifa 6.1 en €/kWh[15]

Atendiendo a la ponderación de la discriminación horaria el importe para el término de potencia sería de 23,41€/MWe.

Para el cálculo del precio variable, de venta de energía eléctrica, se tomará como referencia el precio medio aritmético del sistema eléctrico español publicado por OMIE en el informe mensual del mes de abril de 2.017[22]

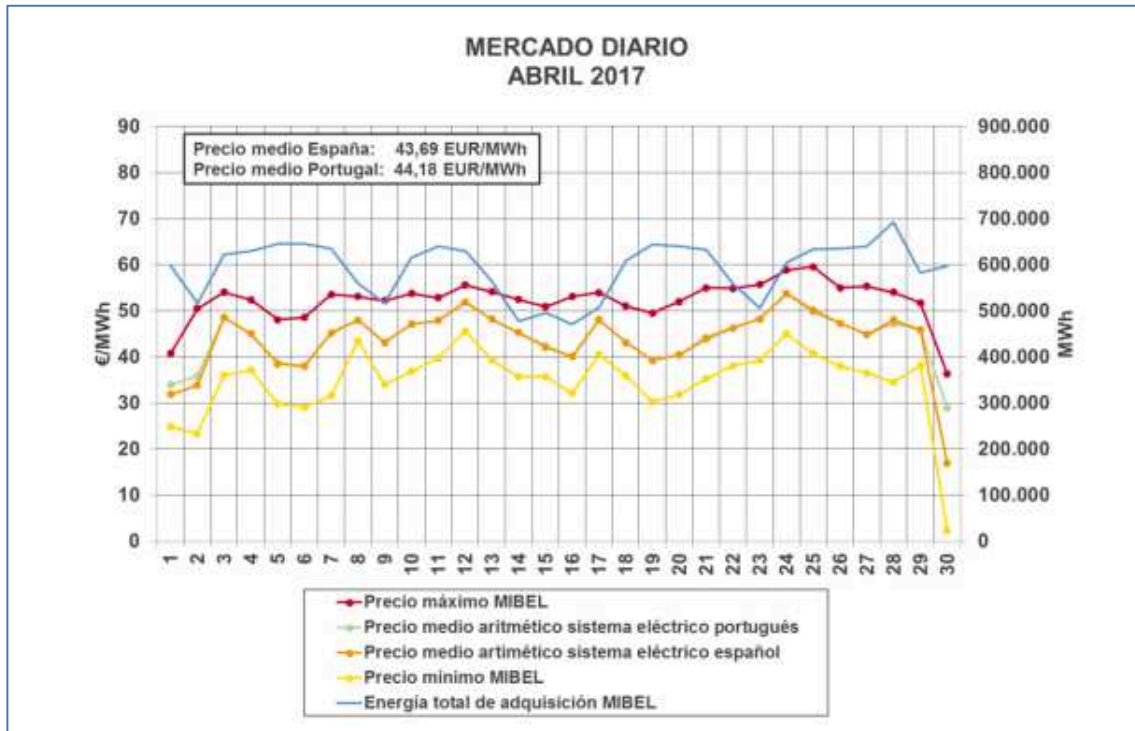


Figura VI.3-2 Mercado diario Abril 2017

Para el cálculo del ATR, y siguiendo [15], la tabla que aplica para instalaciones 6.1 A sería:

Peaje (c€/KW)	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
6.1	0,026674	0,019921	0,010615	0,005283	0,003411	0,002137

Tabla VI.3-3 Peajes tarifa 6.1.A

Atendiendo a la ponderación de la discriminación horaria el importe para el término de potencia sería de 8,47€/MWe.



Con todo lo anterior y teniendo en cuenta el impuesto eléctrico el precio de venta de energía eléctrica a la instalación, es decir, el mismo al que actualmente lo están comprando sería:

€/MWh	
<b>Tº Potencia</b>	<b>23,41 €/MWh</b>
<b>Tº Variable</b>	<b>55,39 €/MWh</b>
<i>OMIE</i>	<i>43,69 €/MWh</i>
<i>ATR</i>	<i>8,47 €/MWh</i>
<i>Pago Interrumpibilidad</i>	<i>3,23 €/MWh</i>
<b>Imp. Eléc.</b>	<b>4,58 €/MWh</b>
<b>Total Venta Electricidad</b>	<b>83,38 €/MWh</b>

Tabla VI.3-4 Conceptos para la venta eléctrica II

### Venta de energía eléctrica a la red:

Dado que el modelo se hace sin subvenciones, la venta de energía eléctrica a la red se calcula con el siguiente esquema:

€/MWh	
<b>Precio venta</b>	
<i>OMIE</i>	<i>43,69 €/MWh</i>
<i>IVPEE (ley 15/2012)</i>	<i>-3,06 €/MWh</i>
<b>Total Venta Electricidad</b>	<b>40,07 €/MWh</b>

Tabla VI.3-5 Venta de energía eléctrica

Dónde IVPEE es el impuesto del 7% a la generación de energía eléctrica

### Venta de energía térmica:

Al tratarse de un proceso de cogeneración, la energía térmica generada por el motor es cedida a la industria (excepto una pequeña cantidad en autoconsumo para el acondicionamiento del digestor), tal y como puede verse en la siguiente figura:

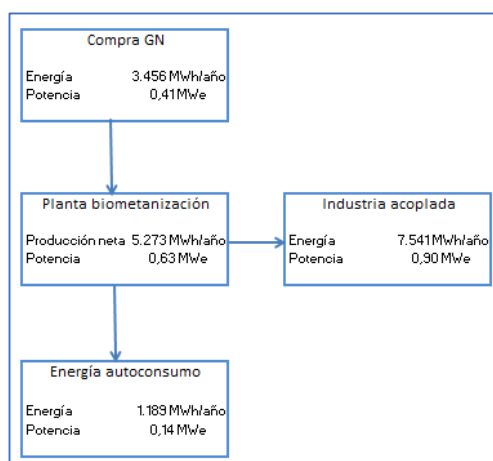


Figura VI.3-3 Balance de energía térmica

Según el perfil de carga descrito en el Anexo III, la instalación irá a plena capacidad de lunes a viernes teniendo que comprar incluso 3,456 GWh/año de gas natural para la quemarlo en la caldera de recuperación existente.

El precio de transferencia a la industria se calcula en función del precio del gas natural quemado en caldera convencional con un rendimiento del 90%. Es decir, la energía térmica generada por nuestro proyecto sustituye a parte de las necesidades de compra de energía obtenida a partir de gas natural.

Las actividades de transporte, regasificación, almacenamiento subterráneo básico y distribución de gas permanecen bajo un esquema regulado por ser actividades que, dada sus características intrínsecas, son monopolios naturales. Por este motivo, los costes de las redes (junto con otro tipo de costes asociados), son repercutidos a todos los consumidores, independientemente de la forma de adquisición del gas, a través de los denominados peajes de acceso a las redes de gas. Dichos peajes deben ser aprobados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, de acuerdo con la metodología que establezca la CNMC, según la Ley 3/2013.

Los peajes de acceso son únicos en todo el territorio español, con independencia de las particularidades económicas y geográficas de las infraestructuras en las distintas zonas en las que se ubican los consumidores. Concretamente, los peajes y cánones de acceso se establecen según los criterios previstos en el artículo 92 de la Ley 34/1998, 7 de octubre, del sector de hidrocarburos, y en los artículos 25 y 26 del Real Decreto 949/2001, de 3 de agosto, por el que se regula el acceso de terceros a las instalaciones gasistas y se establece un sistema económico integrado del sector de gas natural.

En la siguiente figura se indica un esquema de los peajes vigentes en España [16]

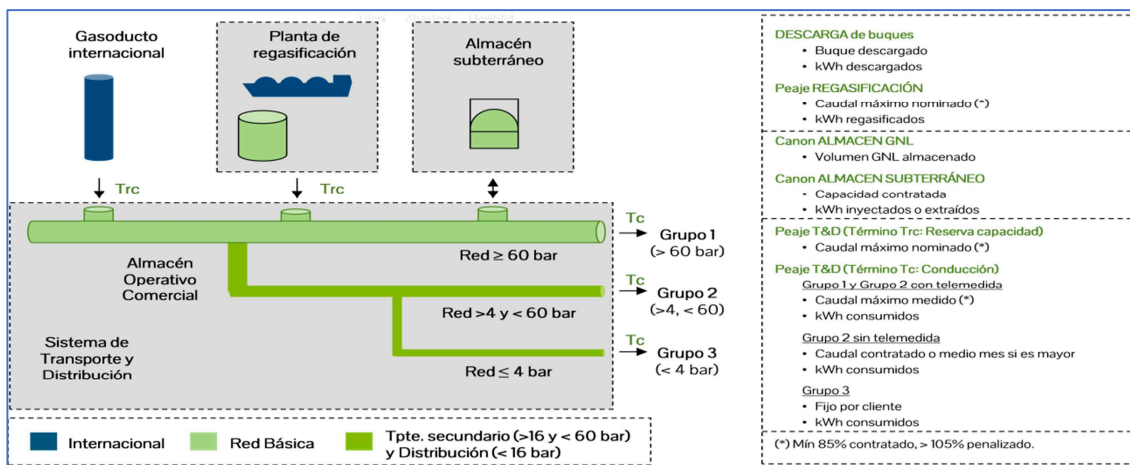


Figura VI.3-4 Peajes en el mercado de gas natural

Al igual que el mercado eléctrico anteriormente descrito, el precio del gas natural está formado por un término fijo (peajes) y un término variable y que va en función del consumo real de gas natural. De este modo, los componentes del precio final del gas deberían ser los que se indican en la Figura VI.3-3 [16]:

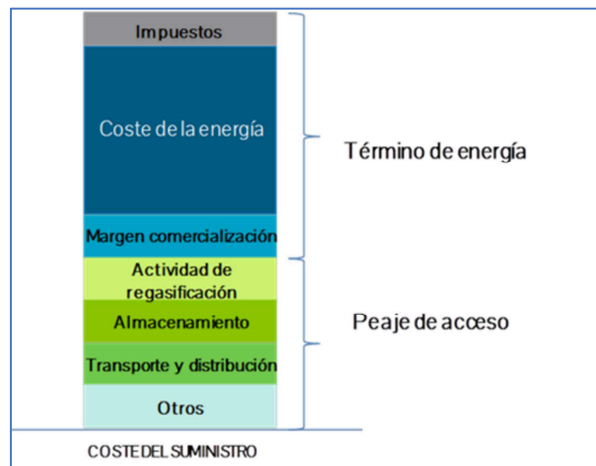


Figura VI.3-5 Componentes del precio final del gas

Para la elaboración del presente proyecto se ha tomado como referencia una oferta comercial de EDP para la venta de gas natural en instalaciones con peaje 2.3 (ver Anexo VII). Resulta evidente que se trata de un precio totalmente orientativo ya que cada empresa tendrá unos precios de compra diferentes en función del poder de negociación de la misma.

El término fijo (Tf) para una instalación tipo con un peaje de acceso 2.3 es de 75,842 €/MWh/Día/Mes, es decir, 34.896€/año, cantidad que dividida por los 7.541MWh/año nos quedaría un precio variabilizado de 4,63€/MWh.

El término variable (Tv) calculado sería de unos 31€/MWh por que el precio del gas natural para la industria se sería el siguiente:

€/MWh PCS	
Tº Fijo	4,63 €/MWh
Tº Variable	31,00 €/MWh
Céntimo Verde (Ley 15/2012)	0,54 €/MWh
<b>Total Venta PCS</b>	<b>35,77 €/MWh</b>

Figura VI.3-6 Precio del gas natural para la industria

El precio de venta de la energía térmica a la industria es el equivalente al del gas natural que se ahorran para la producción de vapor en el proceso según las condiciones requeridas, por lo que es necesario convertir los 35,77 €/MWh de poder calorífico superior (PCS) a poder calorífico inferior (PCI) y aplicar el mismo rendimiento de caldera e intercambiador tal y como aparece en el siguiente desarrollo:

$$Pv = \frac{\frac{35,77}{0,9014}}{\eta_{caldera} = 0,90} = 44,09€/MWh$$

En la Tabla VI.3-4 podemos ver un resumen Ingresos:

<b>Planta de digestión anaerobia</b>	
Total entrada orgánico a planta (t/año)	25.088
Total orgánico limpio a proceso digestión (t/año)	23.000
Total días operación año	337
Autoconsumo planta (MWh)	1.436
<b>Producción electricia NETA</b>	
Electricidad vendida a red (MWh)	1.822
Electricidad vendida a cliente (MWh)	5.270
<b>Energía térmica a cliente</b>	
Energía térmica del BIOGAS (MWh)	4.085
Energía térmica del GAS NATURAL (MWh)	3.456
<b>Rechazos valorizables de la planta</b>	
CSR generado separac in-situ (Tm)	2.000
Digestato líquido a aplicación agrícola directa (Tm)	19.305
<b>Venta electricidad a red</b>	
Precio (€/MWh)	40,7
<b>Venta electricidad a cliente</b>	
Precio (€/MWh)	83,4
<b>Venta energía térmica a cliente</b>	
Precio gas natural (€/MWhPCS)	35,77
<b>Facturación por tasa de entrada materia orgánica</b>	
Tasa entrada orgánico con envases (€/t)	38,0
<b>TOTAL FACTURACIÓN</b>	<b>1.733.327</b>

Tabla VI.3-6 Resumen de ingresos

### A I.1.1. Gastos por materia prima

#### Compra energía eléctrica:

Tal y como se ha explicado anteriormente (ver Figura VI.3.6) existen momentos puntuales dónde la energía consumida por la industria excede a la generada por el motor de cogeneración, en concreto, 471mWh/año. La compra de energía se calculará con el esquema descrito en el apartado anterior, es decir 83,38 €/MWh.

#### Impuesto sobre energía auto-consumida:

El impuesto sobre la energía auto-consumida, es decir, la energía consumida por la propia instalación más la energía consumida por la industria, se calcula en función de la potencia instalada para el término fijo, y de la energía auto-consumida por los distintos periodos de discriminación horaria, tal y como aparece en la tabla IV.1-2 del Anexo IV.

Con lo anterior, y teniendo en cuenta las curvas de consumo de la industria el coste unitario de este impuesto para la energía auto-consumida es de 27,55€/MWh.

### Compra de gas natural:

Como se ha explicado anteriormente, para cumplir con el compromiso de suministro de energía térmica al cliente, es necesario comprar 3.456 MWh de gas natural al año. La formación del precio de compra es exactamente igual a la explicada en el apartado anterior, es decir, 57,77€/MWh.

En la Tabla VI.3-5 se puede ver un resumen de los gastos en materias primas.

