

01

versión

Propuesta comercial

Planta de biometano: 20 millones de m³ de biometano + 34.000 toneladas de CO₂ líquido de calidad alimentaria al año



Fecha: 16/10/2026

Validez: 1 año



Índice

Resumen	3
Potencial de las materias primas	4
Características de la planta de biogás	5
Personal de la planta	6
Proceso de producción de biogás	7
Funcionamiento de la planta	8
Equipos principales	9
Preparación de paja y residuos de cosecha	10
Línea de secado de residuos	11
Alimentador de pélets	12
Alimentador de biomasa-1,2,3,4	13
Digestor-1,2,3,4	14
Agitador vertical del digestor	15
Posdigestor	16
Agitador de paletas del posdigestor	17
Mirillas con focos	18
Equipos de bombeo	19
Separador	20
Depósitos de recepción y filtrado	21
Agitador sumergible	22
Gasómetro	23
Sistema de enfriamiento de biogás	24
Soplante de biogás	25
Sistema de desulfuración	26
Generador de oxígeno	27
Unidad de biometano	28
Estación de compresión de biometano	31
Cromatógrafo de gases	32
Estación de odorización	33
Unidad de licuefacción de CO ₂	34
Antorcha de biogás	35
Abastecimiento de agua y saneamiento	36
Sistema de calefacción	37
Aerorrefrigerador (enfriamiento del sustrato)	38
Automatización y equipos eléctricos	39
Sensores (juego)	40
Laboratorio	41
Diésel generador	42
Especificación	43
Anexos:	48
Anexo 1. Balance de materia	49
Anexo 2. Diagrama de proceso	50
Anexo 3. Plano de la planta	51
Anexo 4. Consumo eléctrico	52
Anexo 5. Precios de equipos y servicios	53
Anexo 6. Calendario del proyecto y pagos	54



Resumen

Zorg Biogas propone una solución integral para transformar paja y residuos de cosecha de maíz en biogás y enriquecerlo posteriormente a biometano. El proceso combina preparación de materias primas, digestión en dos etapas, recogida de biogás y purificación por membranas.

Las materias fibrosas requieren pretratamiento y un tiempo de digestión prolongado. La etapa principal dura 35 días en cuatro reactores de alta carga (HLR). A continuación, el sustrato pasa a un posdigestor independiente para completar la descomposición de la materia orgánica. El gasómetro instalado sobre este depósito recoge el biogás.

La preparación de la paja incluye equipos de trituración y secado. La tecnología HLR está diseñada para paja, ensilado y materias vegetales similares, incluso sin añadir otros tipos de sustrato. La carga orgánica de diseño es de 9,49 kg de materia seca orgánica por m³ de reactor y día. El complejo dispone de cuatro reactores principales de 4.170 m³ cada uno.

La comparación incluida en esta propuesta considera una carga de 3-5 kg MSO/(m³·día) y 8-10 reactores para un sistema CSTR convencional. Según esta estimación, los reactores HLR son aproximadamente tres veces más compactos y económicos, y la inversión de la solución propuesta puede ser entre 2 y 2,5 veces menor. Un menor número de depósitos reduce también las bombas y los equipos auxiliares necesarios.

El régimen termófilo permite reducir los costes de enfriamiento. La unidad de membranas produce biometano con más del 99% de metano y bajo consumo eléctrico. Estas soluciones favorecen el aprovechamiento eficiente de los residuos vegetales y la reducción de los costes operativos.

Potencial de las materias primas

Materia prima	Cantidad (t/día)	Cantidad (t/Año)	Contenido de MS (%)	Contenido de MSO (%)	Cantidad de MS (t/día)	Cantidad de MSO (t/día)	Rendimiento de biogás (m³/t MSO)	Biogás (m³/día)	Contenido de metano (%)	Biometano (m³/día)
Pélets de paja	85,24	31 112	90	90	76,71	69,04	640	44 186	53	
Pélets de residuos de cosecha	114,16	41 668	90	94	102,74	96,58	640	61 808	53	
Total	199,40	72 780						105 994	53	
Para secado de materias primas								-3600		
A la unidad de biometano								102 394	53	54 597

Características de la planta de biogás

Características	Unidad	Valor
Número total de digestores	ud.	5
Digestores 1,2,3,4 (HLR)	ud.	4
Volumen del digestor		
Útil	m ³	3925
Total		4170
Temperatura de digestión	°C	52
Dimensiones del digestor		
Diámetro	m	25,0
Altura		8,5
Carga orgánica	kg MSO/ m ³	9,49
Retención (bruta/neta)	días	35/33
Número de gasómetros	ud.	0
Digestor 5 (posdigestor)	ud.	1
Volumen del posdigestor		
Útil	m ³	4988
Total		5300
Temperatura de digestión	°C	48
Dimensiones del digestor		
Diámetro	m	26,0
Altura		10,0
Carga orgánica	kg MSO/ m ³	3,32
Retención (bruta/neta)	días	15/14
Número de gasómetros	ud.	1
Volumen del gasómetro	m ³	3826
Dimensiones del gasómetro		
Diámetro	m	26,0
Altura		13,0

Personal de la planta

	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Director	1	-	-
Ingeniero jefe	1	-	-
Gerente	1	-	-
Contable	1	-	-
Operador	1	1	1
Operador de la línea de paja	1	1	1
Conductor (paja y residuos)	1	1	1
Conductor (digestato)	1	1	1
Electricista	1	-	-
Mecánico	1	-	-
Técnico de laboratorio	1	-	-
Total	19		



Proceso de producción de biogás

La fracción orgánica se transforma por hidrólisis bioquímica de compuestos de alto peso molecular en ácidos orgánicos simples, sales y alcoholes.

Compuestos orgánicos + H₂O -> C₅H₇N₀2 + HCO₃.

Los compuestos disueltos se convierten después en CH₄ y CO₂:

C₅H₇N₀2 + HCO₃ + H₂O -> CH₄ + CO₂ + NH₄.

Esta conversión escalonada requiere un biorreactor cerrado sin oxígeno. En la primera etapa,

las bacterias acidificantes hidrolizan el sustrato. En la segunda, las bacterias heteroacetogénicas oxidan compuestos simples y producen acetato, dióxido de carbono e hidrógeno libre. Otros compuestos y el acetato forman compuestos C1 (ácidos orgánicos simples).

Estas sustancias alimentan las bacterias metanogénicas de la tercera etapa. Los procesos A y B corresponden a distintos grupos bacterianos, que transforman los productos de las primeras etapas en metano CH₄, agua H₂O y dióxido de carbono CO₂.

Funcionamiento de la planta

La paja y los residuos de cosecha se transforman en pélets en la unidad de preparación. El tratamiento modifica sus propiedades, aumenta el contacto con los microorganismos y mejora la digestibilidad. Una cinta distribuye los pélets entre las tolvas; los tornillos alimentan los digestores 1,2,3,4. El transporte optimiza la carga y descarga, reduce combustible y personal y mantiene el recinto más limpio. Durante el mantenimiento de la cinta puede utilizarse una pala cargadora. Los sistemas de pesaje automatizan la alimentación y reparten uniformemente la materia prima.

El sustrato se mezcla y mantiene a temperatura estable mediante sensores y supervisión continua del sistema de calefacción y enfriamiento instalado en las paredes. Según la temperatura, el sistema calienta o enfría; los aerorrefrigeradores permiten mantener el régimen termófilo. Los agitadores verticales mezclan periódicamente los reactores HLR y los inclinados el digestor 5, o posdigestor. Sus accionamientos están montados sobre bastidores exteriores, accesibles para inspección y mantenimiento. La retención media es de 35 días en los digestores 1-4 y 15 días en el digestor 5.

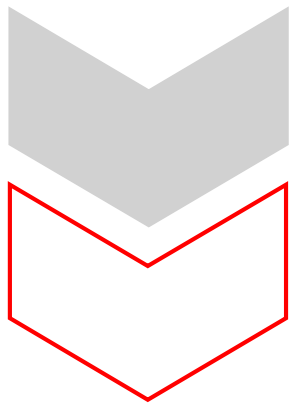
Las bombas llevan el digestato a separación, donde se obtienen fertilizantes orgánicos sólidos y líquidos. Los sólidos se descargan en un remolque y se almacenan para uso propio. El filtrado pasa a su depósito y después se bombea a la laguna.

El biogás asciende hasta las cubiertas de los digestores 1-4 y circula al gasómetro del digestor 5, donde se mezcla con el gas del posdigestor. La cúpula de doble membrana se monta sobre los muros de hormigón como cubierta. La membrana exterior protege contra la intemperie y objetos extraños. Una válvula de seguridad abre a 5 mbar y libera el exceso de gas a la atmósfera.

El biogás acumulado y homogeneizado pasa por el enfriamiento y una soplante que eleva la presión a 300-250 mbar para su tratamiento. La desulfuración se realiza mediante concentrado de hidróxido de hierro y depuración final con carbón activado hasta 0-5 ppm de azufre. El gas seco y limpio se dirige a la unidad de biometano.

