

**MEMORIA DESCRIPTIVA PARA LA
REDACCIÓN DEL PROYECTO
CONSTRUCTIVO DE UNA PLANTA
DE BIOMETANIZACIÓN PARA LA
VALORIZACIÓN DE LA FORS EN
BIOGÁS, Y SU POSTERIOR
ENRIQUECIMIENTO E INYECCIÓN
EN LA RED.
SOCIEDAD ECONOMÍA MIXTA
METABARRI**

1 ANTECEDENTES	3
1.1. Antecedentes administrativos	3
1.2. Antecedentes generales	4
1.2.1. Los biorresiduos	4
2 OBJETO	4
3 DATOS DE PARTIDA	4
3.1. Ubicación y emplazamiento	4
3.2. Áreas de tratamiento	6
3.3. Caracterización del biorresiduo	6
4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	8
4.1. Pretratamiento	8
4.2. Digestión anaerobia	9
4.3. Separación sólido/líquido	10
4.4. Planta de compostaje	10
4.5. Tratamiento de efluentes	11
4.6. Tratamiento de aires	12
4.7. Línea de gas	13
4.7.1. Pretratamiento del biogás	14
4.7.2. Compresión del biogás	14
4.7.3. Upgrading del biogás	15
4.7.4. Inyección del biometano a la red de gas natural	15
5 DIAGRAMA DE PROCESO	16
6 DESCRIPCIÓN EQUIPOS PRINCIPALES	18
6.1. Pretratamiento	18
6.1.1. Foso recepción	18
6.1.2. Pulpo alimentación	18
6.1.3. Sistema de depackaging	19
6.1.4. Sistema de desarenado	20
6.1.5. Depósito pulmón	21
6.1.6. Digestión Anaerobia. Digestores y post-digestor	22

6.1.7.Sistema de mezcla digestión	22
6.1.8.Sistema de calefacción.....	22
6.1.9.Desulfuración preliminar	23
6.1.10.Gasómetro	23
6.2.Separación sólido/líquido	24
6.2.1.Filtro prensa.....	24
6.2.2.Tornillo deshidratador	24
6.3.Tratamiento de efluentes	26
6.3.1.MBR	26
6.3.2.Ósmosis inversa (opcional)	27
6.4.Tratamiento de aires	28
6.4.1.BAP	28
6.5.Línea de gas	28
6.5.1.Trampa de condensados	29
6.5.2.Caldera	29
6.5.3.Antorcha	30
6.5.4.Pretratamiento del biogás	31
6.5.5.Upgrading	33
6.5.6.Inyección a red de distribución de gas natural.....	34

1. ANTECEDENTES

1.1. Antecedentes administrativos

A raíz del incremento en gestión de la recogida selectiva de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (en adelante FORS) que se prevé en los próximos años, se ha constituido la empresa de economía mixta Metabarri para construir una planta de tratamiento de FORS en el ecoparque de Artigas (Artigabidea, z/G, 48002 Bilbao).

Actualmente la instalación tiene una capacidad para tratar 10.000 t/a de FORS mediante compostaje. Esta capacidad se encuentra en el límite.

Se prevé que en los próximos seis años la cantidad de FORS se incremente hasta 35.000 t/a, pudiendo incluso alcanzar las 50.000 t/a cuando se imponga la separación selectiva en todos los municipios.

Por este motivo, Bizkaia apuesta por otra opción de valorización para las 50.000 t/a de FORS que podría llegar a recibirse en el ecoparque de Artigas en los próximos años. Como alternativa de valorización al compostaje, se plantea la digestión anaerobia para producción de biogás y compost a partir de la fracción sólida del digerido (producto de salida de la digestión anaerobia). Mediante una depuración del biogás se podrá obtener biometano que se inyectará en la red de gas natural.

Como punto de partida del Proyecto se realizó una caracterización a la FORS gestionada en el ecoparque de Artigas de la cual se extrae que el porcentaje de inertes es inferior al 5% de promedio. Este valor es esperable mientras la recogida selectiva sea voluntaria.