<b>Gas Natural comprado (€)</b>	<b>123.888</b>
Precio gas natural (€/MWhPCS)	35,8
<b>Electricidad comprada a la red (€)</b>	<b>39.231</b>
Energía comprada a la red (MWh)	470,5
Precio energía comprada a la red (€/MWh)	83,4
<b>Cargos por autoconsumo (€)</b>	<b>171.666</b>
Energía auto-consumida (MWh)	6.231
Precio impuesto auto-consumo (€/MWh)	27,6
<b>TOTAL MATERIAS PRIMAS (€)</b>	<b>334.785</b>

Tabla VI.3-7 Resumen de los gastos en materias primas

### 6.1.1. Gastos de operación y mantenimiento.

Esta partida se ha calculado en base a la información dada por la ingeniería de referencia utilizada para este proyecto, es evidente que se trata de una primera aproximación y que por tanto se considera suficiente para la fase conceptual del presente proyecto. De cara a un estudio de detalle será preciso contrastar esta información. Los principales elementos de este apartado se resumen a continuación:

#### Personal de operación:

Descripción	Turnos	Cuándo	Total pax	Coste anual	C. total
Área pretratamiento	3	L a V	3	20.400 €	61.200 €
Biometanización y digestato	1	L a V	1	27.200 €	27.200 €
Vigilancia biodigestión y biogás y noches	4	L a D	4	27.200 €	108.800 €
Administrativo/Técnico laboratorio	1	L a V 8h	1	27.200 €	27.200 €
Técnico de mantenimiento y proceso	1	L a V 8h	1	27.200 €	27.200 €
Mecánico y eléctrico	1	L a V 8h	1	27.200 €	27.200 €
<b>PERSONAL TOTAL</b>			<b>11</b>		<b>278.800 €</b>

Tabla VI.3-8 Descripción del personal de operación de planta

#### Gastos de mantenimiento:

Para esta partida, tal y como se ha explicado, se toma como referencia la información proporcionada por la ingeniería de referencia basada en un 5% anual sobre el total de la inversión.

#### Gestión del digestato:

El digestato (19.305t/año) se aplicará directamente al campo, para mejora de los terrenos de cultivo. Generalmente, este coste, viene dado por el coste de transporte, ya que la aplicación generalmente se hace a coste cero. Se estima un radio de aplicación de 300Km con un coste por tonelada de 10€.

En la Tabla VI.3-6 se puede ver un resumen de los gastos de operación y mantenimiento:

<b>Personal de producción</b>	<b>278.800</b>
<b>Gastos de mantenimiento</b>	<b>212.956</b>
<b>Gestión del digestato</b>	<b>193.050</b>
<b>TOTAL GASTOS O&amp;M</b>	<b>684.806</b>

Tabla VI.3-9 Resumen de gastos de operación y mantenimiento

# Anexo VII

## Datos técnicos de los equipos

---

En este Anexo encontramos los datos técnicos de los siguientes documentos de equipos:

- Módulo de cogeneración
- Planta de desensado
- Documento con las especificaciones técnicas de los equipos generales.



Especificación técnica

Módulo de Cogeneración-Contenedor

**JMC 316 GS-B.L**

sin Grid Code

---

**Biometanización Casai**

---



Potencia eléctrica 703 kW el.

Potencia térmica 762 kW

Emisiones

NOx < 500 mg/Nm<sup>3</sup> (5% O<sub>2</sub>)

02\_10\_2016(1) (16/16)

ET\_JMC316\_GS20\_703el-762t.docx

1/11





0.01 Datos Técnicos (en el contenedor) _____	4
Dimensiones globales y pesos (en el contenedor)	5
Conexiones	5
Potencia / Consumo	5
0.02 Datos Técnicos del motor _____	6
Potencia térmica	6
Datos de los gases de escape	6
Datos del aire de combustión	6
Nivel de presión sonora	7
potencia acústica	7
0.03 Datos Técnicos del alternador _____	8
Reactancias y constantes de tiempo (saturado)	8
0.04 Datos Técnicos del sistema de recuperación térmica _____	9
Datos generales - Circuito del agua caliente	9
Datos generales - circuito de refrigeración	9
Intercambiador de calor gases de escape	9
variante de conexión C _____	10
0.10 Condiciones técnicas _____	11
1.00 Volumen de suministro – grupo modular _____	12
1.01 Motor a gas Otto _____	13
1.01.01 Construcción del motor _____	13
1.01.02 Equipo adicional del motor (repuestos de puesta en servicio) _____	14
1.01.03 Equipo del motor _____	14
1.01.04 Herramientas estándar (1/instalación) _____	15
1.02 Generador sincrónico de baja tensión _____	15
1.03 Equipamiento del módulo _____	19
1.03.01 Sistema de refrigeración del motor _____	19
1.03.02 Rellenado automático de aceite con tanque adicional de aceite _____	19
1.04 Sistema de recuperación térmica _____	19
1.05.01 Alimentación de gas combustible <500mbar _____	20
1.07 Barnizado _____	21
1.11 Armario de control del módulo _____	21
1.11.03 Telesignalización a través de PROFIBUS-DP _____	26
1.11.06 Transmisión de datos a distancia con DIA.NE XT - HERMES _____	26
1.20.03 Dispositivo de arranque _____	28
1.20.05 Calentador eléctrico del agua de camisas _____	29
1.20.08 Conexiones Elásticas _____	29



2.00 Armarios de control _____	30
2.01.06 Control del interruptor de red y resincronización automática _____	30
2.02 Desacople de red _____	31
2.03.02 Control de potencia _____	32
2.04 Celda de generador para baja tensión según IEC/EN _____	33
2.12 Central detectora de gas _____	34
2.13 Central detectora de humo _____	34
3.01 Circuito de aceite _____	34
3.03.01 Silenciador _____	35
3.03.04 Tubería para recogida de condensados _____	35
3.05 Sistema de ventilación _____	35
3.10.03 Sistema de refrigeración – radiador de dos circuitos _____	36
3.20 Container _____	37
4.00 Suministro y Montaje _____	38
4.01 Transporte _____	38
4.02 Descarga y posicionamiento _____	38
4.03 Montaje _____	38
4.04 Almacenamiento _____	38
4.05 Puesta en marcha _____	39
4.06 Prueba de continua _____	39
4.07 Maleta de emisiones (aparato de medida) _____	39
5.01 Límites de suministro _____	39
5.02 Ensayos y pruebas de recepción _____	40
5.02.01 Pruebas de funcionamiento del motor _____	40
5.02.02 Ensayos del alternador _____	40
5.02.03 Pruebas de funcionamiento del grupo modular _____	40
5.03 Documentación _____	41



### 0.01 Datos Técnicos (en el contenedor)

Datos referidos a:			Plena carga	Carga parcial	
Poder calorífico inferior del gas (PCI)	kJ/m <sup>3</sup>		5,45		
			100%	75%	50%
Energía invertida	kWh	[2]	1.735	1.344	662
Caudal de gas	m <sup>3</sup> /h	%	318	247	175
Potencia mecánica	kW	[1]	725	544	363
Potencia eléctrica	kW el.	[4]	703	525	345
Potencia térmica aprovechable					
- 1ª etapa del intercambiador	kW		66	29	1
- Aceite	kW		84	69	57
- Agua de camisas	kW		268	254	202
- Gases de escape enfriados hasta 150 °C	kW		324	258	191
Potencia total térmica aprovechable	kW	[5]	762	610	451
Potencia total suministrada	kW total		1.455	1.135	787
Calor a disipar					
- 2ª etapa del intercambiador	kW		47	29	7
- Aceite	kW		-	-	-
- Calor superficial	ca. kW	[7]	72	-	-
Consumo específico de combustible eléctrico	kWh/kWh	[3]	2,47	2,56	2,75
Consumo específico de combustible	kWh/kWh	[3]	2,38	2,47	2,62
Consumo de aceite lubricante	ca. kg/h	[8]	0,22	-	-
Rendimiento eléctrico	%		40,5%	39,1%	35,3%
Rendimiento térmico	%		43,9%	45,4%	47,4%
Rendimiento total	%	[6]	84,4%	84,4%	83,7%
Circuito de agua caliente:					
Temperatura de salida	°C		60,0	66,0	61,8
Temperatura de retorno	°C		70,0	70,0	70,0
Caudal de agua caliente	m <sup>3</sup> /h		32,7	32,7	32,7

\*) Valor indicativo para el dimensionamiento de las tuberías

[ ] Véase 0.10 para explicaciones - Condiciones Nominales de funcionamiento

Todos los valores del balance térmico están basados en condiciones estándares según anexo 0.10. Cualquier desviación respecto a las condiciones estándares puede originar cambios en los valores especificados. Este se ha de considerar para el dimensionamiento de los equipos de refrigeración (intercambiador, refrigeración de emergencia, ...). Se recomienda calcular con una reserva adicional del +5 % sobre la tolerancia general de ±6% de la potencia térmica para dimensionar el sistema de refrigeración adecuadamente.



#### Dimensiones globales y pesos (en el contenedor)

Longitud	mm	~ 12.200
Anchura	mm	2500-3000
Altura	mm	~ 2.600
Peso en seco	kg	~ 24.800
Peso listo para funcionar	kg	~ 26.200

#### Conexiones

Entrada y salida de agua caliente	DIN PN	80/10
Salida de gases de escape	DIN PN	250/10
Conexión de gas (en el contenedor)	mm	100/16
Conexión de aceite nuevo	G	28x2"
Conexión de aceite viejo	G	28x2"
Salida de cables	mm	800x400
Purga de condensados	mm	18

#### Potencia / Consumo

Potencia continua ISO estándar ICFM	kW	725
Pres. med. efectiva a potencia y veloc. nominal	bar	14.90
Tipo de gas (combustible)		Biogas
Número de metano de referencia/Número de metano mínimo	MZ d)	135/100
Relación de compresión	Epstein	15
Presión mín./máx. del gas en la entrada de la rampa de gas	ubar	80 - 200 c)
Oscilaciones permitidas en la presión del gas combustible	%	± 10
Velocidad máx. admisible para variaciones de la presión de gas	mmbar/s	10
Temp. máx. admisible del agua en la 2ª etapa del intercambiador	°C	50
Consumo específico de combustible	kWh/kWh	2.39
Consumo específico de aceite	g/kWh	0.30
Temperatura máx. del aceite	°C	60
Temperatura máx. del agua de camisas	°C	65
Capacidad de aceite lubricante (cambio)	lit	~ 275

c) Menor presión de gas posible si se requiere

d) basado en programa de cálculo del número de metano AVL 3.1



## 0.02 Datos Técnicos del motor

Fabricante		GE Jenbacher
Tipo del motor		J 316 GB-C225
Funcionamiento		Cuatro tiempos
Configuración		V 70°
Número de cilindros		16
Taladro	mm	135
Carrera	mm	170
Cilindrada	l	38,93
Velocidad nominal	rpm	1.500
Velocidad media del pistón	m/s	8,50
Longitud	mm	2.852
Anchura	mm	1.457
Altura	mm	1.800
Peso en seco (motor)	kg	4.200
Peso total listo para funcionar	kg	4.890
Momento de inercia del motor	kgm <sup>2</sup>	8,97
Sentido de rotación (mirando el volante)		izquierda
Radiointerferencia según VDE 0875		N
Potencia del arrancador	kW	7
Voltaje del arrancador	V	24

### Potencia térmica

Energía invertida	kW	1.735
Mezcla	kW	133
Acetilo	kW	84
Agua de camisas	kW	288
Gases de escape enfriados hasta 180 °C	kW	324
Gases de escape enfriados hasta 100 °C	kW	415
Cálculo superficial	kW	44

### Datos de los gases de escape

Temperatura de los gases de escape a plena carga	°C [β]	453
Temperatura de los gases de escape a BMEP= 11,2 [bar]	°C	~ 487
Temperatura de los gases de escape a BMEP= 7,5 [bar]	°C	~ 483
Caudal másico húmedo de los gases de escape	kg/h	3.795
Caudal másico seco de los gases de escape	kg/h	3.523
Caudal volumétrico húmedo de gases de escape	Nm <sup>3</sup> /h	2.924
Caudal volumétrico seco de gases de escape	Nm <sup>3</sup> /h	2.587
Pérdida de presión máx. de gases de escape a la salida del motor	mbar	60

### Datos del aire de combustión

Caudal másico de aire	kg/h	3.343
Caudal volumétrico de aire	Nm <sup>3</sup> /h	2.587
Pérdida de presión máx. admisible del filtro de aspiración	mbar	10



**Nivel de presión sonora**

general b)	dB(A) re 20µPa	
31,5 Hz	dB	85
63 Hz	dB	87
125 Hz	dB	95
250 Hz	dB	90
500 Hz	dB	91
1000 Hz	dB	89
2000 Hz	dB	90
4000 Hz	dB	87
8000 Hz	dB	91
Gas escape a)	dB(A) re 20µPa	
31,5 Hz	dB	104
63 Hz	dB	118
125 Hz	dB	131
250 Hz	dB	110
500 Hz	dB	109
1000 Hz	dB	107
2000 Hz	dB	107
4000 Hz	dB	104
8000 Hz	dB	103

**potencia acústica**

general	dB(W) re 1pW	
superficie de medida	m <sup>2</sup>	102
Gas escape	dB(W) re 1pW	
superficie de medida	m <sup>2</sup>	6,28

a)- los valores mencionados son presiones acústicas sobre superficie de medida según DIN 45631 tipo de precisión 3, distancia 1m.  
 b)- los valores mencionados son presiones acústicas sobre superficie de medida (calculadas en el exterior) según DIN 45635 tipo de precisión 3, distancia 1m.  
 El espectro es válido para equipos hasta una presión=17,7 bar. (para presiones superiores se debe considerar un margen de seguridad sobre todos los valores de 1 dB por cada 1 bar de incremento).  
 En funcionamiento a 1200 l/min son los máximos valores, para 1800 l/min eleva los valores 3 dB.  
 Tolerancia ± 3 dB.



### 0.03 Datos Técnicos del alternador

Fabricante		Leary-Somar s.l
Tipo		LSAC 80.2 VL10 e)
Potencia tipo	kVA	1.250
Potencia en el eje	kW	725
Potencia efectiva nominal con $\cos \phi = 1.0$	kW	703
Potencia efectiva nominal con $\cos \phi = 0.8$	kW	697
Potencia aparente nominal con $\cos \phi = 0.8$	kVA	871
Potencia reactiva nominal con $\cos \phi = 0.8$	kVar	523
Intensidad nominal con $\cos \phi = 0.8$	A	1.257
Frecuencia	Hz	50
Voltaje	V	400
Número de revoluciones	rpm	1.500
Número de revoluciones de embalamiento	rpm	1.800
Factor de potencia (inductivo - capacitivo)		0.8 - 1.0
Rendimiento con $\cos \phi = 1.0$	%	95.9%
Rendimiento con $\cos \phi = 0.8$	%	95.1%
Momento de inercia del motor	kgm <sup>2</sup>	25.67
Peso	kg	3.300
Radiointerferencia según EN 55011 Class A (EN 61000-6-4)		N
Construcción		B3/B14
Clase de protección		IP 23
Clase de aislamiento		H
calentamiento (a potencia nominal)		F
Temperatura ambiente máxima	°C	40

#### Reactancias y constantes de tiempo (saturado)

$x_d$ Reactancia síncrona longitudinal	pu	1.60
$x_d'$ Reactancia transitoria longitudinal	pu	0.09
$x_d''$ Reactancia subtransitoria longitudinal	pu	0.07
$x_2$ reactancia inversa	pu	0.07
$T_d'$ Constante de tiempo de cortocircuito subtransitoria	ms	18
$T_a$ Constante de tiempo $T_a$	ms	37
$T_{d0}'$ Constante de tiempo transitoria en vacío	s	4.05

e) GE fabricante se reserva el derecho a cambiar el proveedor y tipo de alternador, Cambiándose mínimamente los datos de los alternadores asegurados por contrato y manteniendo la potencia eléctrica producida.