La automatización supervisa y controla todos los procesos, visualizados en el ordenador del operador. Desde el puesto central se controlan los equipos y se seleccionan los modos local, manual o automático.

Equipos principales





Línea de secado de residuos

Tras la trituración y antes de la peletización, los residuos pasan a una unidad de secado modular, fácilmente ampliable. Dos tornillos distribuidores reparten el producto de forma óptima. Un mezclador garantiza una humedad final uniforme y la ventilación energéticamente eficiente mejora el secado.



El secado indirecto utiliza intercambiadores tubulares con agua caliente hasta 130°C. Pueden emplearse intercambiadores de placas para medios especiales, como energía geotérmica o aceite térmico.



El secado directo utiliza aire caliente a menos de 120°C o gases de combustión, según su composición y aplicación.

Características técnicas

Potencia eléctrica:	110kW
Potencia térmica:	210kW
Cantidad:	1 juego

Preparación de paja



Línea de trituración y peletización

La línea prepara automáticamente la paja mediante una trituración uniforme, esencial para producir biogás con este material. La trituradora procesa de forma continua pacas y residuos a 3-5 t/h.

Los transportadores realizan la carga automática, apertura de pacas, retirada de flejes, desmenuzado, dosificación por tornillo, raspado y separación de piedras. Los molinos de martillos y una extrusora reducen el material de 5 mm a una fracción de 0-2 mm y producen pélets. Los molinos incluyen separación aerogravitatoria continua de cuerpos extraños, alimentación por doble tornillo y tolva para material a granel.

Las líneas se diseñan para cada cliente, con bajo consumo energético y control integrado de la alimentación según la corriente de la trituradora y del molino-extrusora. El control es intuitivo y sencillo para el operador.

Características técnicas

Potencia:

200 kW

Cantidad:

1 juego



Alimentador de pélets

Un alimentador modular de tolva carga los pélets en la cinta. Incluye tolva de almacenamiento, cadenas transportadoras con rascadores y estructura de soporte. Un variador regula la velocidad y el caudal de pélets. El pesaje controla la cantidad alimentada.

Características técnicas

Altura:	2,75 m
Longitud:	24,0 m
Anchura:	3,0 m
Volumen total:	200m ³
Cantidad:	1 ud.



Alimentador de biomasa (SF-01 ... SF-04)

Un alimentador modular de tolva suministra materia prima a los digestores. El suelo móvil y los tornillos garantizan una dosificación uniforme. La tolva se llena con pala cargadora. Incluye un depósito de 20 m³, cadenas con rascadores y soporte para montaje horizontal o inclinado. Los variadores regulan la velocidad y la alimentación. La tolva incorpora pesaje y trituradoras de martillos.

Características técnicas

Altura:	2,0m
Longitud:	6,0m
Anchura:	2,3m
Volumen total:	20m ³
Cantidad:	4 ud.



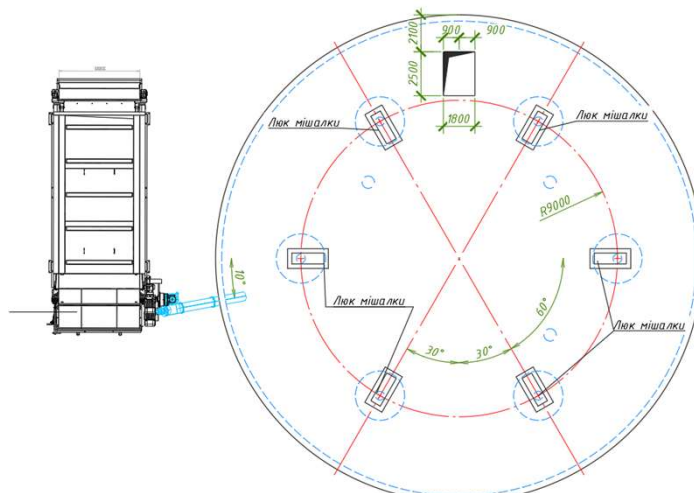
Digestor (HLR) (R-01...R-04)

El digestor es el elemento central de la planta: un depósito circular de hormigón armado sobre base de hormigón. La cubierta de hormigón soporta agitadores, válvulas y tuberías de biogás, apoyada por una columna central con capitel. El fondo inclinado mejora la carga y la mezcla; las salidas adicionales permiten vaciarlo completamente.

El aislamiento exterior de poliestireno extruido limita las pérdidas térmicas. Bajo tierra, paredes y fondo se impermeabilizan sobre el aislamiento con láminas en rollo. Un revestimiento protector evita daños mecánicos y de roedores. Una tubería perforada de drenaje, situada junto al exterior de las paredes sobre la base, permite controlar la estanqueidad. El sistema se inspecciona mediante pozos de registro.

Características técnicas

Altura:	8,5 m
Diámetro:	25,0 m
Volumen total:	4170 m ³
Cantidad:	4 ud.



Cubierta del digestor con aberturas para agitadores verticales

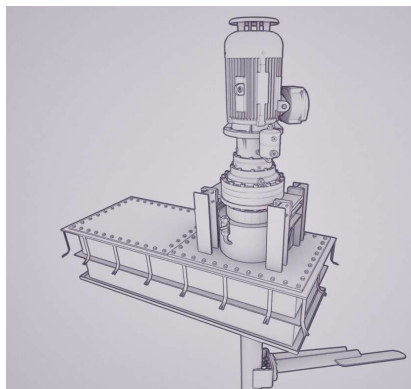
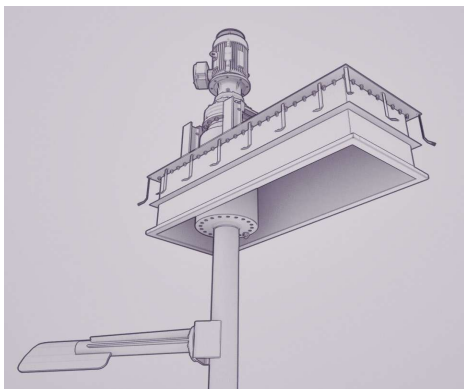


Agitador vertical del digestor - 1,2,3,4 (AG-01...AG-20)

El agitador vertical lleva palas a lo largo del eje y trata sustratos con 16-18% de materia seca, como hierba, ensilado y estiércol. Su geometría homogeneiza las capas flotantes y sedimentadas. El eje se adapta a la altura del digestor. Los variadores controlan los accionamientos desde la automatización. Las principales piezas de desgaste están fuera del depósito para facilitar el mantenimiento.

Características técnicas

Potencia del motor:	15kW
Cantidad por depósito:	5 ud.
Cantidad total:	20 ud.



Escotillas y conexiones de agitadores verticales

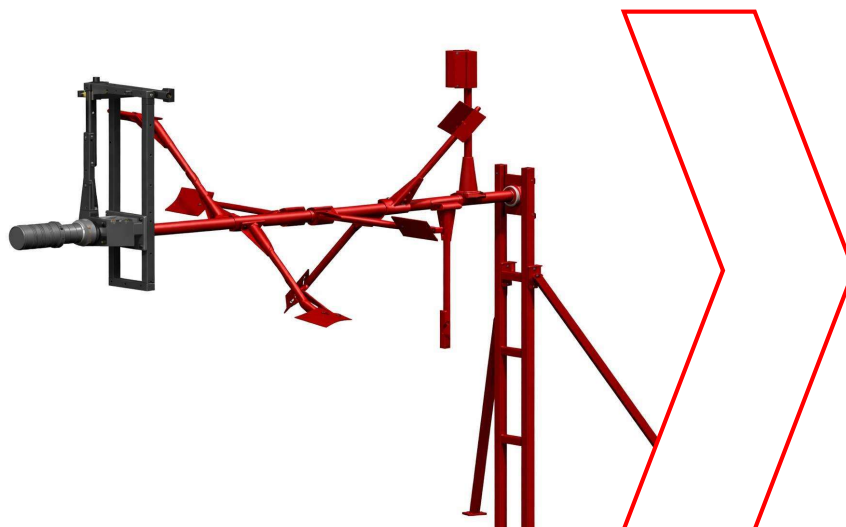


Posdigestor (D-01)

El posdigestor es un depósito circular de hormigón armado sobre base de hormigón. El fondo inclinado mejora la carga y la mezcla; las salidas adicionales permiten vaciarlo completamente. El aislamiento exterior de poliestireno extruido reduce las pérdidas de calor. Bajo tierra, paredes y fondo se impermeabilizan sobre el aislamiento con láminas. El revestimiento protege frente a daños y roedores. Una tubería perforada de drenaje junto a las paredes exteriores sobre la base permite controlar la estanqueidad mediante pozos de registro.

Características técnicas

Altura:	10,0 m
Diámetro:	26,0 m
Volumen total:	5 300 m ³
Cantidad:	1 ud.