1.2. Antecedentes generales

1.2.1. Los biorresiduos

Los materiales que se pueden depositar:

- mezclas de residuos municipales
- restos de comida de origen animal (carne y pescado, caparazones y conchas de marisco, queso, cáscaras de huevo ...)
- vegetal (verduras, frutas, semillas, frutos secos y sus cáscaras, cereales, restos vegetales ...)
- residuos de mercados (restos orgánicos de frutas y hortalizas)
- fracción recogida selectivamente de residuos biodegradables de cocinas y restaurantes, aceites vegetales de procedencia diversa (bares, catering, restaurante, municipios, hospitales)
- residuos biodegradables de parques y jardines
- lodos deshidratados de EDAR
- material no apto para el consumo humano del rechazo de la fabricación de harina y aceite de pescado.

- otros (no cocinados o cocinados, restos de flores, restos de pan y bollería, papel de cocina, servilletas, bolsitas de infusiones ...).]

2. OBJETO

El objeto del presente documento es servir de especificación para el posterior trabajo de ingeniería.

El objeto de la planta es la valorización sostenible, ecoeficiente y tecnológicamente madura de la fracción orgánica del contenedor marrón mediante un proceso de digestión anaerobia, para la generación de biogás y su posterior enriquecimiento e inyección en la red de distribución de gas natural del biometano generado, y producción de compost como operación de valorización R3.

3. DATOS DE PARTIDA

3.1. Ubicación y emplazamiento

El ecoparque de Artigas está situado en la margen derecha del río Kadagua, en terrenos pertenecientes al término municipal de Bilbao, limitando con el municipio de Alonsotegi. El emplazamiento se encuentra en una vaguada, y las coordenadas UTM (ETRS89) del emplazamiento son las siguientes:

- UTMX: 502365
- UTMY: 4787431

La cuenca vertiente tiene una superficie de unos 3 km² (con más de 2,4 km de longitud del cauce), de las cuales el vertedero ocupa unas 35 ha. Las cotas se sitúan entre los 40 m. y 190 m.

A continuación, se muestra la ubicación de las instalaciones en Bilbao (Bizkaia).

La Planta de Valorización de FORS se localizará en el ecoparque de Artigas (Bilbao).

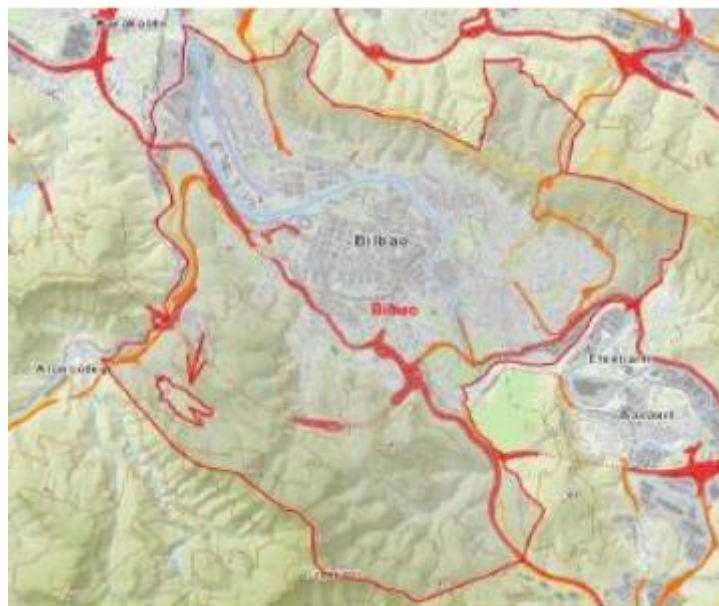


Ilustración 1. Situación del ecoparque de Artigas



Ilustración 2. Ubicación del ecoparque de Artigas

3.2. Áreas de tratamiento

La planta se ha diseñado en base a la caracterización del residuo de entrada, así como de la superficie disponible.

- Área de triaje y selección final de FORS
- Área de digestión anaerobia
- Área de enriquecimiento de biogás (upgrading)
- Área de tratamiento de efluentes.
- Área de tratamiento de aire.
- Área de compostaje.

3.3. Caracterización del biorresiduo

La planta de digestión anaeróbica objeto del presente estudio se ha diseñado para tratar 50.000 t/año de la fracción orgánica de los residuos municipales procedente del contenedor marrón.