### 0.04 Datos Técnicos del sistema de recuperación térmica

#### Datos generales - Circuito del agua caliente

Potencia total térmica aprovechable	kW	762
Temperatura de retorno	°C	70,0
Temperatura de salida	°C	90,0
Caudal de agua caliente	m³/h	32,7
Presión nominal de agua caliente	PN	10
presión mínima de trabajo	bar	3,5
presión máxima de trabajo	bar	9,0
Pérdida de presión de agua caliente	bar	0,80
Variación admisible para la temperatura de retorno	°C	+0/-5
Velocidad máx. adm. para la variación de la temp. de retorno	°C/m	10

#### Datos generales - circuito de refrigeración

Calor a disipar	kW	47
Temperatura de rotura	°C	50
Caudal del agua de refrigeración	m³/h	15
Presión nominal de agua de refrigeración	PN	10
presión mínima de trabajo	bar	0,5
presión máxima de trabajo	bar	5,0
Pérdida de presión del agua de refrigeración	bar	-
Variación admisible para la temperatura de retorno	°C	+0/-5
Velocidad máx. adm. para la variación de la temp. de retorno	°C/m	10

#### Intercambiador de calor gases de escape

Tipo	Intercambiador de calor tubular	
<b>LADO PRIMARIO:</b>		
Pérdida de presión de los gases de escape aprox.	bar	0,02
Conexiones de gases de escape	DN50N	250/10
<b>SECUNDARIO:</b>		
Pérdida de presión de agua caliente	bar	0,20
Conexión de agua caliente	DN50N	80/10



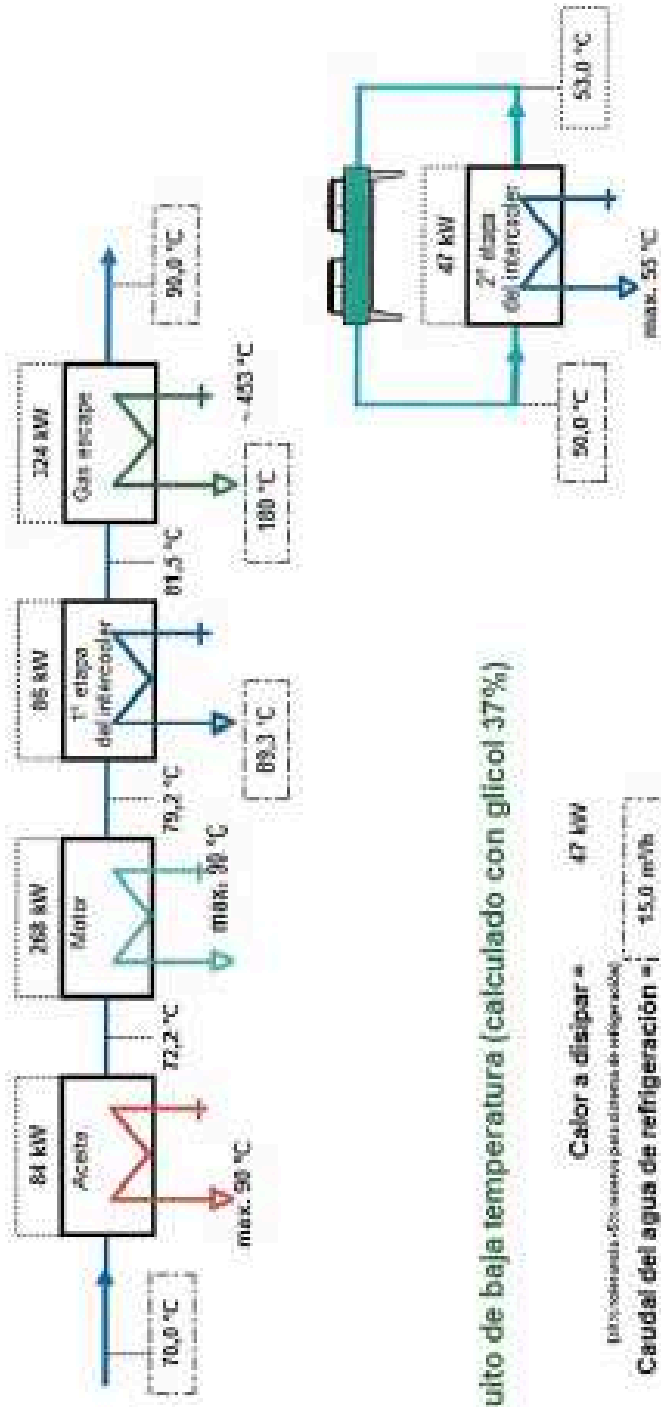
variante de conexión C  
Biometanización Casai J 316 GS-C225

**Circuito de agua caliente**

Potencia térmica aprovechable = 162 kW

(10% sobrecarga + 5% reserva para sistemas de refrigeración)

Caudal de agua caliente = 32,7 m<sup>3</sup>/h



**Circuito de baja temperatura (calculado con glicol 37%)**

Calor a disipar = 47 kW

(10% sobrecarga + 5% reserva para sistemas de refrigeración)

Caudal del agua de refrigeración = 15,0 m<sup>3</sup>/h



## 0.10 Condiciones técnicas

Todos los valores indicados en la especificación técnica se refieren a un funcionamiento del motor a plena carga (salvo otras referencias explícitamente indicadas), así como a las temperaturas y al número de metano indicados. Los valores quedan sujetos a cambios debidos al desarrollo técnico.

Las presiones indicadas se entienden siempre como efectivas.

- (1) Potencia estándar ISO (bloqueada, ICFN) a velocidad nominal y condiciones de referencia normales según DIN-ISO 3046 y DIN 6271
- (2) Según DIN-ISO 3046 y DIN 6271 con una tolerancia de +5 %. Bajo cumplimiento de las pautas de mantenimiento de GEJ se minimiza la pérdida de eficiencia a lo largo de la vida útil valor de referencia  $\rightarrow$  50%CH<sub>4</sub>.
- (3) Valor medio entre cambios de aceite, según programa de mantenimiento, sin las cantidades requeridas para los cambios de aceite
- (4) Referido a  $\cos \phi = 1,0$ , según VDE 0530 REM / IEC 34-1, con tolerancia correspondiente
- (5) Potencia total, con tolerancia  $\pm 8$  %
- (6) Según las condiciones (1) - (5) arriba mencionadas
- (7) Válido solo para motor y alternador, sin otros componentes del grupo modular y sin los otros componentes de la instalación (a  $\cos \phi = 0,8$ )
- (8) Temperatura gas de escape con una tolerancia de  $\pm 8$  %

### Radiointerferencia

El sistema de encendido de los motores de gas cumple las normas de radiointerferencias CISPR 12 (30-75 MHz, 75-400 MHz, 400-1000 MHz) y EN 550 11, clase B (30-230 MHz, 230-1000 MHz), respectivamente.

### Definición de potencia

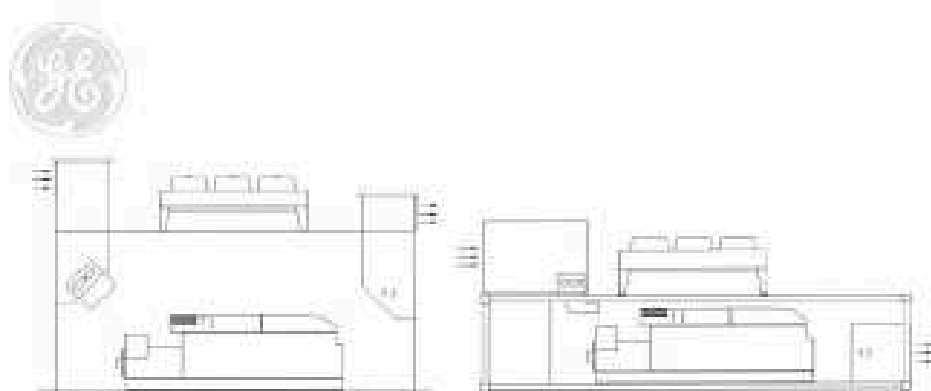
- Potencia estándar ISO (bloqueada, ICFN)  
Potencia útil continua del motor a velocidad nominal, especificada por el fabricante, disponible en el tiempo entre las intervenciones de mantenimiento prescritas, verificada en la bancada de ensayos del fabricante, en condiciones de servicio de la misma y convertida a condiciones de referencia estándar.
- Condiciones de referencia estándar
 

Presión atmosférica:	1000 mbar (100 m sobre el nivel del mar)
Temperatura de aire:	25 °C
Humedad relativa:	30 %
- Datos del volumen en condiciones normales (gas combustible, aire de la mezcla, gases de escape)
 

Presión	1013 mbar
Temperatura	0 °C

### Reducción de potencia para motores turboalimentados

Diseño estándar de los motores para alturas  $\leq$  250 m y temperaturas de aspiración  $\leq$  30 °C (T1)  
 Temperatura ambiente máxima: 50 °C (T2)  $\rightarrow$  alarma desencadenante de parada



En el caso de que el número de metano sea inferior al número de metano indicado en la especificación técnica, el sistema "motormanagement" permite mantener la potencia nominal mediante el ajuste del punto de encendido, con el fin de proteger el motor contra detonaciones incontroladas. Sólo cuando el número de metano sigue bajando, se reducirá la potencia del motor paulatinamente para evitar detonaciones incontroladas.

Si se sobrepasan los límites de tensión y frecuencia para generadores especificados en la CEI 60034-1 zona A, se reducirá la potencia.

#### Condiciones técnicas para motores a gas de GE Jenbacher

En relación con la vibración la instalación está diseñada en base a la ISO 8528-9 y mantiene los valores límites contenidos en ella.

Debería evitarse en lo posible el transporte en vehículos sobre rieles (IT1000-0048).

Las "Instrucciones Técnicas de GE JENBACHER", IT 1100-0110, IT 1100-0111 y IT 1100-0112 forman parte íntegra de la oferta y del contrato y deben ser cumplidas.

#### En caso de funcionar con un compresor de gas

El caudal de gas indicado en los Datos Técnicos se refiere a las condiciones normales para el poder calorífico dado. No obstante, para el diseño del compresor y de cada uno de los componentes de la alimentación de gas hay que tener en cuenta los metros cúbicos reales del funcionamiento.

Éstos se verán influidos por:

- Temperatura real del gas (Temperatura límite, ver IT 1000-0300)
- Humedad del gas (Valores límite, ver IT 1000-0300)
- Presión del gas
- Fluctuaciones del poder calorífico (con Biogas equiparable a las fluctuaciones de contenido de metano (CH<sub>4</sub> Vol - %))
- Si el suministro del compresor, por parte de GE Jenbacher se dimensionará este para depresión máxima relativa de 15 mbar y una temperatura de entrada del gas de 40 °C

#### Condiciones marginales para la aparataje y el equipo eléctrico

Humedad relativa del aire 50% con una temperatura máxima de +40 °C

Altitud hasta 2000 m sobre el nivel medio del mar.

## 1.00 Volumen de suministro – grupo modular

### Concepto modular

Grupo modular en construcción compacta; motor y alternador, atornillados a un soporte acampanado, descansan en la bancada sobre soportes elásticos. Así se evita la transmisión de vibraciones del motor y alternador a la bancada. Vibraciones residuales se eliminan por cintas aislantes (p. ej. Sylomer) que se ponen en la cimentación antes de colocar el grupo. En principio, el grupo modular se puede instalar



poniéndolo en un suelo que pueda cargar con el peso del grupo, no se requieren ni fundamentos ni anclajes especiales. Tan solo hay que prevenir transmisiones de sonido locales.

### 1.01 Motor a gas Otto

Motor a gas OTTO, de cuatro tiempos, con turboalimentación de mezcla y refrigeración de la misma, con sistema de encendido de rendimiento elevado y regulación electrónica para la formación de la mezcla y para el encendido de antecámara, trabajando según el principio de

COMBUSTION DE MEZCLA POBRE "LEANOX"

desarrollado y patentado por GE JENBACHER.

#### 1.01.01 Construcción del motor

##### Bloque de motor

Cárter y bloque de cilindros fundidos en una pieza, disponiendo de tapas laterales para facilitar la inspección del motor

##### Cigüeñal y cojinetes principales

Cigüeñal forjado en estampa, rectificado fino, superficie templada, equilibrado estático y dinámico, con cojinetes entre cilindros. Cojinetes principales (semicojineta superior, cojineta trimetálica / semicojinete inferior, cojinete metalizado por bombardeo iónico), taladros para lubricación forzada para bielas

##### Amortiguador de vibraciones

Amortiguador de viscosa, libre de mantenimiento

##### Volante

Volante bipartido de acero con corona dentada zunchada para el arrancador

##### Pistones

Pistón de aluminio de una pieza con portanillos y ranura para aceite refrigerante. Segmentos y aros de escurrido de material selecto, cámara de combustión de diseño especial para obtener emisiones mínimas con combustión de mezcla pobre

##### Bielas

Forjadas en estampa, templadas, sección biselada, cojinete de biela (semicojinete superior, cojinete metalizado por bombardeo iónico / semicojinete inferior, cojinete ranurado) y semicojinete para bulón

##### Camisas

Fundición gris con aleación de Cr, refrigeración por agua, cambiables

##### Culatas

Diseñadas y desarrolladas para motores de GE JENBACHER que trabajan con combustión de mezcla pobre para obtener emisiones y pérdidas reducidas; Refrigeradas por agua; Fabricados de fundición especial; Cambiables individualmente; Asientos de válvula, guías y casquillos de bujías insertados a presión; Cada culata lleva una válvula de admisión y una de escape de material de alta calidad

##### Ventilación del cárter

Con recirculación en el tramo de admisión



#### Accionamiento de válvulas

A partir del cigüeñal por árbol de levas (con cojinetes cambiables) y engranaje intermedio, lubricación de las válvulas por aspersión de aceite desde los balancines

#### Preparación de la mezcla

Mezclador, turboalimentación, tuberías de mezcla con compensadores, refrigeración por agua, válvula de estrangulación, vías de aspiración hacia los cilindros

#### Sistema de encendido

Modernísimo sistema electrónico de rendimiento elevado, sin contactos móviles

#### Sistema de lubricación

Aceite a presión filtrado llega a todas las partes móviles. El circuito de lubricación incluye una bomba de engranajes, válvulas de regulación y de seguridad, cartuchos de filtro cambiables. La refrigeración del aceite se efectúa por intercambiador de calor aceite/agua

#### Sistema de refrigeración del motor

Bomba accionada, con todas las tuberías necesarias

#### Sistema de escape

Colectores, turboalimentador

#### Medición de la temperatura de escape

Por termoelemento en cada culata

#### Elemento de mando eléctrico

Para control electrónico de velocidad/potencia

#### Verificación electrónica de velocidad para el control de velocidad/potencia

Con receptor de impulsos por inducción magnética sobre la corona dentada del volante

#### Motor de arranque

Arrancador eléctrico con pihén (movido asialmente), montado en el motor

### 1.01.02 Equipo adicional del motor (repuestos de puesta en servicio)

El equipo inicial con los repuestos más necesarios para el funcionamiento después de la puesta en servicio está incluido en el alcance del suministro

### 1.01.03 Equipo del motor

#### Aislamiento de los colectores de los gases de escape

Los colectores de los gases de escape son aislados con mantas de lana de vidrio, fáciles de montar y desmontar

#### Sensores instalados en el motor

- Detector de temperatura del agua de refrigeración
- Detector de la presión del agua de refrigeración
- Detector de la temperatura del aceite
- Detector de la presión del aceite



- Detector de la temperatura de la mezcla
- Detector de la presión de alimentación
- Vigilancia del nivel de aceite (mín. y máx.)
- Temoalemento de escape para cada cilindro
- Control de detonaciones
- Posicionamiento/registro de la posición del mezclador de gas/válvula dosificadora de gas

#### Actuadores instalados en el motor

- Actuador de la clapeta
- Válvula del bypass turbo
- Posicionamiento/registro de la posición del mezclador de gas/válvula dosificadora de gas

### 1.01.04 Herramientas estándar (1/instalación)

Las herramientas necesarias para efectuar los mantenimientos más importantes están incluidas en el alcance del suministro y se entregan en una caja de herramientas.