Agitador de paletas del posdigestor (AG-21...25)

El agitador inclinado de paletas de alta potencia Paddle-giant está diseñado para mezclar eficazmente distintos tipos de materias primas, incluidos medios muy viscosos. Su funcionamiento protege la población bacteriana y favorece un rendimiento óptimo de gas. Los cojinetes son de un plástico especialmente resistente al desgaste y a la corrosión. Los componentes pueden sustituirse sin vaciar el digestor ni cambiar el eje.

Su principio de funcionamiento facilita la rotura de capas flotantes, la mezcla de estratos compactados y la desgasificación del sustrato. Es adecuado para pequeñas variaciones del nivel de llenado. Incorpora reductores y motores de fabricantes europeos reconocidos para una larga vida útil. Los motores y reductores están disponibles con certificados ATEX. Los agitadores se instalan a distintas alturas del depósito.

Características técnicas

Potencia del motor:	15kW
Cantidad por depósito:	5 ud.
Cantidad total:	5 ud.



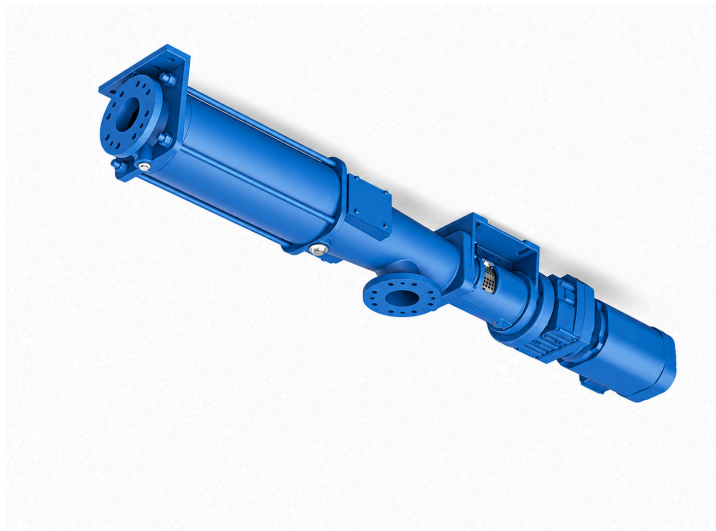
Mirillas con focos (SG-01...SG-05)

Las mirillas permiten observar el interior de los digestores. Los focos antideflagrantes disponen de desconexión automática. Un limpiador y un sistema de lavado mantienen limpios los cristales.

Características técnicas

Mirilla: Ø300

Foco: 230V, 50W, IP65
VISULUXUL50-G -H



Equipos de bombeo (PU-01....PU-09)

Las bombas transportan el sustrato entre los equipos. La viscosidad cinemática afecta a las curvas y a la selección de la bomba. Como resistencia al flujo, determina el comportamiento del líquido. Se elige el tipo adecuado para cada sustrato. Las bombas de tornillo transportan lodos fluidos, lodos espesados mecánicamente y sustratos con hasta un 15% de materia seca.

Características técnicas

Bomba de sustrato líquido a digestores

Potencia del motor:	11 kW
Caudal:	40 m ³ /h
Cantidad:	1 ud.

Bomba de sustrato al posdigestor

Potencia del motor:	18 kW
Caudal:	60 m ³ /h
Cantidad:	4 ud.

Bomba de alimentación al separador

Potencia del motor:	18 kW
Caudal:	60 m ³ /h
Cantidad:	4 ud.

Bomba de filtrado

Potencia del motor:	11 kW
Caudal:	40 m ³ /h
Cantidad:	1 ud.



Separador (SR-01 ... SR-04)

El separador separa el agua de los sólidos. Funciona de forma continua y automática según el principio de prensa de tornillo y procesa mezclas fluidas y viscosas. El tornillo transporta la mezcla sólido-líquido desde la cámara de entrada hasta el tamiz horizontal. Parte del agua atraviesa el tamiz por gravedad.

El tornillo conduce el agua restante y las partículas sólidas, incluidas las más finas, a la zona de prensado al final del tamiz. Allí se forma continuamente un tapón de material sólido compactado, que sale por la descarga y puede recogerse directamente en contenedores. El líquido separado fluye por la salida situada debajo de la máquina. Las tolerancias estrechas mantienen limpio el interior del tamiz de forma continua.

Características técnicas

Potencia del motor:

7,5 kW

Capacidad:

8-30 m³/h

Cantidad:

4 ud.



Depósitos de recepción y filtrado (RT-01, FT-01)

El depósito de recepción acumula el sustrato líquido, lo precalienta y mezcla antes de enviarlo a los digestores. Incluye sensores de nivel y temperatura y un agitador. La alimentación se realiza mediante bomba. El depósito de filtrado recoge el líquido separado y actúa como almacenamiento intermedio para su reutilización o descarga a la laguna.

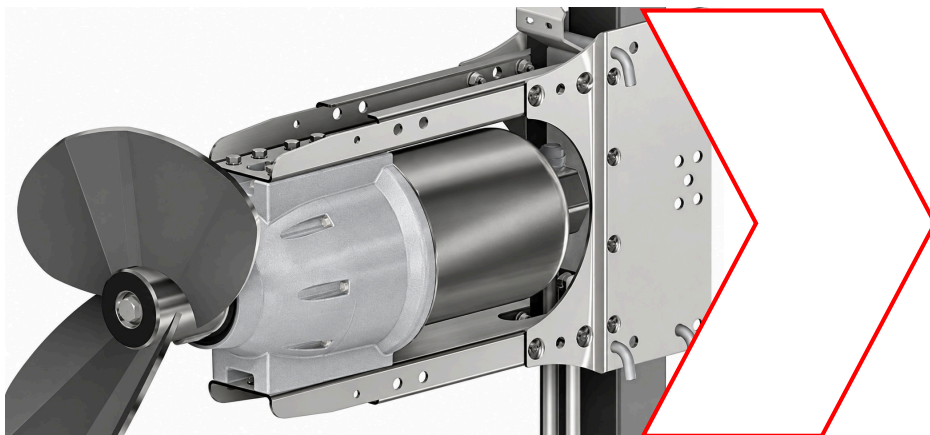
Características técnicas

Depósito de recepción (RT-01)

Altura:	3,0 m
Diámetro:	8,0 m
Volumen total:	150 m ³
Cantidad:	1 ud.

Depósito de filtrado (FT-01)

Altura:	3,0 m
Diámetro:	8,0 m
Volumen total:	150 m ³
Cantidad:	1 ud.



Agitador sumergible (AG-21, AG-22)

El agitador sumergible mezcla a fondo los sustratos líquidos. Su monobloque estanco acciona una hélice de tres palas. El equipo eléctrico está diseñado para ambientes potencialmente explosivos de Zona 2. El soporte se adapta a la mayoría de los mástiles guía y permite ajustar la altura. El motorreductor es de fundición nodular pintada, la hélice galvanizada y el soporte de acero inoxidable.

Características técnicas

Potencia del motor: 15 kW

Cantidad por depósito de recepción: 1 ud.

Cantidad total: 1 ud.

Potencia del motor: 5,5 kW

Cantidad por depósito de filtrado: 1 ud.

Cantidad total: 1 ud.



Gasómetro (GH-01)

El gasómetro recoge y almacena biogás y equilibra la presión. Su doble membrana incluye una película exterior recubierta de PVC y protegida contra UV por ambas caras, con resistencia de 3.000 N/5 cm. La membrana interior PELD resiste el biogás, con permeabilidad máxima al metano de 260 cm³/(m²·día·1 bar) y resistencia de 650 N/5 cm. Soporta frío hasta -30°C.

La presión del biogás expande la membrana interior. El aire entre membranas ejerce presión sobre ella; la presión del gas es de 2-5 mbar. El corte CNC y la soldadura de alta frecuencia mejoran la calidad frente a la fabricación manual y la soldadura térmica.

Una fijación neumática conecta de forma resistente y estanca la membrana a la pared. Incluye perfil trapezoidal, fijaciones, compresor y manguera de sujeción. Una válvula de alivio protege contra sobrepresiones.

Características técnicas

Altura:	13,0 m
Diámetro:	26,0 m
Volumen total:	3826 m³
Cantidad:	1 ud.



Sistema de enfriamiento y secado del biogás (CHL-01..04)

Equipos especializados enfrían y secan el biogás. Incluyen intercambiadores de baja presión, enfriadoras de agua y aerorrefrigeradores. El enfriador de gas es un intercambiador de carcasa y tubos de un paso: el biogás circula por los tubos y el refrigerante alrededor. Las piezas en contacto con biogás son de acero inoxidable 316Ti o 316L.

Características técnicas

Caudal de biogás:	2200 m ³ /h
Temperatura de entrada:	+48°C
Temperatura de salida:	+25°C
Potencia eléctrica:	56 kW
Cantidad:	4 ud.