En la siguiente tabla se recogen de forma resumida los porcentajes medio, mínimo y máximos de las diferentes fracciones del biorresiduo.

CARACTERIZACIÓN BIORRESIDUO	% MEDIO	% MÍNIMO	% MÁXIMO
MATERIA ORGÁNICA	96,89	99,90	81,70
VIDRIO	0,12	0	0,8
PLÁSTICO PET	0,04	0	0,3
PLÁSTICO PEAD	0,03	0	0,6
PLÁSTICO FILM	0,37	0	1,4
OTROS PLÁSTICOS	0,17	0	1,4
BOLSA DE PLÁSTICO	0,59	0,1	2,9
PAPEL Y CARTÓN NO COMPOSTABLES	0,92	0	6,1
METALES	0,12	0	0,9
BRICKS	0,03	0	0,2
OTROS MATERIALES	0,75	0	3,7
IMPROPIOS	3,11	0,10	18,30

Tabla 2. Cantidad media de residuos

Para el diseño de la planta se contemplará el peor escenario, es decir una entrada de impropios máxima del 18,3 % y un contenido mínimo de materia orgánica del 81,7 %.

En la siguiente tabla se representan los valores medios de la caracterización de la FORS:

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
DENSIDAD	t/m3	0,55
MATERIA SECA	%	28,96%
SÓLIDO VOLÁTIL	%	78,11%
Tª MÍN RESIDUO	°C	5 °C

Tabla 3. Caracterización FORS

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación, se adjunta un diagrama de proceso con el fin de poder interpretar de forma visual el planteamiento descrito en las siguientes páginas:



Ilustración 3. Diagrama de proceso pretratamiento y digestión

4.1. Pretratamiento

Se ha diseñado un sistema de pretratamiento para 50.000 toneladas anuales que consta de 2 líneas en paralelo, dotando así a las instalaciones de versatilidad y flexibilidad ante posibles fluctuaciones de los flujos de residuo recibido, y a su vez, ante cualquier posible indisponibilidad de una de las líneas siempre existirá otra en funcionamiento.

La planta está diseñada para una operativa de 310 días anuales y un turno de 8 horas al día, lo que equivale a 2.480 horas al año de operación. La disponibilidad del pretratamiento es del 80%, siendo las horas de operación efectivas 1.984 horas al año, por tanto, cada una de las 2 líneas tendrá capacidad para tratar 15 t/h de FORM.

En este caso, el residuo recibido se compone de materia orgánica recogida de forma selectiva con un bajo contenido en impropios. Teniendo en cuenta esto, y la humedad ya presente en el propio residuo se ha diseñado el pretratamiento más adecuado, que consta de los siguientes elementos:

- Sistema de alimentación: Comprende los fosos de recepción y el pulpo que alimenta a las líneas de pretratamiento, lo que permitirá una dosificación controlada del residuo mediante dos tornillos sinfín para su correcto pretratamiento.
- Sistema de depackaging: A partir de este punto es donde se disponen 2 líneas independientes, con todos sus equipos duplicados. Las 2 líneas de depackaging son las encargadas de la apertura de los embalajes mediante su sistema de cuchillas, y además

actúan como cribas para la separación de gran parte de los impropios presentes que son enviados a valorización.