### 1.02 Generador sincrónico de baja tensión

El generador de 2 cojinetes consta del generador principal como máquina de polos internos, de un generador de excitación como máquina de polos externos y del sistema de excitación digital. El regulador recibe la alimentación de potencia de un devanado auxiliar en el estator principal o un generador de imán permanente (PMG).

#### Componentes/subconjuntos:

- Carcasa de construcción de acero soldada
- El núcleo del estator consta de chapas magnéticas finas y aisladas con canales de refrigeración integrados
- Devanado del estator
- Factor de paso: 2/3
- Rotor compuesto por un eje con polos laminados zunchados en caliente, rotor excitador, PMG (dependiendo del tipo) y ventilador.
- Jaula amortiguadora
- Excitatriz con diodos rectificadores rotatorios y protección de sobretensión
- El equilibrio se efectúa dinámicamente según ISO 1940, calidad de equilibrio G2,5
- Plato del lado D, rodamiento reengrasable
- Plato del lado N, rodamiento reengrasable
- Refrigeración: IC01 ventilación abierta, entrada de aire en el lado opuesto al accionamiento, salida de aire en el lado de accionamiento
- Caja de bornes principal con bornes para el cable de potencia
- Caja de bornes del regulador con bornes auxiliares para sensor de temperatura y control del regulador
- Sistema de calentamiento en parada
- Tres Pt100 para supervisión de la temperatura del devanado + tres de reserva
- Dos Pt100 para supervisión de la temperatura de los cojinetes

#### Opcional:

- Transformador de intensidad con líneas de protección y medición en el punto neutro del generador xx1A, 10P10 15VA, xx1A, 1F55, 15VA



**Datos eléctricos y características:**

- Ejecución según normas: IEC 60034, EN 60034, VDE 0530, ISO 8528-3, ISO 8528-9
- Margen de regulación de la tensión:  $\pm 10\%$  de la tensión nominal (de manera continua)
- Intervalo de frecuencias:  $-6\%/+4\%$  de la frecuencia nominal
- Capacidad de sobrecarga: 10% durante una hora dentro de un periodo de seis horas, 50% durante 30 segundos
- Carga desequilibrada: máx. 8%  $I_N$  de manera continua, en caso de avería  $I_N \times t \leq 20$
- Altura de emplazamiento:  $< 1000$  m
- Temperatura de aspiración admisible por el generador:  $5\text{ }^\circ\text{C}$  a  $40\text{ }^\circ\text{C}$
- Máx. humedad relativa del aire: 90%
- Curva de tensión THD Ph-Ph:  $< 3,5\%$  a circuito abierto y  $< 5\%$  a plena carga con carga simétrica lineal
- Generador apto para funcionamiento en paralelo con la red y también con otros generadores en funcionamiento en isla
- Intensión permanente de cortocircuito en caso de defecto trifásico en bornes: mín. 3 veces la intensidad nominal durante 5 s
- Sobrevelocidad: el ensayo de sobrevelocidad conforme a IEC 60034 se efectúa con 1,2 veces la velocidad asignada durante 2 minutos

**Sistema de excitación digital ABB Unifrol 1010 incorporado en la caja de bornes del regulador (o bien en una caja de bornes auxiliar, dependiendo del tipo) con las siguientes características:**

- Sistema de excitación digital, robusto y compacto, para intensidades de excitación nominales hasta 10 A (20 da corriente de sobrecarga durante 10 s)
- La rápida respuesta de regulación y la tensión de excitación máxima durante faltas en la red favorece la estabilidad transitoria en caso de sucesos LVRT.
- El sistema dispone de mediciones libremente configurables con E/S analógicas o digitales. La configuración se efectúa con el programa informático CMT1000.
- Bornes de corriente:
  - Entrada alimentación de corriente trifásica del generador de imanes permanentes o devanados auxiliares
  - Entrada alimentación regulador 24 VDC
  - Salida excitación
- Bornes de medición: Tensión trifásica de la máquina, tensión de red monofásica, corriente monofásica de la máquina
- E/S analógicas: 2 salidas / 3 entradas (configurables), salidas de referencia  $+10$  V /  $-10$  V
- E/S digitales: 4 entradas (configurables), 8 entradas/salidas (configurables)
- Bus de campo serie: RS485 para Modbus RTU o VDC (distribución de la carga reactiva para hasta 31 máquinas GEJ en funcionamiento en isla), bus CAN para comunicación bicanal
- Funcionamiento del regulador con transición sin discontinuidades entre todos los modos de funcionamiento:
  - Regulador automático de la tensión (AVR): precisión 0,1% a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  UT
  - Regulador de la corriente de campo (FCR)
  - Regulador del factor de potencia (PF)
  - Regulador de la potencia reactiva (VAR)
- Limitador: Mantiene las máquinas síncronas en un margen de funcionamiento seguro y estable:
  - Limitador de la corriente de excitación (límite de subexcitación mín. / límite de sobreexcitación máx.)
  - Limitador de PQ mín.
  - Limitador de la corriente de la máquina
  - Limitador de WHz
  - Limitador de la tensión de la máquina



- Adaptación de la tensión durante la sincronización
- Supervisión de los diodos rotorios → supervisión de fallo de los diodos
- Dos canales / supervisión: Permite el funcionamiento con dos canales basado en autodiagnóstico y seguimiento del valor de consigna mediante comunicación CAN. Está disponible como opción.
- La sincronización está disponible como opción
- La función PSS (bucles de estabilización) está disponible como opción. (La función de estabilización del deslizamiento es conforme con la norma IEEE 421.5-2005 2A/2B y aumenta la estabilidad del generador en el margen de funcionamiento más extenso posible).
- Representación mediante computadora para estudios de la función PSS: ABB 3BHS354050 E01
- Certificados: CE, certificación cUL según UL 508c (conforme con CSA), DNV class B.

#### Software de puesta en servicio y de mantenimiento CMT1000:

(para personal de puesta en servicio / mantenimiento cualificado)

El programa se utiliza para ajustar todos los parámetros y el PID, con el fin de garantizar un funcionamiento estable. El programa CMT1000 permite una supervisión compleja del sistema, que ayuda al operador a detectar y localizar in situ problemas durante la puesta en servicio. El programa CMT1000 está conectado con UNTRON 1000 a través de una interfaz Ethernet o USB. Ethernet permite el acceso remoto desde distancias hasta 100 m.

#### Ventana principal:

- Indicación del modo de acceso e información sobre el aparato.
- Los parámetros solamente se pueden modificar en el modo de acceso CONTROL.
- El símbolo LED indica que todos los parámetros están guardados en la memoria no volátil.
- Ventana para ajuste del valor de consigna:
  - Resumen de todos los modos de funcionamiento del regulador, alarmas, estados del generador y de los limitadores activos.
  - Ajuste del valor de consigna y aplicación de pasos de trabajo para el ajuste del PID.
- Osciloscopio:
  - De 20 canales registrados se pueden seleccionar 6 señales. La resolución de tiempo es de 50 ms. Los archivos se pueden guardar en el PC para su examen posterior.
- Mediciones:
  - Todos los valores medidos importantes para el generador se representan en una pantalla.

#### Ensayos de control en fábrica:

Durante la serie de ensayos de control en fábrica, el fabricante del generador efectúa los siguientes ensayos de rutina:

- Medición de la resistencia DC de los devanados del estátor y del rotor
- Comprobación de todos los elementos instalados (por ejemplo, Pt100, sistema de calentamiento en parada, etcétera)
- Medición de la resistencia de aislamiento de los siguientes componentes:
  - Devanado del estátor y devanado del rotor
  - Devanado del estátor (Pt100 o termistores PTC)
  - Cojinetes (Pt100)
  - Sistema de calentamiento en parada
  - Cojinetes
- Índice de polarización
- Característica de funcionamiento en vacío (tensión remanente)
- Simetría de tensión estátor
- Sentido de giro del campo rotorio
- Medición de la intensidad de vibración según CEI 60034-14





- Ensayo de excitación
- Parametrización y ensayo del sistema de excitación digital
- Ensayo de alta tensión del devanado del estator ( $2 \cdot U_{\text{nom}} + 1000 \text{ V}$ ) y del devanado de rotor (mín. 1500 V)

### 1.03 Equipamiento del módulo

#### Bastidor del grupo

Bastidor de perfiles de acero soldados para el montaje del motor, el generador y los intercambiadores de calor.

#### Embrague elástico

Embrague enchufable, sin juego, con limitación del par, para conectar el motor con el generador. El embrague aísla el generador de las vibraciones armónicas principales producidas por el par cambiante del motor.

#### Campaña del embrague

Para el acoplamiento céntrico y rígido del motor y el generador con dos ventanas de ventilación y de control para el embrague con cubierta de chapa perforada.

#### Apoyo elástico

Rieles de goma dispuestos de forma uniforme respecto al centro de gravedad del motor y del generador entre el motor o el generador y el bastidor, así como tiras de silómero entre el bastidor del módulo y el zócalo de asiento, para aislar las vibraciones.

#### Conducto de gases de escape en el grupo

Conexión al turbocompresor de gases de escape, incluido el compensador para compensar las dilataciones térmicas y desacoplar las vibraciones.

#### Filtro del aire de aspiración

Filtro seco de aire con cartuchos filtrantes intercambiables, elementos de unión elásticos con el mezclador de gases. Indicador de mantenimiento para controlar el filtro.

#### Armario de interfaz

Armario de chapa de acero cerrado por todos sus lados, puerta con junta de goma perfilada. Montado y cableado en el grupo listo para funcionar.

Pintura: RAL 7035

Grado de protección: IP 54 fuera IP 20 dentro (protección contra el contacto directo con partes activas)

Ejecución conforme a DIN VDE 0660, parte 500 o IEC 438-1 o EN 60 438-1/1990.

Temperatura ambiente 0-40°C, humedad relativa 70%.

#### Dimensiones:

- Altura: 1.000 mm
- Anchura: 800 mm (1.000 mm sin BR 4)
- Profundidad: 300 mm

Alimentación con corriente de mando desde el cargador de baterías.



Alimentación de los servicios auxiliares: (por el proveedor de la instalación de alimentación de los servicios auxiliares)  
3 x 400 / 230 V, 50 Hz, 16 A

Contiene:

- Regleta de terminales
- Grupos de entrada/salida descentralizados, unidos a través de una interface de bus de datos con el control del motor central en el gabinete de control del módulo
- Cálculo de las revoluciones por minuto
- Transductor de medición para la tensión de excitación
- Relés, contactores, autómatas, guardamotores para el control de válvulas y servicios auxiliares
- Aire acondicionado (la opción)

### 1.03.01 Sistema de refrigeración del motor

En circuito cerrado, con:

Depósito de dilatación

- Dispositivos de rellenado (válvulas de cierre y de reducción de presión, manómetro)
- Válvula de seguridad
- Termostato de cortocircuito (regulador mecánico de temperatura)
- Tuberías necesarias en el grupo modular
- Purgas de aire y de vaciado
- Bomba de agua de refrigeración con válvula de retención
- Caldeo para el agua de refrigeración

### 1.03.02 Rellenado automático de aceite con tanque adicional de aceite

Rellenado automático de aceite

Válvula magnética controlada por detectores de nivel, incorporada en la tubería de rellenado, con mirilla para control visual, detector de nivel máx. y mín. para parar el grupo, dispositivo para actuación manual de la válvula magnética para rellenado inicial y cambios de aceite

Purga de aceite

Pasando por la bancada, con llave de cierre

Tanque adicional de aceite 150 l

Para aumentar el volumen de aceite con el fin de prolongar la durabilidad de aceite

Bomba de refrigerante

Sirve a la refrigeración del turbocompresor, tiempo de marcha: 15 minutos después del paro del motor

Compuesto de:

- Bomba de aceite 250 W, 400/230 V
- Filtro de aceite
- Tubería necesaria

### 1.04 Sistema de recuperación térmica

Los intercambiadores de calor mezcla/agua caliente de proceso, aceite/agua caliente de proceso, intercambiador de gases escape/agua caliente de proceso y agua de camisas del motor/agua caliente de



proceso están montados sobre el motor, respectivamente sobre la bancada del grupo, para formar una unidad compacta con el grupo, completamente entubada.

El aislamiento de los intercambiadores de calor y de las tuberías no se incluye en el suministro de GE Jenbacher.

#### **Intercambiador de calor mezcla/agua caliente de proceso**

La recuperación de calor se realiza a través de un intercambiador térmico de dos etapas instalado en el motor. La primera etapa está integrada en el circuito de agua caliente de proceso, en la segunda etapa se necesita agua a baja temperatura.

#### **Intercambiador de calor aceite/agua caliente de proceso**

La recuperación de calor se efectúa a través del intercambiador tubular, integrado en el circuito de agua caliente de proceso.

#### **Intercambiador de calor agua camisas del motor/agua caliente de proceso**

Intercambiador de placas, adosado a la bancada del grupo para formar una unidad compacta, completamente entubada, para la recuperación de la energía térmica del agua de refrigeración de los cilindros.

#### **Intercambiador de calor de gas de escape/agua caliente de proceso**

Adosado a la bancada del grupo y completamente entubado, para recuperar la energía térmica de los gases de escape.

El intercambiador de gases de escape se compone de los elementos siguientes:

- Cámara de entrada, con conexiones para limpieza
- Intercambiador compacto con haz de tubos
- Cámara de salida, con conexiones para limpieza y con purga de condensados
- Elemento termoelectrónico para registrar la temperatura de los gases de escape en la salida del intercambiador

### **1.05.01 Alimentación de gas combustible <500mbar**

Compuesto de:

- Órgano de bloqueo
- Filtro de gas, fineza <math>3\mu\text{m}</math>
- Regulador de presión de gas previa
- Manómetro con llave con pulsador
- Válvulas electromagnéticas
- Dispositivo de vigilancia de estanqueidad
- Presostato de gas (min.)
- Regulador de presión de gas
- Contador de gas (opcion)
- pit reglaje (opcion)

Construcción de acuerdo con DIN-DVGW.



## 1.07 Barnizado

• <b>Composición:</b>	Imprimación resistente al aceite Barnizado final de resina artificial	
• <b>Color:</b>	Motor	RAL 6018 (verde)
	Bancada	RAL 6018 (verde)
	Alternador	RAL 6018 (verde)
	Armario de interfaces del grupo	RAL 7035 (gris luminoso)
	Amaricos	RAL 7035 (gris luminoso)

## 1.11 Armario de control del módulo

<b>Dimensiones:</b>	
• <b>Alto:</b>	2200 mm (incluyendo 200 mm del zócalo)
• <b>Ancho:</b>	1000 mm
• <b>Profundidad:</b>	600 mm

Suministro de tensión de control de la batería de arranque o de control: 24 V DC

Tensión auxiliar: (del cliente / del suministrador del equipo de alimentación auxiliar)  
3 x 400/230 V, 50 Hz, Intensidad a definir (aproximadamente xx A)

Armario de control por módulo

**Motor - Management - System DIA.NE XT 3** (Dialog Network new generation)

**Estructura de la visualización del control centralizado del módulo**

**1) Visualización:**

PC Industrial con 10.4" DVGA LCD gráficos de colores y 11 teclas de Funciones.