Soplante de biogás (BC-01..04)

La soplante transporta el biogás y aumenta su presión mediante un impulsor giratorio. El variador permite trabajar al 30-100% de capacidad.

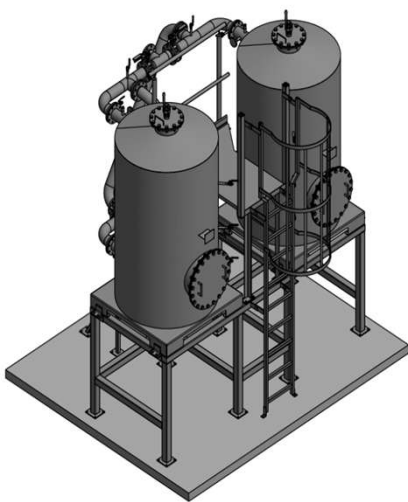
Características técnicas

Caudal de biogás:	4500 m ³ /h
Presión:	300 mbar
Potencia eléctrica:	55 kW
Cantidad:	2 ud.



Filtro de carbón activado

La depuración final utiliza carbón activado impregnado con yoduro de potasio, específico para biogás. El H_2S se adsorbe en los poros del carbón. Cuerpo, fondo, rejillas y tuberías de acero inoxidable resisten la corrosión incluso con altas concentraciones. El filtro se instala en interior o exterior sobre cimentación o bastidor. Reduce el azufre a 0-10 ppm y elimina también compuestos halogenados y siloxanos.

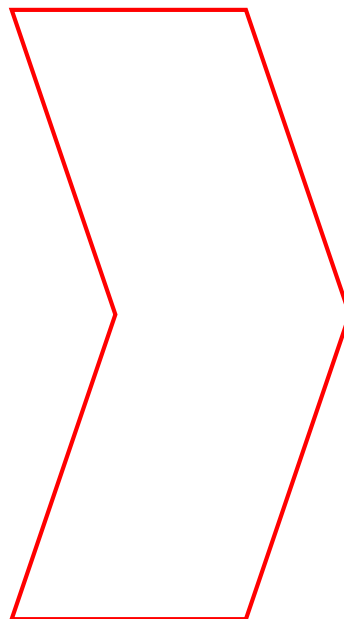


Para facilitar el cambio del adsorbente, las columnas se montan sobre un bastidor elevado. Un vehículo puede situarse debajo para descargar rápidamente el carbón usado en un remolque.

Características técnicas

Carga de carbón:
Cantidad:

500 kg
2 ud.



Generador de oxígeno

El generador de oxígeno se emplea en la primera etapa de limpieza del biogás. El aire contiene aproximadamente un 21% de oxígeno, gas inodoro, incoloro e insípido en condiciones atmosféricas. Puede obtenerse mediante adsorción por cambio de presión (PSA) o destilación fraccionada criogénica del aire licuado.

En PSA, el aire comprimido atraviesa filtros y una columna de carbón para eliminar polvo, aceite y agua. Después entra en uno de dos recipientes con tamiz molecular (MS). El CO₂ y la humedad residual se adsorben a la entrada del lecho. A alta presión, el tamiz retiene selectivamente el nitrógeno y permite pasar el oxígeno con la pureza requerida.

Mientras un recipiente produce oxígeno a presión, el otro se despresuriza y libera el nitrógeno a la atmósfera. La alternancia automática entre adsorción y desorción mantiene la producción continua. El dimensionamiento del compresor y de los recipientes permite distintas combinaciones de caudal y pureza. PSA produce económicamente desde menos de 1 m³/h hasta varios cientos de m³/h con una pureza del 90-95%.

Características técnicas

Capacidad:	80 l/min
Potencia :	5,5kW
Cantidad:	1 juego

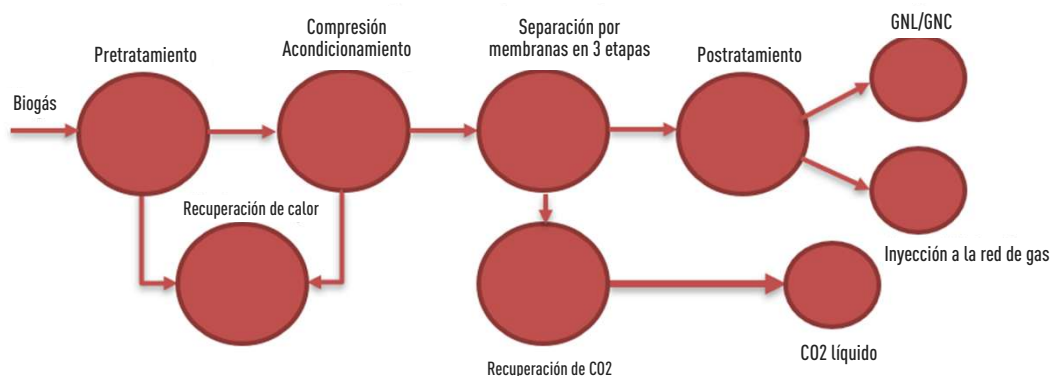


Unidad de enriquecimiento a biometano

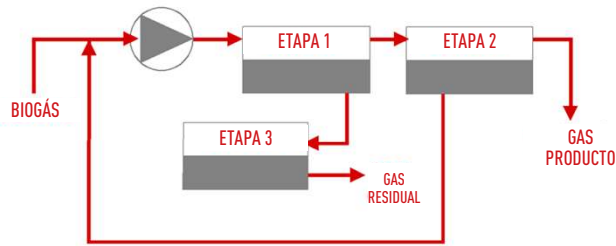
El biogás se enriquece a biometano mediante membranas impulsadas por una diferencia de presión. Se separan CO₂ e impurezas para obtener biometano rico en CH₄, apto para inyección en red o combustible vehicular. Antes de las membranas, los sistemas de enfriamiento y filtración eliminan agua, H₂S y otros contaminantes.

El gas limpio se comprime a la presión de separación, normalmente 12-16 bar según las características exigidas al producto.

Las membranas altamente selectivas permiten que el CO₂ permeabilice mucho más rápido que el metano. El permeado de las distintas etapas se recircula. Se obtienen dos corrientes: biometano con la concentración requerida y gas rico en CO₂. Tras las membranas, el biometano está prácticamente listo para la red. La supervisión estándar incluye analizador de biometano y sensores de punto de rocío y temperatura.



Las membranas altamente selectivas de tres etapas son tecnología alemana avanzada, diseñada para enriquecer eficazmente el biogás a biometano.



El cartucho contiene miles de fibras huecas de polímeros de alto rendimiento dentro de una envoltura de acero inoxidable. Sus extremos se fijan con resina. El cartucho se aloja en un cuerpo de acero a presión; ambos forman el módulo de membranas. Varios módulos pueden conectarse mediante tuberías para tratar mezclas a presión, creando una instalación compacta y sencilla de operar. Los cuerpos se fabrican según las normativas nacionales para adaptarse a los requisitos locales. Existen versiones para hasta 20 bar y 25 bar.



Las membranas separan gases mediante miles de fibras poliméricas huecas. La permeabilidad depende de la solubilidad en el material y de la velocidad de difusión. Los gases más solubles y de moléculas pequeñas atraviesan más rápido que los de mayor tamaño y menor solubilidad. La relación entre velocidades de transporte se denomina selectividad; cuanto mayor sea, mejor será la eficiencia energética.

En la separación CO_2/CH_4 , el CO_2 permea mucho más rápido y el metano queda retenido. El gradiente de presión parcial impulsa el proceso. Así se obtiene calidad de gas natural, con pureza de metano superior al 99%.

Ventajas

- Menor consumo con recirculación del 30-40%.
- Resistencia al H_2S hasta el 3%.
- Sin agua ni sorbentes auxiliares.
- Sin emisiones al medio ambiente.
- Separación a temperatura ambiente.
- Diseño compacto.
- Proceso continuo.
- Configuración modular sencilla.
- Flexibilidad y fácil ampliación.
- Alta selectividad y pureza.
- Recuperación de metano superior al 99%.



Características de la unidad de biometano

	Biogás	Biometano	CO2 gas enriquecido
Caudal máximo (Nm³/h)	4500	2400	1995
Caudal real (Nm³/h)	4266	2275	1891
CH4 (%)	53	99	2,74
CO2 (%)	42,17	1,8	94,6
H2O (%)	0,8	punto de rocío < -65°C	2
N2 (%)	0,8	1,16	0,3
O2 (%)	0,2	0,1	0,35
H2S (ppm)	<3	-	-
Temperatura (°C)	20	25	40
Presión (bar)	0,09	3,1	0,05

Consumo de energía

Unidad de biometano

0,26 kW/Nm³ biogás



Estación de compresión de biometano 50 bar (CS-01)

La estación compacta facilita la instalación. Está diseñada para biometano con presión de entrada de 0-50 bar y funcionamiento fiable a 3.000-54.600 Nm³/día.