- Criba húmeda: las 2 cribas paralelas eliminan una segunda fracción de impropios no separados en la fase anterior, obteniendo una materia orgánica de mayor pureza (orgánico diluido) y una corriente de rechazo formado principalmente por partículas de un tamaño superior al de la criba inicial de 15 mm, sobrenadantes, y pesados depositados en el fondo del pretratamiento (arenas, vidrios y otros). Sobre los impropios rechazados, por la criba se instalan 2 tambores magnéticos (uno por línea) para recuperar férricos, y tras ellos, se ha contemplado la instalación de 2 prensas deshidratadoras (una por línea) para extraer gran parte del agua presente en la corriente de rechazo y poder ser reutilizada como humectante o depurada en la propia EDARi. Las prensas deshidratadoras de rechazos son prensas de tornillo robustas, capaces de exprimir el agua que fluye libremente de los rechazos húmedos que se introducen a través de un conducto desde la parte superior y se encuentran con el tornillo de servicio pesado debajo. El tornillo transporta los rechazos a la sección de malla perforada, que con un diámetro de 5 mm deja fluir el agua a través de la pantalla mediante presión hidráulica, quedando los rechazos retenidos. Estos son expulsados a medida que se introduce material nuevo en la prensa de tornillo.
- Sistema de desarenado: El sistema de desarenado es un sistema que consta de un hidrociclón y una trampa de arenas, además de las tuberías e instrumentación necesarias. La materia orgánica recuperada en el hidrociclón suele contener arena, es decir, contaminación como piedras, trozos de vidrio, fragmentos de huesos y conchas, etc., que se depositarán en los digestores. Por ello, se instalará una trampa de arenas para eliminar la arena de los lodos orgánicos destinados a la digestión. Al quitar arena, el equipo aguas abajo también se protege y se reduce el desgaste.

4.2. Digestión anaerobia

El proceso de digestión anaerobia está diseñado para operar en continuo, es decir, durante 24 horas diaria los 365 días del año. Consta de 2 digestores y 1 post-digestor.

Los 2 digestores tienen cada uno un volumen operativo de 5.089 m³, permiten un tiempo de retención hidráulica de 44,1 días, tienen 20 m de diámetro y 17 m de altura, 3 agitadores laterales, y cuerpo y techo de hormigón.

Por su parte, el post-digestor común, tiene un volumen operativo de 1.078 m³, permite un tiempo de retención hidráulica de 5,3 días, tiene 14 m de diámetro y 8 m de altura, 2 agitadores laterales, cuerpo de hormigón, y gasómetro en el techo.

Para mantener los digestores a la temperatura óptima y favorecer la producción de biometano se dispondrá de un sistema de anillos calefactados sobre las paredes de los digestores que asegurarán un funcionamiento estable con bajo consumo energético.



Ilustración 4. Instalación digestión anaerobia vía húmeda

4.3. Separación sólido/líquido

La línea de deshidratación operará durante 310 días al año, al igual que la línea de pretratamiento, pero durante 11 horas al día, con una disponibilidad del 80% (9,2 horas diarias operativas).

El digerido procedente del post-digestor se llevará a un sistema de separación conformado por una primera fase no floculada y una segunda fase floculada, de forma que la fracción líquida obtenida se utilice como dilución o se gestione en la EDARi de la propia planta. Por otro lado, la fracción sólida se llevará hacia la planta de compostaje existente que deberá ser adecuada.

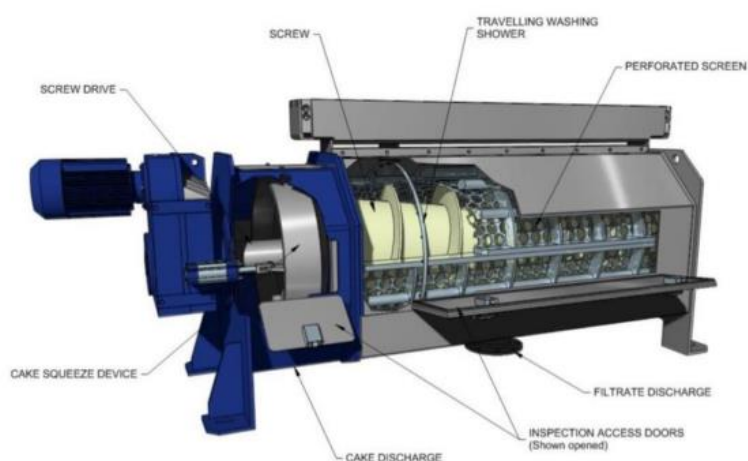


Ilustración 5. Esquema componentes de un separador centrífugo

4.4. Planta de compostaje

El trasiego de la fracción sólida del digerido se transportará mediante contenedores estancos y camión gancho hasta la planta de compostaje.