Teclado numérico con la entrada de datos.

Teclas para INICIO, PARADA, interruptor del generador APAGADO, interruptor del generador ENCENDIDO/SELECCIÓN, selección de imágenes y funciones especiales.

**Lista de señales:**

- Ethernet (twisted pair) para la conexión con el servidor DIA.NE WIN
- CAN-Bus: comunicación Bus para sensores y actuadores inteligentes.
- Conexión del bus de datos con entradas y salidas del control.
- **OPCIÓN:** Acoplamiento al Mesler Control conforme con la Lista de Opciones de GE Jenbacher (MODBUS-RTU Slave, PROFIBUS-DP Slave)

Protección ipc: IP 65 (Frente)

Medidas: ancho x alto x profundidad = aprox. 212 x 255 x 95mm

En la pantalla se resume de forma clara y funcional los valores, a la vez que su representación gráfica. El manejo se efectúa con teclas en pantalla y de funcionamiento.

**Pantalla principal**

- Esquema eléctrico
- Aceite y esquema hidráulico



- Datos del gas
- Regulador del motor
- Datos de cilindros
- Datos de gas de escape
- Reguladores auxiliares
- Pantallas de reserva para aplicaciones del cliente
- Pantallas de sistema
- Gestión de parámetros
- Configuración de usuario
- Gestión de alarmas

#### Administración de datos:

Instalación, visualización y memorización de todos los parámetros y su administración

#### Administración de alarmas:

Listado con todas las variables y alarmas sucedidas, ordenadas por tiempo y por fechas

#### 2) Control central del motor y del módulo:

Un sistema de control industrial, construido modularmente, dirige el módulo y sus maniobras (preparativos de arranque, arranque, parada, postrefrigeración, manejo de auxiliares), así como todas las funciones de regulación.

#### Funciones de regulador

- Regulador de velocidad para el funcionamiento en vacío y en isla
- Regulación de potencia para el funcionamiento en isla, según señal interna o externa
- Regulador LEANOX para mantener la presión de carga según la potencia del generador y la temperatura de la mezcla en el intercambiador del motor
- Regulador de detonaciones: Dependiendo del punto de encendido, la potencia y las condiciones de la instalación, y regulación de la temperatura de la mezcla según las detonaciones
- Equilibrio de potencias para el funcionamiento de varios módulos en paralelo
- Reducción lineal de potencia para sobretemperaturas e intermitencias

- Contactos para señales según lista de señales
- Multiconvertidor para monitorizar las siguientes señales del generador:
  - Corriente por fase ( con el máximo desde el arranque)
  - Corriente de neutro
  - Tensiones fase-fase y fase-neutro
  - Potencia activa ( la máxima desde el arranque)
  - Potencia reactiva
  - Potencia aparente
  - Factor de potencia
  - Frecuencia
  - Energía activa
  - Energía reactiva

Señal de 0- 20 mA salida para potencia activa o bien impulsos para energía

Para alarmas del generador se dispone en el multiconvertidor de las siguientes señales (máx. 8 funciones simultáneas):

- Sobrecarga/cortocircuito [51], [50]
- Tensión máx. [50]
- Tensión mín. [27]



- Asimetría tensiones [54], [56N]
- Asimetría corrientes [48]
- Fallo Excitación [40]
- Frecuencia máx. [81>]
- Frecuencia mín. [81<]
- Selector de modo de funcionamiento con las siguientes posibilidades:
  - "OFF"  
No hay modo de funcionamiento, el grupo se para automáticamente
  - "MANUAL"  
Operación manual (inicio, parada) posible, módulo para operación totalmente automática no disponible
  - "AUTOMÁTICO"  
Funcionamiento completamente automático, tras recibir una señal externa:
    - Arranque automático  
Funcionamiento automático, regulando la potencia mediante señal exterior
    - Parada con un 1 minuto de refrigeración del motor y 5 minutos de refrigeración de los auxiliares
- Interruptor selectorador de demandas con las posiciones:
  - Demanda apagada
  - Demanda encendida
  - Demanda remota
- Equipo para separar los auxiliares del red con interruptor de clima

**Alarmas con efecto de parada del grupo (lista orientativa)**

- Presión de aceite mínima
- Nivel de aceite del motor mínimo
- Nivel de aceite del motor máximo
- Temperatura de aceite máxima
- Presión del agua de refrigeración mínima
- Presión del agua de refrigeración máxima
- Temperatura del agua de refrigeración máxima
- Sobrevelocidad
- Desconexión de emergencia / circuito de seguridad
- Presión del gas mínima - fallo en la compa de gas
- Fallo en el arranque
- Fallo en la parada
- Falta de condiciones para el arranque del motor
- Falta de condiciones para el servicio del motor
- Intermitencias en el encendido
- Temperatura de la mezcla máxima
- Fallo de la señal de medición
- Sobrecarga/fallo señal de potencia
- Sobrecarga del alternador/cortocircuito
- Tensión generador máx./mín.
- Frecuencia generador máx./mín.
- Generador asimetría tensiones
- Generador asimetría corrientes
- Potencia inversa del alternador
- Temperatura máxima del bobinado del alternador
- Fallo en la sincronización
- Fallo, detonaciones en los cilindros



**Alarma con efecto de alarma óptica (sin parada del motor, lista orientativa):**

- Temperatura mínima del agua de refrigeración
- Fallo de la batería del PLC

**Avisos de servicio**

- Listo para arranque automático
- En operación (motor en servicio)
- Interruptor del generador cerrado

**Mensajes remotos:**

(contactos sin potencial)

- 1 C = un contacto que cierra
- 1 A = un contacto que abre
- 1 C/A C = un contacto que abre-cierra (conmutado)

- Listo para arranque automático (hace el control de la central) 1 C
- Servicio (motor en marcha) 1 C
- Señal integrada perturbaciones con efecto de parada 1 A
- Señal integrada perturbaciones con efecto de alarma 1 A

**Por parte del cliente se deben prever las señales siguientes:**

- Demanda módulo (de control superior) 1 C

**Sincronización individual automática**

Para la sincronización automática del módulo con el interruptor del generador en la red, en la técnica SPS. Montado en el gabinete de control del módulo.

**Compuesto por:**

- Selector de sincronización " Manual" o " Automática"
  - Automática:**  
Sincronización automática del módulo una vez que el control del motor lo permita
  - Manual:**  
Se debe iniciar la sincronización manualmente pulsando un botón. Posteriormente la sincronización se realiza de forma automática
  - O:  
No se puede realizar la sincronización
- Hardware adicional: en el PLC para una sincronización completamente automática, la sincronización del grupo y la vigilancia de la señal de la red "Interruptor de la red Cerrado"
  - Lógica para control de
  - Posiciones lógicas de los interruptores
  - Problemas con el cierre
  - Problemas con la apertura
- Sincronizador automático, con salidas analógicas para el control electrónico de la velocidad de los grupos, doble voltímetro, doble frecuencímetro, y sincronoscopio
- Regulador automático de tensión mediante circuito electrónico (en el generador Stamford)
- Botón luminoso "INTERRUPTOR DEL GENERADOR ENCENDIDO / SELECCIÓN" para el aviso óptico de la selección de sincronización



- para el aviso óptico "interruptor del generador cerrado"
- para la selección manual de sincronización en posición MANUAL del interruptor seleccionador de sincronización
- para la conexión manual del interruptor del generador en la barra bus sin tensión (primera conexión) en posición MANUAL del interruptor seleccionador de sincronización
- Botón luminoso "INTERRUPTOR DEL GENERADOR APAGADO"
- para el aviso óptico "interruptor del generador abierto"
- para la desconexión manual del interruptor del generador
- Diversos relés de protección y control
- Monitor de tensión para supervisar la tensión del bus principal (solo en modo isla)

**Indicaciones de servicio:**

- interruptor del generador cerrado
- interruptor del generador abierto

**Indicaciones de fallos:**

- interruptor del generador mensaje de posición averiado
- interruptor del generador falla de conexión
- interruptor del generador falla de desconexión

**Señales remotas:**

(contactos sin potencial)

- interruptor del generador cerrado

Los siguientes mensajes o señales deben ser puestas a disposición de GE Jenbacher por el proveedor de la instalación de mando:

• Señales de estado:	interruptor del generador ENCENDIDO	1C
	interruptor del generador APAGADO	1C
	interruptor del generador listo para conectar	1C
	interruptor de red ENCENDIDO	1C
	interruptor de red APAGADO	
	interruptor de red cerrado	1C
	interruptor de red abierto	1C

- tensión de red 3 x ... / ... V (a concretar)
- tensión de la barra bus 3 x ... / ... V (a concretar)
- tensión del generador 400 V

convertidor de tensión en estrella/conexión en estrella con al menos 50 VA y cl. 1

Las siguientes señales o mensajes son dispuestos por GE Jenbacher para el proveedor de la instalación de mando sin potencial en bornes:

- COMANDO ENCENDIDO/APAGADO para interruptor del generador (contacto permanente) 1C + 1A
- Control del disparador de subtenaión 1C





### 1.11.03 Telesenalización a través de PROFIBUS-DP

Transferencia de datos desde el control modular de Jenbacher a la tecnología de conductores en la obra a través de la red PROFIBUS-DP según la norma EN 50170/2.

Velocidad de transferencia: hasta 1,5 MBit/s

La transferencia de datos por parte del MASTER en la obra debe realizarse cíclicamente.

#### Datos transmitidos:

Avisos de interferencias individuales, avisos operativos, valores de medición para: potencia del generador, presión de aceite, temperatura de aceite, presión de agua refrigerante, temperatura de agua refrigerante, temperaturas de gases de escape del cilindro y colectivos.

#### Límite de entrega de GE Jenbacher:

Terminal bus RS485 en el gabinete de control modular.

### 1.11.06 Transmisión de datos a distancia con DIA.NE XT - HERMES

#### Generalidades

HERMES es un sistema de transmisión de datos para DIA.NE XT. HERMES se clasifica de 3 tipos de conexiones y 2 de aplicaciones.

#### Tipos de comunicación

##### 1.) LAN

Conexión planta-cliente a través de la red local

#### Alcance de suministro

- DIA.NE WIN – Servidor (PC industrial sin pantalla, teclado y ratón, montado en el armario de control, incluido el sistema operativo)
- Ethernet - Tarjeta de red (10/100 BASE T)

#### Requisitos exigidos al cliente

- Ethernet - Tarjeta de red (10/100 BASE T)
- Ethernet – Cableado entre DIA.NE WIN-Servidor y ordenador del cliente

##### 2.) Internet (OPCIÓN)

Comunicación instalación – cliente por medio de una conexión de Internet segura

Véase también Instrucciones Técnicas IT 2300 - 0006

#### Alcance del suministro

- Servidor DIA.NE WIN (PC industrial sin monitor, teclado y mouse, montado en el armario de distribución, incluyendo sistema operativo)
- Tarjeta de red Ethernet (10/100 BASE T)
- Aplicación de Firewall con posibilidad de conexión de una red de clientes con un máximo de 10 hosts. (instalación y mantenimiento por parte de GE Jenbacher, incluso durante el período de garantía, luego con costo como paquete de servicios) (montado en el gabinete de control modular)
- Paquete Feature – Service (control de conexión, sincronización horaria para el servidor)



#### Prestaciones de obra

- Acceso de internet por banda ancha  
Posibilidad de conexión de la aplicación de Firewall en el router de internet por medio de Ethernet (jack RJ45).

#### 3.) Internet inalámbrico (opción)

Comunicación instalación – cliente por medio de una conexión de Internet segura

Véase también Instrucciones Técnicas IT 2300 - 6006

#### Alcance del suministro

- Router para internet inalámbrico (incl. antena)
- Servidor DIA.NE WIN (PC industrial sin monitor, teclado y mouse, montado en el armario de distribución, incluyendo sistema operativo)
- Tarjeta de red Ethernet (10/100 BASE T)
- Aplicación de Firewall con posibilidad de conexión de una red de clientes con un máximo de 10 hosts (instalación y mantenimiento por parte de GE Jenbacher, incluso durante el periodo de garantía, luego con costo como paquete de servicios) (montado en el gabinete de control modular)
- Paquete Feature – Service (control de conexión, sincronización horaria para el servidor)

#### Prestaciones de obra

- Tarjeta SIM para 3G

#### Aplicaciones

##### 1.) DIA.NE WIN

DIA.NE WIN es un sistema de operación hombre-máquina para los motores a gas Jenbacher, basado en Windows. El sistema ofrece grandes posibilidades en la puesta en marcha, la vigilancia, el mantenimiento y el diagnóstico de la instalación. La opción DIA.NE WIN completa la visualización cercana al motor del DIA.NE XT respecto al confort de manejo, análisis de los datos históricos y manejo a distancia. Pueden funcionar con más de una estación de manejo, paralelamente y de forma independiente por separado. El sistema responde a un ordenador central (DIA.NE WIN – Server) que viene montado en el armario de control y a una o más estaciones de control (DIA.NE WIN – Cliente). Como plataforma utilizar el Internet Explorer de Microsoft.

#### Funciones

Manejo y vigilancia, gráfico de tendencias, gestión de alarmas, administración de los parámetros, históricos de larga duración, sistema multipuesto, manejo a distancia, OPC (OLE for process control), función de impresión o exportación, protocolos con los datos de funcionamiento, disponible en varios idiomas.

#### Alcance de suministro

- Paquete de Software DIA.NE WIN en DIA.NE WIN – Server
- DIA.NE WIN – Licencia del cliente (Derecho de conexión de un usuario al servidor de una instalación)

#### Requisitos exigidos al cliente

- PC estándar con teclado, ratón y pantalla (resolución mínima 1024\*768)
- Alimentación 230 V para el PC
- Sistema operativo Windows 98, Windows NT, Windows 2000 o Windows XP
- Internet Explorer de Microsoft (mínimo Versión 6.0) incluido soporte de Java



### 2.) DIA.NE RMC (OPCIÓN)

DIA.NE RMC (Remote Message Control) es el sistema automático de alarma para DIA.NE XT. Con DIA.NE RMC se pueden transmitir, a través de una "Central de transmisión de datos a Distancia y de modo totalmente automatizado, los mensajes más importantes del funcionamiento de DIA.NE XT y el sistema de gestión de alarmas. Pudiéndose transmitir enviando vía E-Mail, Fax o SMS. Además la "Central de transmisión de datos a distancia" podrá visualizar ciertos mensajes prefijados. El sistema consta de un ordenador central (Servidor DIA.NE WIN) que va montado en el armario y uno o más "centrales de transmisión de datos a distancia" por parte del cliente.