Componentes principales:

- Compresor alternativo con cilindros sin aceite.
- Una o dos etapas, salida de 4-50 bar.
- Émbolos y sellos de altas prestaciones.
- Acoplamiento directo motor-compresor.
- PLC con pantalla.
- Control remoto integrado.
- Depurador de entrada con drenaje automático.

Características técnicas

Caudal de biometano:

2275 m³/h

Potencia eléctrica:

400 kW

Cantidad:

2 ud.

Cantidad recomendada: 2 unidades, para mantener la operación durante reparaciones y mantenimiento de la compresión.



Cromatógrafo de gases

El cromatógrafo determina con precisión la composición del biogás y biometano. Controla la calidad continua o periódicamente antes de la red o de otro consumidor. Recopila y analiza datos, calibra y calcula propiedades conforme a ISO 6976: poderes caloríficos inferior y superior, densidad e índice de Wobbe a partir de la composición. El cromatograma identifica las concentraciones y muestra datos en tiempo real o en un informe.

Características técnicas

Protección antideflagrante para Zonas 1 y 2. Carcasa de acero inoxidable con puerta protegida, IP66. PC industrial frontal. Control LAN del cromatógrafo y selector de corriente. Interfaz industrial con base de datos. Modbus y Profibus mediante Ethernet/RS232/RS485.

Cantidad:

1 ud.



Estación de odorización

La estación añade un odorante, normalmente basado en mercaptanos o compuestos de azufre, que proporciona olor característico al biometano para detectar fugas. La odorización es obligatoria para la inyección en redes de distribución. Incluye depósito, bomba dosificadora de precisión, control de dosificación, sensores de presión y caudal, unidad de control, envolvente y armario protectores y protección contra fugas.

Características técnicas

Presión máxima de servicio:	100 bar
Temperatura de servicio:	17°C-60°C
(opciones calefactadas para frío)	
Señal de caudal de gas:	impulsos
Cantidad:	1 ud.



Unidad de licuefacción de CO2

El enriquecimiento produce biometano con la concentración requerida y gas rico en CO2. Un módulo de recuperación permite licuar este CO2. El compresor lo comprime en dos etapas. El carbón activado elimina olores e impurezas y un secador automático de tamiz molecular retira la humedad.

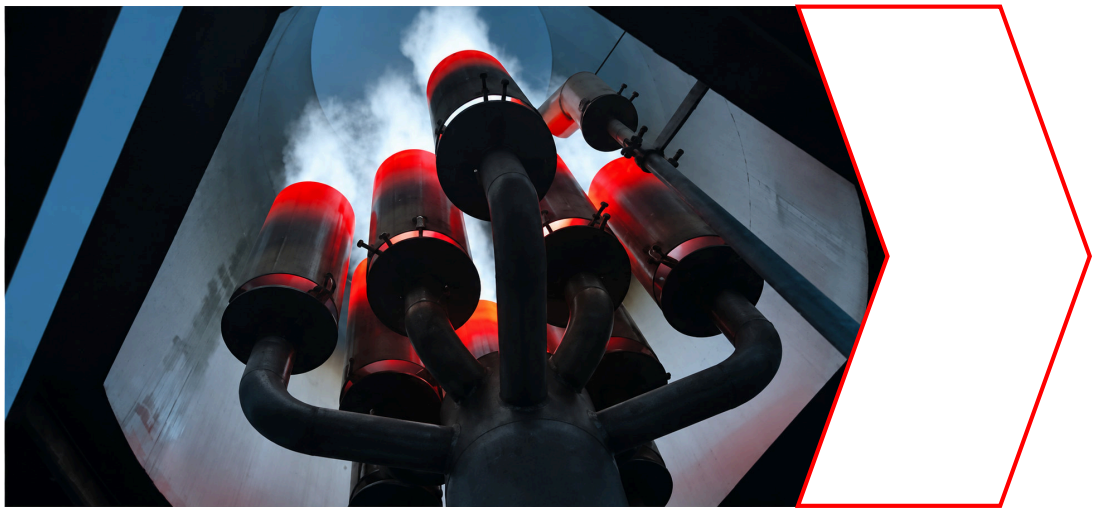
En el licuefactor, el CO2 se condensa mientras los gases no condensables permanecen gaseosos. Oxígeno, metano y nitrógeno se eliminan en una columna de stripping. El CO2 líquido puro pasa a un depósito aislado. Su calidad alimentaria permite utilizarlo en alimentos, bebidas carbonatadas, refrigeración e invernaderos. La recuperación aporta una fuente adicional de ingresos.

Llenado de CO2

El CO2 líquido llega a una bomba que proporciona la presión para llenar botellas, cisternas o depósitos. Durante el llenado, la botella se enfría y aumenta de peso. Se controlan peso con precisión de 0,01 kg, presión, caudal y temperatura. Al alcanzar la carga nominal, por ejemplo 6, 10, 20 o 30 kg, la bomba pasa a llenado lento para mantener el CO2 líquido. El exceso de gas sale por la línea de evaporación, la masa se estabiliza y la temperatura se equilibra. El llenado debe limitarse al 67-75% para permitir la expansión térmica.

Características técnicas

Caudal de CO2:	1940 m ³ /h
Capacidad de licuefacción:	3880 kg CO2/h
Pureza de CO2:	99%
Cantidad:	1 ud.



Antorcha de biogás (BF-01, BF-02)

La antorcha permite la combustión completa temporal o periódica del biogás cuando no puede utilizarse como fuente de energía. El sistema consta de un quemador y equipos auxiliares. El quemador funciona por inyección e incluye una boquilla con inyector y regulación del aire, un tubo protector de llama, accesorios y un sistema de control. El conjunto de combustión se fabrica en acero inoxidable.

La estructura soporta el quemador y el tubo vertical. El armario de control fijado a la estructura contiene todos los elementos de supervisión y control del encendido y de la llama.

Características técnicas

Caudal de biogás:

2500 m³/h

Presión:

**mín. 10 mbar-
máx. 60 mbar**

Cantidad:

2 ud.

Abastecimiento de agua y saneamiento

Los sistemas abastecen de agua para usos domésticos, de proceso y contra incendios. Se utilizan bombas centrífugas autocebantes de una etapa. Las bombas de aguas residuales evacúan efluentes de proceso, domésticos y, cuando procede, pluviales. Dos o tres bombas en paralelo elevan la presión de la red.

Características técnicas

Estación de bombeo de agua

Potencia del motor:	7,5 kW
Caudal:	40 m ³ /h
Presión:	20 m

Estación de bombeo contra incendios

Potencia del motor:	7,5 kW
Caudal:	38 m ³ /h
Presión:	25 m

Bomba de drenaje

Potencia del motor:	1,5 kW
Caudal:	10 m ³ /h
Presión:	15 m

Sistema de suministro de aire

El suministro de aire fija la cúpula protectora mediante una sujeción neumática mantenida a la presión requerida.

Características técnicas

Consumo de aire:	200 l/min
Presión máxima:	8 bar
Capacidad del calderín:	9,5 l



Sistema de calefacción

La calefacción compensa las pérdidas y mantiene estable la temperatura de digestión. Incluye bombas de circulación, tuberías y tubos calefactores. El calor procede de cogeneración u otra fuente externa. El fluido es una solución acuosa de propilenglicol. Se utiliza una caldera eléctrica para calentar.

Características técnicas

Bomba de circulación

Potencia del motor:	3,5 kW
Caudal:	28 m ³ /h
Presión:	1 bar

Bomba de circulación

Potencia del motor:	2,0 kW
Caudal:	12 m ³ /h
Presión:	1 bar

Estación de bombeo de propilenglicol

Potencia del motor:	0,77 kW
Caudal:	1,0 m ³ /h
Presión:	4 bar

Caldera eléctrica

Potencia instalada, kW:	Según cálculo
Cantidad:	1 juego



Aerorrefrigerador (enfriamiento del sustrato) (DC-01 ... DC-04)

La digestión activa y el régimen termófilo pueden provocar autocalentamiento a +48 a +50°C. El enfriamiento evita superar sin control el rango operativo. Se utiliza el mismo intercambiador espiral de calefacción, conmutando el circuito al aerorrefrigerador.

Características técnicas

Potencia térmica:	100 kW
Potencia eléctrica:	4 kW
Cantidad:	5 ud.



Automatización

La automatización supervisa y regula el funcionamiento y limita daños. En emergencias, como un corte eléctrico, la planta pasa automáticamente a modo seguro. La vigilancia en tiempo real detecta y corrige desviaciones, optimiza la operación y reduce costes. Los parámetros se registran continuamente.

El sistema incluye armario, sensores y actuadores. El armario modular alberga arriba alimentación y procesadores central y de búfer; debajo, entradas y salidas distribuidas Simatic ET200S; y en la parte inferior, relés y bornes para actuadores. Un operador controla toda la planta.

Características técnicas

Cuadros VRU-1, 2, 3

Controlador: Siemens CPU315-DP2

Periferia: Simatic ET200S

Panel táctil OP277

Comunicación: PROFIBUS y MPI

Interfaz: RS-485

Control: Simatic Step7



Juego de sensores

Los sensores miden temperatura, presión, nivel y humedad y transmiten las lecturas y señales a la pantalla del operador.

Tipos de sensores

Sensor de conductividad
Sensor de presión / nivel
Sensor ultrasónico
Sensor de presión de gas



Generador diésel

El generador diésel sirve como fuente principal o de reserva. Su motor cumple normas internacionales de calidad y medio ambiente y dispone de regulación mecánica y electrónica de velocidad. El alternador soporta un 300% de corriente de cortocircuito durante 20 segundos sin interrumpir el servicio. La envolvente insonorizada para intemperie y el control térmico permiten arrancar con cualquier clima.

Ofrece fiabilidad, bajo ruido, mayor seguridad y filtración de combustible en tres etapas. Las opciones incluyen vigilancia remota LiveLink, insonorización adicional, movilidad y distintos depósitos. El precalentamiento facilita el arranque con heladas. La regulación automática de tensión AVR protege contra sobrecargas y sobretensiones.

Características técnicas

Potencia nominal:	1000 kW
Tensión nominal:	230/400kW
Cilindrada:	35,8 l
Consumo de combustible (75% carga):	172l/h
Dimensiones (alto x largo x ancho)	2600x 6060x 2440mm
Cantidad:	1 ud.



Laboratorio

El seguimiento de las materias primas y de la digestión es esencial para un funcionamiento eficiente. El laboratorio determina la materia seca de la alimentación y del digestato, la relación entre ácidos orgánicos volátiles y carbono inorgánico total (FOS/TAC), el grado de digestión y la producción de biogás. También permite evaluar la eficacia del separador.

Equipos

Balanza analítica
Analizador de humedad
Titulador automático
pH-metro de laboratorio
Centrífuga
Juego de matraces

Especificación de equipos



N.º	Denominación Equipos	Técnica característica	Cantidad
1	Alimentador de biomasa -1,2,3,4	V=20 m³	4
1.1	Tolva de alimentación		4
1.2	Conjunto de tornillos	juego	4
2	Alimentador de pélets al transportador	V=200 m³	1
1.1	Tolva de alimentación		1
1.2	Conjunto de tornillos	juego	1
3	Agitador sumergible para recepción y filtrado	N=15 kW	1
3.1	Motorreductor estanco		1
3.2	Hélice de acero resistente al desgaste		1
3.3	Mecanismo de ajuste del agitador		1
3.4	Soporte del motor		1
3.5	Fijaciones		1
4	Agitador vertical del digestor-1,2,3,4	N=15 kW	20
4.1	Motorreductor estanco		20
4.2	Hélice de acero resistente al desgaste		20
4.3	Eje adaptado a la altura del digestor		20
4.4	Palas		20
4.5	Variador de frecuencia		20
4.6	Fijación del soporte inferior del agitador		20
5	Agitador de paletas del posdigestor	N=15 kW	5
6	Válvula de seguridad sobrepresión/vacío		5
7	Mirillas con focos	juego	5
7.1	Mirilla RD300 (fijaciones y sellador)	Ø300	10
7.2	Foco (montaje incluido) VISULUX UL50-G-H	230V, 50W, IP65	5
8	Bomba de sustrato líquido	30-40 m³/h N=11.0 kW	1

N.º	Equipo	Características	Cantidad
9	Bomba de sustrato al posdigestor	60 m³/h N=18.0 kW	4
10	Bomba de alimentación al separador	60 m³/h N=18.0 kW	4
11	Separador	N=7.5 kW	4
11.1	Cuerpo		4
11.2	Conexión de sustrato de 4 pulgadas		4
11.3	Motor y reductor	N=7,5 kW	4
11.4	Bastidor		4
11.5	Tornillo		4
11.6	Tamiz filtrante		4
12	Bomba de filtrado	40 m³/h N=11 kW	1
13	Gasómetro PVC H/D = 1/2	3826 m³	1
13.1	Cúpula protectora	Ø26 m	1
13.2	Membrana interior PELD		1
13.3	Soplante de aire	16A, 0,5kW	1
13.4	Fijaciones		1
13.5	Válvula de seguridad sobrepresión/vacío		1
13.6	Indicador de llenado		1
13.7	Accesorios		1
13.8	Válvula de seguridad		1
14	Sistema de enfriamiento de biogás	2200 m³/día	4
14.1	Enfriadora		4
14.2	Intercambiador de calor		4
14.3	Depósito de propilenglicol		4

N.º	Equipo	Características	Cantidad
15	Sistema de desulfuración		1
15.1	Generador de oxígeno, juego	80 l/min	1
15.2	Filtro de carbón	500kg	2
16	Soplante de biogás	Q=4500m³/h, H=250mbar, N=55kW	2
17	Contador electromagnético de biogás		2
18	Antorcha de biogás	2500 m³/h	2
19	Equipos de gas	juego	1
19.1	Bomba de drenaje con flotador	DN=50, Q=1m³/h, H=13 m	2
20	Sistema de calefacción	juego	1
20.1	Vaso de expansión	V=1000 l,P=6Bar T=120°C	1
20.2	Bomba de circulación térmica	Q=30 m³/h, H=1 bar	1
20.3	Suministro de propilenglicol	Q=1,0 m³/h, H=4 bar	1
20.4	Bomba de circulación a digestores	Q=18 m³/h, H=1.1 bar	5
20.5	Caldera eléctrica	juego	1
21	Abastecimiento de agua y saneamiento	juego	1
22	Automatización y equipos eléctricos	juego	1
22.1	Cuadro de entrada VRU-1		1
22.2	Cuadro de entrada VRU-2		1
23	Sensores (juego)		1
23.1	Sensor de presión del gas 0,025 bar		5
23.2	Sensor de presión del gas 0,4 bar		5

N.º	Equipo	Características	Cantidad
23.3	Sensor de presión del sustrato 1,0 bar		5
23.4	Sensor de presión del sustrato 2,5 bar		5
23.5	Sonda de temperatura		5
23.6	Vainas de protección		5
23.7	Sensor de temperatura del circuito		5
23.8	Sensor de presión del sustrato		6
23.9	Sensor de presión del sustrato		6
23.10	Sensor de presión del refrigerante		6
23.11	Sensor de presión sumergible		1
23.12	Sensor de humedad y temperatura del gas	SEN 3276 B065 G1/2 6Bar	5
23.13	Sonda de temperatura	ESFTF-I	5
24	Aerorrefrigerador 100kW Potencia térmica		5
25	Unidad de biometano	juego	1
26	Estación de compresión de biometano	juego	2
27	Laboratorio	juego	1
28	Generador diésel 1 MW	juego	1