#### Alcance de la función

Transmisión automática de mensajes al cliente, envío automático a través de E-Mail, Fax o SMS, visualización e impresión de los mensajes (también distribuidos por LAN), transmisión automática y manual de mensajes, datos de tendencia, protocolos con los datos de funcionamiento

#### Alcance de suministro

- Paquete de Software DIA.NE message de DIA.NE WIN-Servidor
  - Paquete de Software DIA.NE control y DIA.NE report de "Central de transmisión de datos a distancia"
- Sólo en caso de variante de conexión "Internet":
- Aplicación de Firewall para la computadora del cliente con posibilidad de conexión de una red de clientes con un máximo de 10 hosts (instalación y mantenimiento por parte de GE Jenbacher, incluso durante el periodo de garantía, luego con costo como paquete de servicios)

#### Requisitos exigidos al cliente

- PC estándar con teclado, ratón y pantalla (resolución mínima 1024\*768)
  - Alimentación 230 V para el PC
  - Sistema operativo Windows 2000 (Professional y Server), Windows XP Professional o Windows Server 2003.
  - Conexión a Internet (cuenta de proveedor) en el caso de tener que distribuir los mensajes a una dirección de E-Mail (incluso SMS para móviles y "busca"). El móvil y/o "Busca" son de igual modo parte del suministro del cliente.
  - Por parte del cliente, disponer del correspondiente Software de fax para poder distribuir los mensajes por Fax.
- Sólo en caso de variante de conexión "Internet":
- Acceso de internet por banda ancha
- Posibilidad de conexión de la aplicación de Firewall en el router de internet por medio de Ethernet (jack RJ45)

## 1.20.03 Dispositivo de arranque

#### Baterías de arranque:

2 x 12 V Baterías de plomo, 200 Ah (según DIN 72311) con carcasa, terminales y verificador de acidez.

#### Control de voltaje de baterías:

Mediante un dispositivo de control de la tensión.

#### Dispositivo de carga de la batería:

Para cargar la batería de arranque según la curva característica I/U y para alimentar los consumidores de corriente continua conectados.

Montado en el armario de interfaz modular o armario de control del módulo.



**Datos Generales:**

• Alimentación	3 x 320 - 550 V, 47 - 63 Hz
• Potencia absorbida máx.	1060 W
• Tensión nominal	24 V
• Rango de ajuste	24 a 28,8 V
• Corriente nominal	40 A
• Dimensiones	240 x 125 x 125 mm
• Grado de protección	IP 20 según IEC 529
• Temperatura para servicio	0 °C - 60 °C
• Clase de protección	I
• Clase de humedad	3K3, sin condensación
• Refrigeración natural por aire	
• Normas	EN50050, EN50178 UL/cUL (UL508/CSA 22.2)

**Señalización:**

LED verde:	tensión de salida > 20,5 V
LED amarillo:	sobrecarga, tensión de salida < 20,5 V
LED rojo:	desconexión

**Memoria de control:**

- Batería de plomo 24 VDC/18 Ah

### 1.20.05 Calentador eléctrico del agua de camisas

Integrado en el circuito de agua de camisas consiste en:

- Resistencias de calentamiento
- Bomba de circulación de agua

El agua de camisas de una máquina parada se mantiene entre los 55°C y los 60°C, para permitir un arranque inmediato.

### 1.20.08 Conexiones Elásticas

Las siguientes conexiones elásticas están contenidas en el suministro de GE Jenbacher.

Can. Tipo	Unidades	Medida	Materia
2 Entrada y salida del agua caliente	DNPN		80/10 Acero inoxidable
1 Salida de gases de escape	DNPN	250/10	Acero inoxidable
1 Gas combustible en la rampa	DNPN	(de gas)	Acero inoxidable
2 Entrada y salida del agua	DNPN	80/10 (de intercooler)	Acero inoxidable
2 Rellenado y vaciado de aceite	mm	28	Manguera

Todas las conexiones elásticas vendrán con las juntas y uniones correspondientes.



## 2.00 Armarios de control

Los armarios de control consisten de armarios de chapa de acero, totalmente cerrados, con puerta delantera con juntas de goma, con cableado hasta listones de bornes, listos para el servicio. Cuentan con una rejilla en la parte inferior para ventilación natural.

**Protección:** exterior IP 42  
 interior IP 20 (para evitar que se puedan tocar elementos que están bajo tensión).

Construcción de acuerdo con EN 61439-2 / IEC 61439-2 y ISO 6528-4  
 Temperatura de ambiente 5 - 40 °C y 70 % de humedad relativa

**Color:** Armario RAL 7035 (gris luminoso)  
 Zócalo RAL 7020

### 2.01.06 Control del interruptor de red y resincronización automática

(Montado en el gabinete de control del módulo)

Para la sincronización automática (resincronización] del módulo con el interruptor de red en la red, en la técnica SPS.

**Contiene:**

Ampliación de hardware del control programable con memoria para la selección automática de sincronización y sincronización del módulo con el interruptor de red en la red.

Lógica para el control de:

- estados de conmutación lógicos
- Falta de conexión
- Falta de desconexión

**Interruptor de control**

interruptor de red APAGADO / ENCENDIDO / SELECCIÓN

- para la desconexión manual del interruptor de red
- para la selección manual de sincronización en posición MANUAL del interruptor seleccionador de sincronización
- para la conexión manual del interruptor de red en la barra bus sin tensión (primera conexión) en posición MANUAL del interruptor seleccionador de sincronización

Selección automática de sincronización y sincronización del módulo tras retorno de red y después del tiempo de reposo de la red con el interruptor de red en posición AUTOMÁTICO del interruptor seleccionador de sincronización.

Selección manual de sincronización del módulo con el interruptor de red, en posición MANUAL del interruptor seleccionador de sincronización, por accionamiento del interruptor de control interruptor de red.

Luego sincronización automática del módulo con el interruptor de red en la red.

- Div. relé de control



**Mensajes operativos:**

- interruptor de red cerrado
- interruptor de red abierto

**Mensajes de falla:**

- interruptor de red acuse de recibo de posición averiado
- interruptor de red sobrecarga/cortocircuito
- interruptor de red falta de conexión
- interruptor de red falta de desconexión

**Señales remotas:**

(contactos sin potencial)

- interruptor de red cerrado 1 C
- falla de la red 1 C

Los siguientes avisos o señales deben ser puestos a disposición de GE Jenbacher por parte del fabricante de la instalación de mando:

- acuses de recibo
 

interruptor de red listo para conectar a carga	
de conmutación introducido	1 C
interruptor de red cerrado	1 C
interruptor de red abierto	1 C
interruptor de red sobrecarga/cortocircuito	1 C
Control in situ del interruptor de red en posición	
REMOTO	1 C
(en caso de que existe el control in situ)	

Tensión de red antes del interruptor de red a 3 x 400/230 V, o bien 3 x 110V/√3, otras tensiones de medición a pedido

tensión de red después del interruptor de red a 3 x 400/230 V, o bien 3 x 110V/√3, otras tensiones de medición a pedido

Convertidor de tensión en estrella/conexión en estrella con al menos 50 VA y cl. 1

Las siguientes señales o mensajes son dispuestos por GE Jenbacher para el proveedor de la instalación de mando sin potencial en bornes:

- Comando interruptor de red ENCENDIDO 1 C
- Comando interruptor de red APAGADO 1 C

## 2.02 Desacople de red

**Función:**

Para un desacople rápido del alternador en caso de fallo de red se requieren las siguientes señales:

- Control de tensión: Dos parámetros de disparo por mínima y máxima tensión o/a.
- Control de frecuencia: Dos parámetros de disparo por mínima y máxima frecuencia o/a.
- Retardos de disparo por tensión y frecuencia ajustable en forma independiente
- Control de micro-cortes mediante salto de vector o control d/dt para garantizar tiempos de actuación rápidos
- Indicador alfanumérico con diodos luminosos de todos los parámetros y valores medidos para el funcionamiento normal y en caso de disparo.



- Claves de acceso para evitar cambios de parámetros no deseados.

**Alcance de suministro:**

Relé de protección de red digital con almacenamiento de datos de disparo, indicador de medida y autocontrol.

Parameter	Parameter limit	Max time delay[s]	Comments
40-51Hz			Do work normal
f<[ANSI 81U]	49Hz	0,5	Load reduction with 10% fHZ below 49Hz
f<<[ANSI 81U]	48,5Hz	0,1	
f>[ANSI 81O]	51,5Hz	0,1	Load reduction with 30% fHZ higher 51Hz
U<[ANSI 27]	90%	1	Load reduction with 1% P /%U below 95%
U<<[ANSI 27]	80%	0,2	Load reduction with 1% P /%U below 95%
U>[ANSI 59]	110%	30	Load reduction with 1% P /%U above 105%
U>>[ANSI 59]	115%	0,2	Load reduction with 1% P /%U above 105%
den [ANSI 81R]	2Hz/s, 5 Periods		Cos phi range
Or	Or		0,8ind (overexcited)
Vector shift [ANSI 78]	8° -3pol		- 1

**2.03.02 Control de potencia**

Mediante señal analógica del lado del cliente

**Función:**

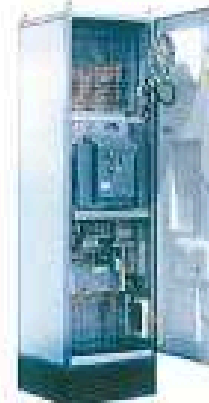
Una señal libre de potencial externa (0/4-20 mA) = 50-100% de potencia nominal. La señal es una consigna para el regulador de potencia.



En Plantas con múltiples módulos, esta señal puede ser conectada en serie con todos los reguladores, de manera que las cargas de todos los motores se equilibren.

## 2.04 Celda de generador para baja tensión según IEC/EN

Tensión nominal:	3x400/230V, 50Hz	
Corriente nominal:	1600A	
Esquema de conexión a tierra:	TN-CS	
Grado de protección:	IP54 fuera, IP20 dentro	
Temperatura ambiente:	+5 °C a +40 °C (50 °C con limitación de cargas)	
Estándar/norma:	IEC/EN 61439-1+2 e IEC/EN 60204-1	
Color del armario:	RAL 7035	
Dimensiones:	Altura:	2000 mm (+ zócalo)
	Anchura:	600 mm
	Profundidad:	600 mm –
		800 mm
	(en función de la salida de cables)	



### Función:

El interruptor del generador separa el generador de la red en caso de avería y en la parada del motor de gas durante el funcionamiento normal. La conexión (cierra) del interruptor del generador se efectúa siempre exclusivamente a través del sistema de mando del motor de gas.

- Longitud del cable entre la celda de generador y el armario de mando del módulo: < 50 m

### En el armario van instalados los siguientes elementos:

- - 1 disyuntor:
  - Montaje: fijo
  - Tripolar con accionamiento por motor
  - Dispositivo electrónico de disparo integrado consistente en:
    - Disparador fuertemente retardado ajustable para la protección de sobrecarga
    - Disparador selectivo ajustable para la protección contra cortocircuito
    - Disparador de mínima tensión, disparador por corriente de trabajo, bobina de conexión: 24 V (DC), los mensajes de estado, las órdenes y las señales están conectados a bornes.
  - Cerradero con candado
  - Tempo de establecimiento: < 70 ms
  - Tempo de corte: < 60 ms
  - Corriente de cortocircuito máxima admisible 65kA:
  - Poder de corte Ioc (440/690VAC): 65/50kA
  - Poder de cierre Icm (440/690VAC): 143/100kA
  - Corriente de corta duración admisible Icw (1 s): 65kA
- - 3 transformadores de intensidad: 1600VA/1 A, 1F55, 30 VA (0,5F55, 15 VA) conectados a bornes
- - 1 sistema de barras de cobre pentapolar (L1, L2, L3, PE, N + puente PEN) para conexión de cable
- - Regleta de bornes para cables de mando
- - Ventilador del armario, mandado por termostato
- - Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias tipo 2 según EN 61643-11,  $U_{cmax}$  2,5 kV para servicios auxiliares
- - Tensión del generador para sincronización y medición conectada a bornes
- - Tensión de la barra colectora para sincronización conectada a bornes





- - Salida para los servicios auxiliares de GEJ (tripoletar con xxA, solo para 3 F - 400/230 V, 50 Hz)

## 2.12 Central detectora de gas

### **Función:**

El detector de gases controla continuamente el aire de la sala de máquinas y avisa de concentraciones de gas explosivas y perjudiciales para la salud.  
El cabezal medidor (sensor catalítico) se situa en el techo o cerca del suelo, dependiendo del tipo de gas

### **Alcance de suministro**

- Alarma Tensión: 24VDC
- \_ sensor del gas

## 2.13 Central detectora de humo:

Dependiendo de la situación de la planta, el detector de humo se caracteriza por una excelente detección temprana, en combinación con detectores ópticos (sala de los armarios de control) y detectores térmicos (sala del motor).

### **Modelo:**

El equipo tiene un indicador óptico en caso operacional y de alarma.  
El detector está montado en un soporte de plástico

### **Alcance de suministro**

- Detector de humo Tensión: 24VDC
- \_Detector de humo

## 3.01 Circuito de aceite

### **Consiste en:**

- 300 l tanque de aceite usado
- 300 l tanque de aceite
- Bomba eléctrica para el aceite nuevo y usado
- Interruptores de nivel de aceite
- Purgadores de aceite
- Instalación completa con tuberías entre los tanques de aceite nuevo/aceite usado y los motores

### **Mediante cambio fácil se realiza las siguientes funciones:**

- Llenado del tanque de aceite nuevo
- Llenado del tanque de aceite
- Llenado del cárter
- Vaciado del tanque de aceite
- Vaciado del cárter



### 3.03.01 Silenciador

#### Material:

Acero

#### Consiste en:

- Silenciador
- Todos los conductos y conexiones necesarias

#### Calorifugado:

El calorifugado del silencio para reducir la radiación superficial (calor y ruido) forma parte del alcance de suministro del cliente. El calorifugado (100 mm de lana de roca, recubierta con 0.75 mm de acero cincado) necesario para mantener la presión sonora del contenedor (85 dB(A) a 10m), forma parte del alcance de suministro del cliente.

### 3.03.04 Tubería para recogida de condensados

Las tuberías de descarga de condensados son necesarias para garantizar la retirada de condensados del sistema de gases de escape (silencioso, intercambiador de escape).

#### Consiste en:

- Depósito de condensados de plástico:
  - El depósito tiene dos conexiones DN 15:
    - 1 Conexión para la entrada de condensados y una segunda conexión, por el que sale el líquido que rebosa
- Conductos para los condensados DN 15 de acero inoxidable:
  - 1 Pieza por toma de condensados en el sistema de escapes. Las conexiones son de acero inoxidable (Material: AISI 316)
- Racores, soportes para las tuberías y accesorios para el montaje

Cuando sea necesario, el cliente deberá instalar los conductos para la recogida de condensados y eventualmente proveerlos de un sistema de calefacción, con el fin de evitar la congelación de los condensados en su interior.

### 3.05 Sistema de ventilación

#### Funciones:

- Suministro del aire de combustión necesario de los motores
- Ventilación de la sala de motores para evacuar el calor de los alternadores y el calor de irradiación de los motores

#### El sistema de entrada de aire consiste en:

- Celosía de protección climática
  - Con láminas desviadoras de la lluvia transversales, así como rejillas de protección contra pájaros y marcos de muros
  - Material: acero cincado
  - Filtros de entrada de aire según EN 779 clase G4
- Tapa de celosía
  - Compuesta por:



- marcos de perfil en U en canto y láminas de cuerpos huecos contrarias alojadas en bujes de plástico.
  - Servomotor instalado con interruptor de fin de carrera
  - Material: acero cincado
  - Correderas insonorizantes  
Compuesta por:
    - Camisa de chapa de acero
    - Correderas de relajación (Tipo absorción o combinación resonancia + absorción según el nivel sonoro exigido)
  - Sistema de atenuación de ruido en la entrada de aire mediante material absorbente del sonido
- Ventilador de la entrada de aire, 400/230 V, 50 Hz:

El sistema de salida de aire consiste en:

- Celosía de protección climática
  - Con láminas desviadoras de la lluvia transversales, así como rejillas de protección contra pájaros y marcos de muros
  - Material: acero cincado
  - Filtros de entrada
- Tapa de celosía  
Compuesta por:
  - marcos de perfil en U en canto y láminas de cuerpos huecos contrarias alojadas en bujes de plástico.
  - Servomotor instalado con interruptor de fin de carrera
  - Material: acero cincado
- Correderas insonorizantes  
Compuesta por:
  - Camisa de chapa de acero
  - Correderas de relajación (Tipo absorción o combinación resonancia + absorción según el nivel sonoro exigido)

La persiana de aire de entrada abre automáticamente cuando arranca el motogenerador.