Anexos



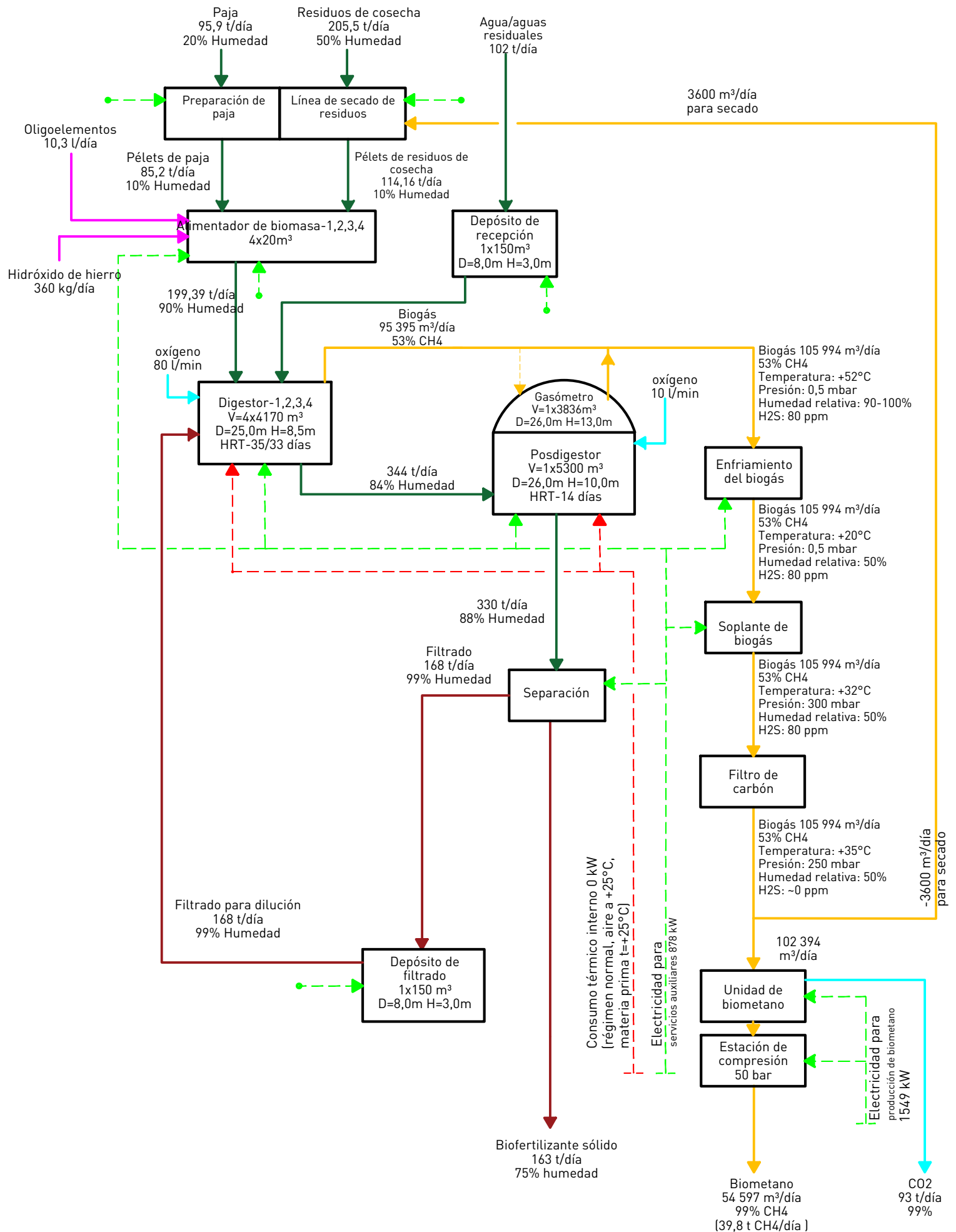
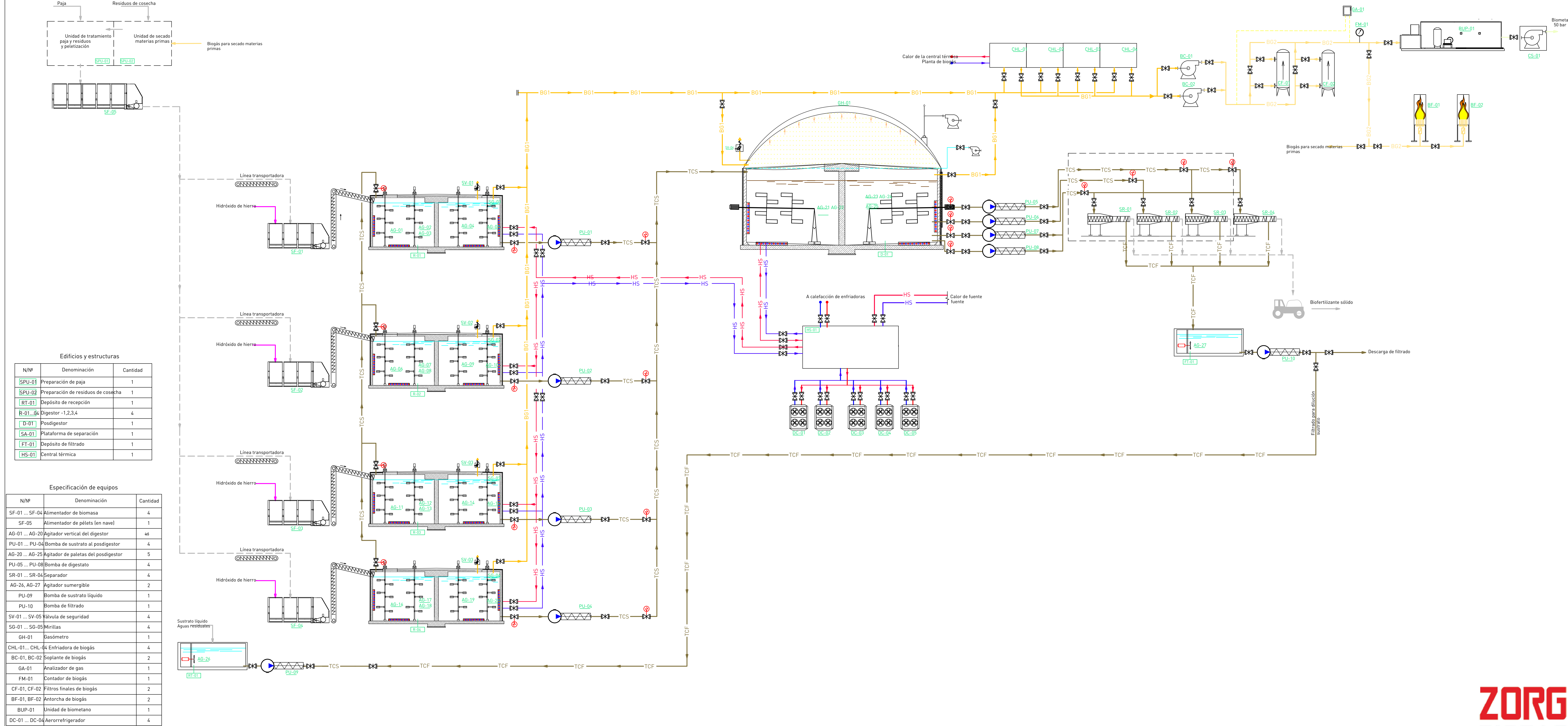
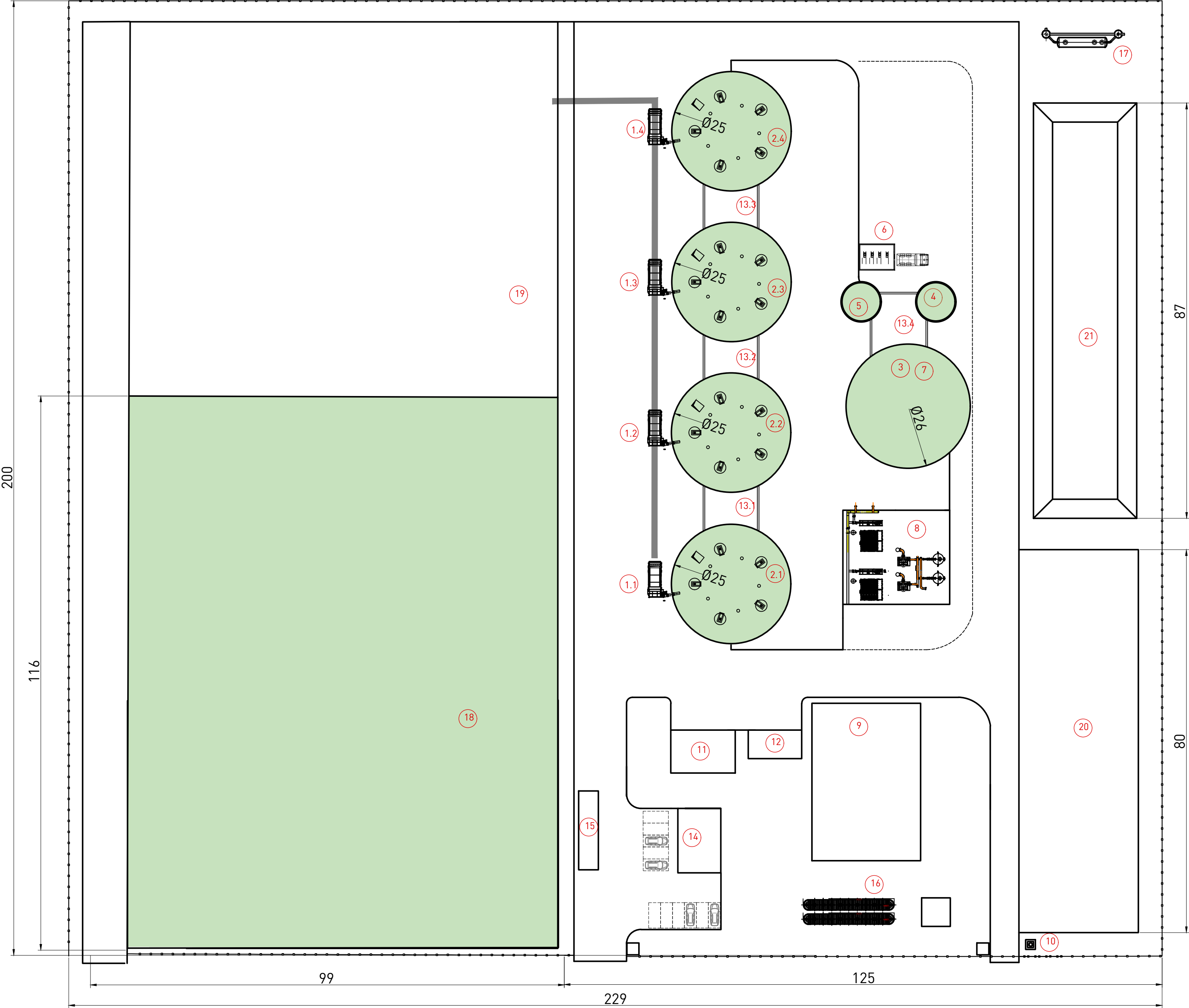


Diagrama de proceso



Plano de la planta



Leyenda

N/Nº	Denominación	Nota
1.X	Alimentador de biomasa-1,2,3,4	
2.X	Digestor-1,2,3,4	
3	Posdigestor	
4	Depósito de recepción	
5	Depósito de filtrado	
6	Plataforma de separación	
7	Gasómetro	
8	Zona de tratamiento del biogás	
9	Unidad de biometano	
10	Antorcha de biogás	
11	Edificio administrativo	
12	Centro de transformación	
13.X	Edificio de equipos	
14	Almacén de repuestos	
15	Báscula	
16	Depósito de agua contra incendios	
17	Tratamiento de aguas pluviales	
18	Zona de almacenamiento de paja	
19	Tratamiento de paja y residuos	
20	Almacenamiento de fertilizante sólido	
21	Laguna	

Anexo 4

Planta de biogás					
Equipos	Potencia (kW)	Cant. unidades	Potencia total (kW)	Horas de trabajo por día	Energía consumida (kWh/día)
Preparación de materias primas	200,0	1	200,0	16,0	3200,0
Línea de secado de residuos	110,0	1	110,0	16,0	1760,0
Alimentador de pélets 200 m³	47,0	1	47,0	6,0	282,0
Línea transportadora de materias	44,0	1	44,0	6,0	264,0
Alimentador de biomasa-1,2,3,4 V=20 m3	18,0	4	72,0	6,0	432,0
Conjunto de tornillos	23,0	4	92,0	6,0	552,0
Agitador vertical del digestor - 1,2,3,4	15,0	20	300,0	16,0	4800,0
Agitador de paletas del posdigestor	15,0	5	75,0	16,0	1200,0
Agitador sumergible de recepción	15,0	1	15,0	8,0	120,0
Agitador sumergible de filtrado	5,5	1	5,5	8,0	44,0
Sistema de enfriamiento de biogás	56,0	4	224,0	24,0	5376,0
Soplante de biogás	55,0	2	110,0	12,0	1320,0
Generador de oxígeno	5,5	1	5,5	8,0	44,0
Bomba de sustrato líquido	11,0	1	11,0	0,5	5,5
Bomba de sustrato al posdigestor	18,0	4	72,0	4,0	288,0
Bomba de digestato	18,0	4	72,0	6,0	432,0
Separador 1,2, 3,4	7,5	4	30,0	6,0	180,0
Bomba de filtrado	18,0	1	18,0	3,0	54,0
Compresor de fijación neumática	1,5	2	3,0	1,0	3,0
Soplante de la doble membrana	1,0	2	2,0	24,0	48,0
Aerorrefrigerador	4,0	4	16,0	24,0	384,0
Bomba de circulación del fluido térmico sistemas refrigeración	0,8	4	3,0	24,0	72,0
Bomba de circulación del fluido térmico sistemas refrigeración	2,0	4	8,0	24,0	192,0
Bomba de circulación del fluido térmico sistemas refrigeración	0,1	1	0,1	24,0	1,9
Bombeo de propilenglicol	0,8	1	0,8	0,5	0,4
Bomba de drenaje	1,0	2	2,0	0,5	1,0
Alumbrado exterior Planta de biogás	1,2	1	1,2	8,0	9,6
Foco de mirilla del digestor	0,1	4	0,3	0,5	0,2
Iluminación del cuadro	0,1	1	0,1	0,5	0,1
Potencia instalada total, kW			1138		
Consumo eléctrico total, kWh/día					21066
Potencia total consumida, kW					878

Complejo de biometano					
Equipos	Potencia (kW)	Cant. unidades	Potencia total (kW)	Horas de trabajo por día	Energía consumida (kWh/día)
Unidad de biometano	1148,3	1	1148,3	24,0	27558,6
Estación de compresión de biometano 50 bar	400,3	1	400,3	24,0	9608,0
Potencia instalada total, kW			1548,6		
Consumo eléctrico total, kWh/día					37167
Potencia total consumida, kW					1549

Consumo total, kW					2426
-------------------	--	--	--	--	------

Precios: planta de paja, 20 millones de m³ de biometano/año

Pos.	Denominación	Cant.	Precio unitario, EUR	Precio total, EUR	
1	Documentación de proyecto	1	118.300	118.300	
2	Supervisión de obra	1	60.000	60.000	
3	Puesta en marcha y formación	1	60.000	60.000	
4	Alojamiento y desplazamientos	1	40.000	40.000	
5	Entrega de equipos (camiones)	25	8.000	200.000	
6	Transportador de cinta	1	245.000	245.000	
7	Alimentador de biomasa-1,2,3,4 (V=20m³)	4	95.000	380.000	
8	Conjunto de tornillos	4	115.000	460.000	
9	Alimentador de biomasa-4 (V=200m³)	1	235.000	235.000	
10	Conjunto de tornillos	1	125.000	125.000	
11	Agitador vertical del digestor-1,2,3,4 15 kW	20	44.800	896.000	
12	Bastidor de agitador vertical, pos. 12	20	4.900	98.000	
13	Agitador de paletas del posdigestor 15 kW	5	44.800	224.000	
14	Bastidor de agitador, pos. 14	5	4.900	24.500	
15	Bomba de sustrato líquido 11kW	1	20.300	20.300	
16	Bomba de sustrato al posdigestor 18 kW	4	25.200	100.800	
17	Bomba de digestato 18 kW	4	25.200	100.800	
18	Separador 7.5 kW	4	40.600	162.400	
19	Bomba de filtrado 11kW	1	20.300	20.300	
20	Válvula de seguridad sobrepresión/vacío	4	5.600	22.400	
21	Mirillas con focos	4	4.900	19.600	
22	Abastecimiento de agua y saneamiento	1	63.910	63.910	
23	Sistema de calefacción	1	67.900	67.900	
24	Aerorrefrigerador (enfriamiento del sustrato)	5	25.900	129.500	
25	Automatización y armario eléctrico	1	590.000	590.000	
26	Válvulas motorizadas	22	6.300	138.600	
27	Sensores (juego)	7	25.000	175.000	
28	Gasómetro D26m 1/2D	2	81.000	162.000	
29	Conjunto de gas (válvulas, compuertas y accesorios)	1	101.500	101.500	
30	Enfriadora (Sistema de enfriamiento de biogás) 2200 m³/h	4	87.500	350.000	
31	Soplante de biogás 4500m³/h	2	38.500	77.000	
32	Filtro de carbón activado 500 kg	2	27.300	54.600	
33	Antorcha de biogás 2500 m³/h	2	127.400	254.800	
34	Analizador de gas	2	18.900	37.800	
35	Unidad de biometano	1	3.710.000	3.710.000	
36	Estación de compresión de biometano 50 bar	2	350.000	700.000	
37	Laboratorio	1	19.600	19.600	
38	Construcción y montaje de equipos y redes	1	3.700.000	3.700.000	cliente
	Total alcance ZORG, EUR			10.244.610	
Total Zorg + Cliente, EUR				13.944.610	

Calendario del proyecto y pagos

Año														
Mes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
Recopilación de datos iniciales														
Proyecto		50%			50%									
Aprobaciones y permisos														
Equipos						30%	20%	20%		30%				
Entrega Equipos														
Unidad de biometano			30%							70%				
Entrega del módulo														
Construcción														
Supervisión de obra					50%					50%				
Arranque y puesta en marcha												50%	50%	

Contratos

El proyecto se ejecuta mediante varios contratos paralelos.

- Documentación de proyecto
- Suministro de equipos
- Supervisión de obra
- Puesta en marcha

Exclusiones del suministro

- 1) Estudios topográficos y geológicos: 3.000-7.000 EUR.
- 2) Transformador y línea eléctrica externa para arranque y construcción, y 2.500 kW en operación normal.
- 3) Carreteras externas.
- 4) Agua temporal para construcción y pruebas hidráulicas: 5.300 m³. Puede utilizarse agua técnica no salina de río, lago o pozo.
- 5) Inóculo de arranque: sustrato de otra planta, purín o lodo de depuración. El cliente lo suministra una vez durante 1-2 semanas para llenar el 15-20% del digestor (800 m³). El resto se llena con el agua indicada.
- 6) Maquinaria para transportar estiércol y paja entre almacenamiento, preparación y alimentación: pala cargadora y tractor.
- 7) Carbón activado: 1,0 t cada dos años x 4.800 EUR/t = 4.800 EUR.
- 8) Concentrado FeO(OH): 132 t/año x 800 EUR/t = 105.600 EUR.
- 9) Oligoelementos: 3.760 l/año x 25 EUR/l = 94.000 EUR.
- 10) Agua desmineralizada para calefacción: 5 t.
- 11) Repuestos para dos años: 280.000 EUR.