La persiana de aire de salida solamente abre cuando la temperatura en la sala de motores alcanza la temperatura para el arranque del ventilador de aire de salida. El funcionamiento del ventilador de aire de salida es controlado mediante un termostato.

### 3.10.03 Sistema de refrigeración – radiador de dos circuitos

El calor producido en el motor (camisas, aceite, refrigeración de la mezcla) debe ser evacuado cuando no hay posibilidad de aprovecharlo como agua de proceso.

Se disipa el calor del agua de camisas, del aceite y del intercooler mediante aerorefrigeradores de circuito cerrado, que están instalados en el exterior normalmente (por ejemplo en el techo de la sala de motores).

El sistema se compone de:

- Intercambiador de placas (con una mezcla de agua y glicol)
- Aerorefrigerador
- Control eléctrico
- Depósito de dilatación

El sistema de refrigeración está diseñado para una temperatura ambiental de hasta 35°C. Versiones especiales para temperaturas superiores son posibles a requerimiento del cliente.



### 3.20 Container

Container de acero según 40150, para la instalación del módulo.

#### Dimensiones:

- Longitud: 12182 mm
- Ancho: 2438 mm
- Alto: 2691 mm

#### Nivel de ruido:

65 dB a 10 m (nivel sonoro de la superficie de medida según DIN 45634).  
Verse también MC 3.03.01

#### Temperatura ambiente:

El container está proyectado para una temperatura ambiente desde - 20°C hasta 32°C.  
A petición, posibilidad para temperaturas diferentes.

#### Bastidor principal:

autoportante; es decir, está ejecutado estáticamente de tal modo que es admisible el montaje de todas las piezas de montaje (grupo, armarios de distribución, etc.) y de todas las piezas agregadas (silenciadores de gases de escape, enfriador de masa).

#### Estructura:

Entre el bastidor principal y el amazón del tejado van soldados unos trapezoides de chapa.  
Las superficies insonorizantes están ejecutadas con planchas de lana mineral con velo superficial y cubierta de chapa agujereada. La estructura está ejecutada a prueba de inclemencias atmosféricas en caso de montaje al exterior. El tejado es transitable para trabajos de montaje.

En la pared frontal del lado del aire de escape se ha previsto una puerta de montaje para introducir el grupo. Hay prevista una puerta que da a la sala de distribución. En el lado longitudinal se ha previsto una puerta que da a la sala de motores.

Las puertas (sala de motores o sala de distribución) están ejecutadas con cerraduras de cilindro con llaves idénticas que se abren como puertas de salida de emergencia en la dirección de la ruta de escape. Están marcadas como tales y pueden ser abiertas desde el interior sin medios auxiliares-ajenos (p. ej., cerradura de emergencia).

Dimensiones de la mesa: aprox. 1000 mm x 2000 mm (ancho x alto)

#### Sala de motores:

El suelo de la sala de motores está conformado como cubeta de aluminio con un revestimiento plástico.  
En la sala de motores se han previsto las siguientes pesajer:

- Tejado: Entrada y salida para el agua de refrigeración; bridas soldadas  
Colerín montado de forma estanca con ducto de escape en el conducto de gases de escape
- Techo: En el techo van montados cariles de anclaje para las suspensiones de las líneas de cables; conductos de gas, etc.
- Pared lateral: Entrada del gas combustible, brida soldada



• **Sala de distribución:**

La sala de distribución está ventilada a través de una abertura de entrada de aire camediza. El aire es aspirado por los ventiladores de la sala de motores. Para el paso de cables se ha previsto una escotadura en el suelo de la sala de distribución. La sala de distribución está provista en toda su superficie de un revestimiento plástico.

**Puntos esenciales para la instalación del modulo y el container:**

- Instalación y montaje del modulo.
- Instalación del equipo de control en su departamento correspondiente.
- Instalación de la línea de control de la presión del gas.
- Instalación de los equipos para el aceite de lubricación.
- Instalación de las tomas del aire y los conductos de salida para ventilación.
- Instalación del silenciador sobre el techo.
- Instalación del alumbrado del container.
- Instalación eléctrica auxiliar.
- Acabado de las tuberías complementarias de escape, combustible, aceite y agua, de acuerdo con los límites del suministro, con todas las uniones necesarias, flexibles y reforzamientos.
- Chapas de paso sobre los conductos.
- Vertederos.
- Rotulación completa.

**Clasificación de la seguridad contra incendios:**

El container no está clasificado.

**Barnizado:**

- Instalación:
  - Lacado resistente al aceite en la base.
  - Resina sintética como recubrimiento de acabado.
- Color Container:  
RAL6018 (verde)
- Color el techumbre, instalar según:  
RAL7035 (gris)

## 4.00 Suministro y Montaje

### 4.01 Transporte

De acuerdo con el contrato.

### 4.02 Descarga y posicionamiento

La descarga, posicionamiento y alineación de componentes sueltos del suministro no está incluido.

### 4.03 Montaje

El montaje de todos los componentes GE Jenbacher no está incluido en el alcance de su suministro de GE JENBACHER.

### 4.04 Almacenamiento

Por el lado del cliente ha de disponer de un lugar donde se puedan almacenar los componentes a montar.



#### 4.05 Puesta en marcha

La puesta en marcha se verificará con la „Lista de chequeo de GE JENBACHER para la PM“.

#### 4.06 Prueba de continua

Tras superar la PM se probará durante 8 horas el conjunto de la instalación.

Al mismo tiempo se formará el personal de la planta, de acuerdo con el régimen de funcionamiento de la misma.

#### 4.07 Maleta de emisiones (aparato de medida)

La medida de contaminantes para comprobar los valores de emisiones garantizados, se realizará por parte de GE JENBACHER. (Los costes adicionales de funcionamiento, tramitación con el ministerio, etc., corren a cargo del cliente).

### 5.01 Límites de suministro

#### Eléctrico:

- Módulo:  
En bornas del disyuntor del grupo

#### Circuito de alta temperatura:

En las bridas de entrada/ salida de agua caliente en el contenedor.

#### Gases de escape:

A la brida de salida del silencioso (excluyendo chimenea)

#### Aire de la combustión

Los filtros de aire están montados, no requiere ninguna instalación adicional

#### Gas combustible

A la brida de la entrada al contenedor

#### Aceite lubricante:

En las bridas de conexión en el contenedor

#### Condensados:

Salida de los condensados del contenedor.

#### Aislamiento térmico

El calorífugado de intercambiadores de calor, de la tubería y del silenciador de los gases de escape no está incluido en el alcance de suministro.

#### Llenado primero

El primer relleno del módulo, (aceite lubricante, el agua de cerasas, los anticongelante y anticorrosivo, el ácido de la batería) no está incluido en nuestro alcance de suministro.

Los consumibles utilizados han de ser en estricto cumplimiento con las “Instrucciones Técnicas” de GE JENBACHER.

Todas las conexiones han de ser flexibles.



## 5.02 Ensayos y pruebas de recepción

Los siguientes ensayos y pruebas se aplican para el equipo del grupo modular:

### 5.02.01 Pruebas de funcionamiento del motor

De acuerdo con DIN 3048 en la banco de pruebas de GE JENBACHER, incluyendo el certificado correspondiente. Se realizarán los siguientes ensayos con cargas de 100 %, 75 % y 50 % de la:

- Potencia del motor
- Consumo de combustible
- Temperaturas del agua de refrigeración
- Presión del aceite de lubricación
- Temperaturas del aceite de lubricación
- Presión de carga
- Temperatura de escape en cada cilindro

### 5.02.02 Ensayos del alternador

Ejecutados en fábrica del fabricante del alternador.

### 5.02.03 Pruebas de funcionamiento del grupo modular

El motor se probará con gas natural (número de metano 94). Los rendimientos obtenidos en el banco de ensayos pueden por lo tanto diferir de los datos de la especificación técnica debido a diferencias en la calidad del gas combustible.

Se efectuará junto con el armario de control en el banco de pruebas de GE JENBACHER según ISO 6528, DIN 6280; y se extenderá el certificado correspondiente. Entre otras se realizarán las pruebas siguientes:

- Control visual de todos los equipos según relación de prestaciones
- Verificación del funcionamiento, siguiendo la especificación técnica del equipo de control
  - Arranques manual y automático del grupo modular
  - Regulación de potencia en servicios manual y automático
  - Funcionamiento de todos los dispositivos de seguridad en el grupo
- Mediciones bajo carga de 100 %, 75 % y 50 %
  - Frecuencia
  - Voltaje
  - Intensidad
  - Potencia del alternador
  - Factor de potencia
  - Consumo de combustible
  - Presión de aceite detrás del filtro
  - Temperatura del agua de refrigeración en la salida del motor
  - Presión de carga
  - Temperatura de la mezcla
  - Emisiones de NOx en el escape

La prueba del motor se realizará con un alternador de prueba, en caso de que el motor a suministrar sea de media tensión, o por causa de cumplimiento de plazos. Para probar determinadas propiedades mencionados mas arriba, de los componentes que no se pueden comprobar en el banco de pruebas de GE JENBACHER se remitirán los correspondientes certificados del fabricante.

El caso de un modulo en contenedor, el procedimiento de pruebas en bancada arriba mencionado, para el módulo, será efectuado en Jenbach. GE Jenbacher se reserva el derecho de realizar las pruebas de funcionamiento del container, en cualquier sede/instalación de GE.



### 5.03 Documentación

La documentación preliminar 60 días tras la firma del contrato clasificado técnicamente

- Dibujo del grupo 1)
- Esquema técnico 1)
- Dibujo con alzado de los armarios 3)
- Lista de puntos de interface eléctrico 2)
- Especificación técnica del equipo de control 2)
- Dibujos técnicos de accesorios sueltos (suponiendo que todo el equipo es suministrado por GE JENBACHER) 1)

En la fecha de suministro del material:

- Esquemas eléctricos 3)
- Lista de cables 3)

En la instalación:

- Manuales de operación y de mantenimiento 4)
- Lista de piezas de recambio 4)
- Diario de control industrial 4)

Idiomas disponibles

1) DEU, GBR

2) DEU, GBR, FRA, ITA, ESP

3) DEU, GBR, FRA, ITA, ESP, NLD, HUN, RUS, POL, TUR, CZE

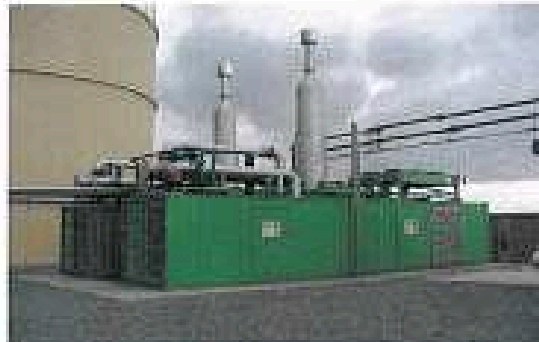
4) DEU, GBR, FRA, ITA, ESP, NLD, HUN, RUS, POL, TUR, CZE, SLOWEN, SLOWAK, SERB, SCHWED, ROM, PRT, NORWEG, LITAU, LETT, BULGAR, CHINA, DNK, ESTN, FIN, GRC, KROAT



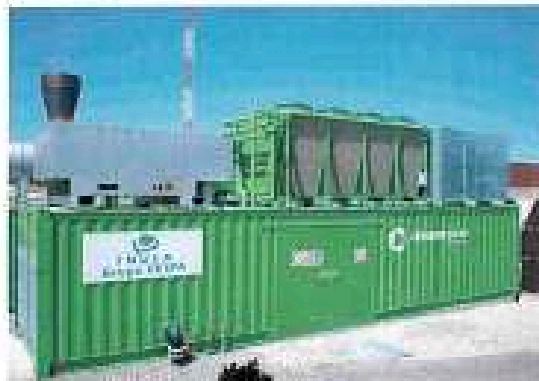




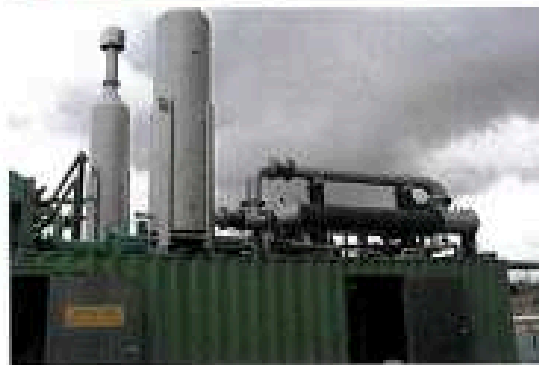
### MÓDULOS "EN CONTENEDOR" GE Jenbacher



Módulo de cogeneración "en contenedor" para biogás de depuradora tipo JMC 320 GS-EL (1.064 kW<sub>el</sub>)



Módulo de cogeneración "en contenedor" para gas de wátero tipo JWC 420 GS-L3 (1.416 kW<sub>el</sub>)



Módulo de cogeneración "en contenedor" para gas de depuradora tipo JMC 320 GS-EL (1.064 kW<sub>el</sub>) con intercambiador de calor gases / agua con by-pass.

Contenedor, fotos, planos, etc.





01/05/2017



Enclosure no.1: Options proposal for the biogas plant 225400

This document contains the parts which are not included on the basic scope but are required for the different options demanded

Best regards

Eki Gonzalez



## Scope of supply

### 1. Engineering

- pos. 1.1: Drawings
- pos. 1.2: Component lists
- pos. 1.3: Operation and maintenance manual
- pos. 1.4: Start up and test run
- pos. 1.5: General design of tanks and civil works
- pos. 1.6: Training and education
- pos. 1.7: Health & safety

### 2. Buildings and containers

- pos. 2.1: Receiving hall
- pos. 2.2: Pump container
- pos. 2.3: Separation container
- pos. 2.4: Boiler container
- pos. 2.5: Bioreactor container
- pos. 2.6: Electric container

### 3. Tanks

- pos. 3.1: Receiving tank
- pos. 3.2: Mixing tank
- pos. 3.3: Pasteurisation tanks (3 pcs)
- pos. 3.4: Digester
- pos. 3.5: Post digester
- pos. 3.6: Condensate wells (2 pcs)
- pos. 3.7: Prefilter
- pos. 3.8: Bioreactor
- pos. 3.9: Heat Storage
- pos. 3.10: Liquid tank

### 4. Machinery

- pos. 4.1: Heat exchangers
- pos. 4.2: Flare

### 5. Measurement and control equipment

- pos. 5.1: Measurement and control equipment

### 6. Safety equipment

- pos. 6.1: Safety equipment

### 7. Local work

- pos. 7.1: Piping
- pos. 7.2: Insulation and cladding
- pos. 7.3: Civil works

### 8. Electro technic

- pos. 8.1: Electro technic



#### 9. Spare parts

pos. 9.1: Set of basic spare parts

#### 10. Exclusions

pos. 10.1: Exclusions

#### 11. Enclosures

pos. 11.1: Enclosures

#### General characteristics for the biogas, biomass and biogas plant:

The plant is designed to work with a mesophilic anaerobic process with pre-pasteurization. The designed plant size is 300 Tons/day (91.250 Tons/year) with a biomass density between 900 – 1.400 kg/m<sup>3</sup>. The plant size has been calculated based in the figures provided by Salca which are:

- 25.000 Tons/year supermarket waste
- 50.000 Tons/year undetermined liquid biomass

As the supermarket waste needs to be separated and the liquid type is not known yet all calculations have been done considering water as separation medium.

Usually the separation unit is not operated 24/7, therefore the biogas plant shall be able to store and treat the biomass during different periods than the separation unit, that's one of the reasons of the difference between inlet biomass amount and treatment capacity. In each tank description there is a small explanation of the main reasons to choose the described sizes.

Biomass after pre-treatment (not a part of main Bigadan scope, included as an option) must be pumped to the biogas plant without debris, specially glass and hard foreign matters and with a maximum dry matter of 14 %. Higher dry matter content could be accepted in special cases, but in any case the biomass must be pumpeable.

The biomass may consist of waste from food production, supermarkets or similar origin, also organic waste with nitrogen and salts levels within acceptable range for the anaerobic digestion process could be accepted.

The biogas system is dimensioned for a maximum biogas production of 1000 Nm<sup>3</sup>/h. The expected biogas production for the described biomass is 540 Nm<sup>3</sup>/h biogas with an expected methane content of 65%.

This quotation is structured in two parts:

- Part no. 1: Basic plant: It includes the basic part of a Bigadan biogas plant for food waste pre-sorted biomass. It includes all necessary equipment to treat the biomass which has been already separated in a pre-sorting process.
- Part no.2: Options: It includes the necessary equipment and installations necessary for the different options previously discussed with Salca. Such options are:
  - o Combined Heat and Power cogeneration and related equipment
  - o Biogas upgrading unit and related equipment
  - o Supermarket waste pre-sorting and reception unit
  - o Digestate storage facility
  - o Approximation of civil works cost

All described elements and prices shall be considered as an indication of the necessary equipment to treat and process the described biomass. Prior to generate a formal offer Bigadan would need different information from Salca in order to adjust the scope of works to the exact necessities. With this aim this quotation shall be considered as a start point for our mutual relation, next step shall be to develop project feasibility calculations and possible changes in design.



Total Biogas Basic plant sum: 5.100.000,00 EUR

Price without taxes

As an indication for the client, based on our experience on similar projects we estimate the cost of the civil works for this plant as follows here:

1.250.000,00 EUR

*(including: excavation & foundations, construction & surroundings site preparation, soil and terrain works, office building and receiving hall)*

General Conditions

- Orgalime SED1

Payment schedule

- To be agreed upon – subject to contract.

Time schedule

- To be agreed upon – subject to contract.



General characteristics for the biogas process, biomass and biogas systems

The following parts shall be considered with same general conditions as the main offer, price of each part shall be added to the basic price description to get the total cost. Each described option is calculated as fully integrated in the plant, this means both mechanic and electric/electronic interconnection with the basic scope is included.

**CHP unit**

Including: desulphurization unit & iron chloride system

To add on offer for:

1.554.205,00 EUR



# Hybag

**Initial situation:**

- 1'000 tons per year
- recyclables organics from supermarket and restaurants

pcs	components	pcs
1	Hydraulic tipping trough capacity 16m3	1
2	Ascending conveyor U-320 incl. radial fan / safety covers	1
3	Reception bunker for containers incl. conveying element	1
4	Separation Hammer mill type MW900 / 6.5mm	1
5	Substrate conveying pump incl. funnel and level monitoring	1
6	Contaminant discharge system U-260 / safety covers	1
7	Control unit incl. remote controlling	1
8	Engineering	1

<b>Price total works Linden in EURO</b>	<b>924.618</b>
---	----------------

**Conditions:**

Delivery time:	12-15 weeks after order
Payment:	50% at placing the order 40% at delivery 10% by commissioning
Payment target:	10 days after receipt
Security:	The system and its accessories are CE compliant
Terms and conditions:	according Hybag AG
Warranty:	18 months after delivery or 12 months after commissioning.
Terms of delivery:	according to Incoterms 2010 EXW & Swissmem
Validity of the offer:	3 months

**Not included in the offer are:**

- For unloading and installation of the devices the client has to provide adequate lifting tools.
- Customs duty
- Superordinate systems and all other goods and services not listed in the offer.
- Container for collecting the impurities

**Supplied by others**

- Electrical installations like sockets, lightning, electrical supply connections to the control unit and all cabling to the delivered components.
- Drain pipes, water meter and pipes with ball valves to the hammer mill connections

**Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-9323 Steinach - Phone +41 79 398 83 36 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)

# Hybag

## 1 Hydraulic tipping trough, capacity 16m<sup>3</sup>

### Description

Organic waste will be collected in the tipping trough. Discharging by a integrated screw conveyor. Lift and lower, by a hydraulic unit,

### Material

Housing: stainless steel V2A  
Frame steel painted RAL 5010  
Conveying screw stainless steel V2A  
Safety grid stainless steel V2A  
Gearmotor aluminium painted RAL 5010

### Dimensions

Length:	4743 mm
Width:	3663 mm
Charging height:	1351 mm
Weight:	appr. 2800 kg

### Connection values

Hydraulic unit:	5,5 kW
Conveying element:	1,5 kW

### Safety installations

Hydraulic cylinders with break off-safety valves  
Safety grid in front / V2A  
Gear- and hydraulic motor protected by thermistor  
Water protection by using biodegradable oil

### Scope of delivery

Hydraulic tipping trough  
Connected gear motor & hydraulic cylinders  
Hydraulic unit with motor manometers and tubes  
Safety grid



## Hybag BioGreenLine AG

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-8323 Steinhilch - Phone +41 79 386 63 36 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)

# Hybag

## **2 Conveying element U-320 including radial fan, gear electro-motor and safety transition to the hammer mill**

### **Description**

The conveying element transports the organic waste into the patented separations hammer mill. On the conveying element, a radial blower / support air blower with a performance of 4'000 cum/h is fitted which contributes in improving the selectivity.

### **Specifications**

Inclined plastic liner ROBALON 1000 to reduce wear of the conveyor screw.  
 Gear electric motor allows a speed-controlled drive of the screw conveyor.  
 Custom-fabricated security transition piece made by reinforced material, including water supply 3/4"

### **Material**

Conveyor housing stainless steel V2A  
 Gearmotor aluminium painted RAL 5010

### **Safety installations**

Security locks at all covers  
 Gear motor protected by thermistor

### **Dimensions**

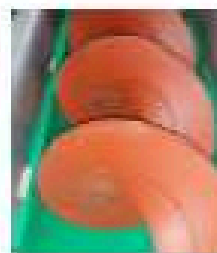
Length:	appr. 6'000 mm
Width:	400 mm
Weight:	1'100 kg

### **Connection values**

Flange-gearmotor	4,0 kW
Supporting air blower	1,1 kW

### **Scope of delivery**

Conveyor housing with integrated plastic liner and conveying screw.  
 Supporting feet.  
 Connected gear motor sealed by compression gland.  
 Transition chute and supporting radial blower.  
 Sealed transition to the bunker outlet screw.  
 Sealed safety transition to the hammer mill with water supply ¾".



**Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-9123 Steinach - Phone +41 79 396 03 36 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)

# Hybag

## **3 Bunker, capacity appr. 8m<sup>3</sup> / feeding conveying element**

### **Description**

Organic waste will tipped from boxes into the bunker, discharge and conveyed by a U-420 element into the hydraulic tipping trough.

### **Material**

Bunker: stainless steel V2A

Feeding conveying element: stainless steel V2A

Inclined plastic liner ROBALON 1000 to reduce wear of the conveyor screw.

Gear electric motor allows a speed-controlled drive of the screw conveyor.

### **Dimensions**

Bunker inner length appr.: 3'000 mm

Bunker inner width appr.: 2'000 mm

Bunker filling height appr.: 1'500 mm

Conveying element length appr.: 7'000 mm

### **Connection values**

Gear motor conveying screws: 1,5 / 4,0 kW

### **Safety installations**

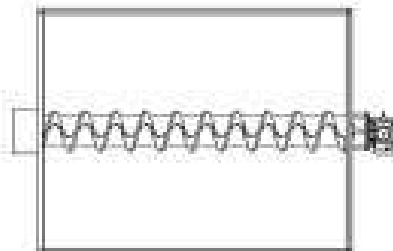
Security locks at all covers

Gear motor protected by thermistor

### **Scope of delivery**

Stainless steel bunker on support feets, integrated discharge conveyor and connected gear motor.

Feeding conveyor housing with integrated plastic liner, conveying screw, supporting feet and connected gear motor.



**Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-8323 Bernsch - Phone +41 79 396 83 38 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)

# Hybag

## 4 Separation Hammer mill type NW800

### Description

For mechanical treatment of organic waste, such as market waste (raw or cooked) packed in boxes, plastic or plastic netting, of product of all kind, spoil food caused by excessive storage, as well as food and peelings of restaurants. The waste is crushed with the patented separation hammer mill, and separated according to biomass and extraneous materials.

### Specifications / Dimensions / Weight

Patented screen basket (double basket)	Material: Hardox
Inner basket / outer basket hole diameter	6mm / 7mm
Nominal diameter rotor	760 mm
Length:	3'116 mm
Nominal diameter screen basket:	800 mm
Inlet dimensions (input material)	600 x 600 mm
Outlet dimensions (substrate)	1'400 x 600 mm
Rotation speed / min (50Hz / 60 Hz)	1'480 / 1780)
Weight:	1'850 kg

### Material

Hammer mill housing complete in stainless steel V2A  
Shaft end bearing housing: steel painted RAL 5010  
Hammer mill motor housing: aluminium painted RAL 5010

### Security

Security lock with time-delayed key-access for service opening  
Gear motor protected by thermistor

### Connection values

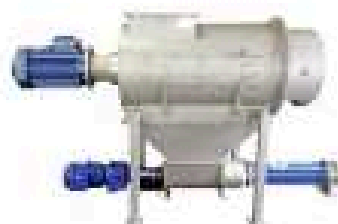
Motor Hammer mill	
ABB Process Performance High Output	55 kW

### Troughput performance

Depending on the input material	10 - 20 m3 per hour
---------------------------------	---------------------

### Scope of delivery

Hammer mill on support feet and connected flange motor



**Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-9123 Starnach - Phone +41 79 286 83 28 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)

# Hybag

## 5 Conveying screw pump for the substrate / biomass, including transition funnel and level monitoring,

### **Description**

In the transition hopper, the substrate is collected, and when it's reaching the maximum height, which is monitored by a level probe, further conveyed to the storage tank. (no continuous operation necessary)

Due to the high quality substrate with a maximum particle size of 3-6 mm, this pump technology is trouble-free.

### **Material**

Pump housing stainless steel V2A

Transition funnel stainless steel V2A

Pump motor housing: aluminium painted RAL 5010

### **Pump type**

Inlet dimension:

Performance:

Back pressure:

Weight:

RP5G Q 390

400 x 600 mm

9.2 kW

15m<sup>3</sup> / 3 bar

480 kg

### **Security**

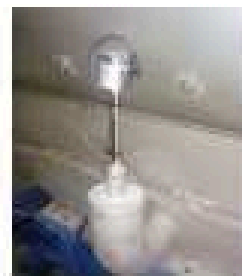
Pump motor protected by thermistor

### **Scope of delivery**

Screw pump with motor

Transition funnel

Level monitoring



### **Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-9123 Steinach - Phone +41 79 288 63 38 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)

# Hybag

## **6 Contaminant discharge conveying element U-260**

### **Description**

Extraneous materials such as cutlery, plastic, sheet metal and other contaminants will be separated, and removed into a separate container.  
 The conveying screw is driven by a gearmotor and speed-controlled.  
 Conveying element with sealed transition to the hammer mill.  
 Conveyor housing stainless steel V2A, with plastic liner RCH 1000 to reduce wear of the conveying screw.

### **Specifications**

Length:	appr. 3'000 mm
Discharge height:	2'000 mm
Diameter spiral conveyor:	240 mm
Weight:	450 kg

### **Material**

Housing and support feet in stainless steel V2A  
 Gearmotor aluminium painted RAL 5010

### **Connection value**

Gear motor:	1.5 kW
-------------	--------

### **Safety**

Security locks at all covers  
 Gear motor protected by thermistor

### **Scope of delivery**

Conveyor housing with integrated plastic liner and conveying screw,  
 Connected gear motor,  
 Sealed transition to the hammer mill.  
 Support feet.



**Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-9323 Starnbach - Phone +41 79 396 63 36 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)

# Hybag

## **7 Control unit MSR**

### **Description**

Measuring and control equipment (control unit) is used to operate the entire system in manual and automatic operation.  
Housing in stainless steel V2A or steel painted RAL.  
Customized, according to the applicable country-specific regulations.

### **Dimensions / Weight**

Length:	variable
Width:	variable
Height:	variable
Weight:	variable

### **Scope of delivery**

Control cabinet lockable with key.  
Preprogrammed and delivered ready to plug in.



*We hope that our offer will suit you and also provide a constructive basis for further discussion.*

*Peter Stämpfli*

**Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-9323 Starnach - Phone +41 79 296 63 36 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)



# Hybag

## Further information

### **Pos. 1 Hydraulic reception bin**

Hydraulic reception bins are available from 16-35m<sup>3</sup>  
Bunkers are available in every size and design.

### **Pos. 3 Bunker with conveying element**

Size and price for the bunker and the conveying element is an estimate.  
Exact dimensions and price can only be calculated after the decision for the  
washing unit and the design of the whole unit.

### **Pos. 4 Hammer Mills**

Hammer mills are available in 3 sizes - NW500 / NW600 / NW800

### **Pos. 7 Control unit**

Control unit SPS Siemens system with Ethernet interfaces (WLAN required)  
Price for the control unit is an estimate.  
Exact dimensions and price can only be calculated after the decision for the  
washing unit and the design of the whole unit.

## **Generally**

### **Substrate Quality:**

Hybag Hammer Mills are standard with the patented 6.5mm hole  
double screen basket. (larger holes are available).  
The particle sizes in the substrate are 3-6mm.  
Less than 1% contaminants in the substrate (compost norm)  
Less than 1% adherent organics at the contaminants.

### **Water consumption**

3-12%, depending on the input material, so that a value of  
12-18 TS (pumpable substrate) will be reached.  
Confirmation sheets of 2 costumers are as example attached.

### **Power consumption**

Power consumption of the whole unit 83,3 kW results in appr.  
12'000 kW/h per year for the expected waste quantity of 1'000 tons/year

### **Maintenance / cost**

At commissioning Hybag instruct the staff at site for the maintenance.  
The system is easy to handle, and the instructed staff should be able  
to do the necessary work such as the replace of wear and spare parts.  
Otherwise Hybag guarantee full support.  
When processing of mainly packed recyclables, wear and spare parts  
costs are around € 2.50/ton  
Key maintenance parts are recommended to take on stock, such as  
steel mallets and screws.  
All significant wear/spare parts are available from stock Hybag.

Interface of the unit is the substrate discharge outlet flange  
Substrate storage tanks, pumps, and hygienisation as such  
as the installation of it can be offered optional.

## **Hybag BioGreenLine AG**

Marketing & Sales - P.O. Box 43 - CH-9323 Steinach - Phone +41 79 288 63 38 - [www.hybag.ch](http://www.hybag.ch)