Deberá realizarse una adaptación a la antigua planta de compostaje existente en la ubicación, para ello, se prevé la construcción de un sistema de almacenamiento y dosificación automática a la mezcladora formado por una tolva-tornillo y tornillos de transporte de tipo sinfín sin núcleo (eje hueco). Todos los equipos se fabricarán en acero inoxidable. El sistema de tolva será estanco y dispondrá de una boca con cierre hermético que sólo se abrirá para facilitar la descarga de los camiones. El interior se encontrará permanentemente en depresión y dispondrá de un sistema de extracción de aire conectado a los sistemas de desodorización de la planta.

A modo de resumen, estas serían las actuaciones requeridas:

- Tolva tornillo para almacenar digerido con capacidad mínima de 120m³
- Sistema de transporte mediante tornillo.
- Sistema de captación de aire y transporte hasta su tratamiento.
- Integración del sistema en la automatización y control de la planta.
- Rampa para acceso a tolva.



Ilustración 6. Ejemplo de implantación sistema tolva-tornillo

4.5. Tratamiento de efluentes

La fracción líquida procedente de la separación sólido-líquido posterior a la digestión junto con los efluentes líquidos recogidos por la red de saneamiento serán tratados en una EDARi mediante un proceso de biorreactor de membrana (MBR), conformado por dos reactores junto a una ultrafiltración.

- Reactor desnitrificación: reactor anóxico donde se produce la transformación de los nitratos hasta nitrógeno elemental en fase gaseosa.
- Reactor nitrificación: reactor aerobio donde se produce la transformación desde el nitrógeno amoniacal hasta nitritos y nitratos. Además, también se producirá la oxidación de materia orgánica y por tanto se reducirán parámetros como COD, DQO y DBO₅ entre otros.

- Ultrafiltración: sistema de membranas donde la fuerza impulsora es la presión hidrostática, quedando retenidos en el concentrado sólidos suspendidos y solutos de alto peso molecular, mientras que el agua y los solutos de bajo peso molecular atraviesan la membrana.

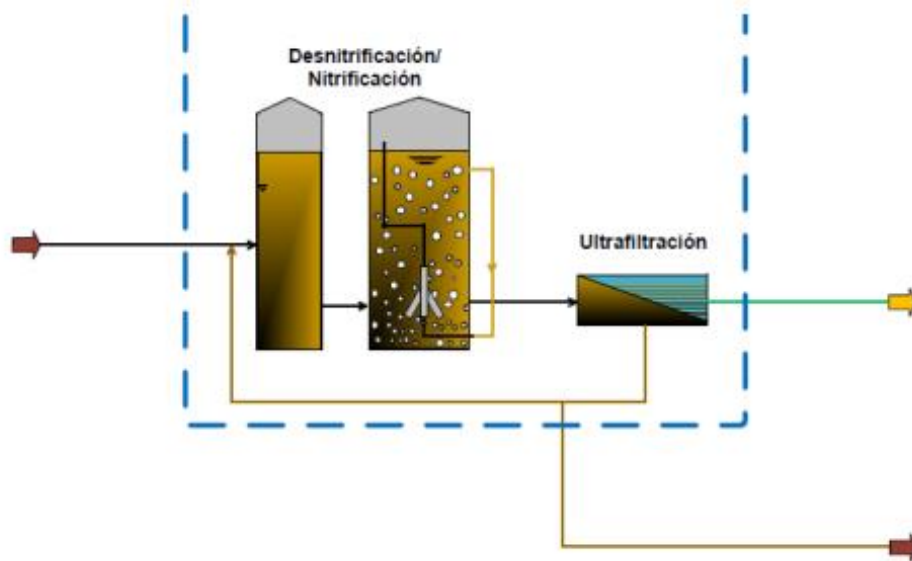


Ilustración 7. Diagrama MBR planteada

Finalmente, y si fuese necesario para cumplir los criterios de vertido, se debe prever en el diseño una potencial ampliación para una ósmosis inversa, cuyo objetivo principal será la reducción de la conductividad presente en el efluente de la ultrafiltración.

4.6. Tratamiento de aires

Dadas las características de los efluentes producidos en las instalaciones se ha seleccionado una desodorización biológica conocido como BAP (Biofiltración de Altas Prestaciones) compuesta por un water scrubber y un biofiltro.

- La humectación o lavado del gas contaminante se efectúa en contracorriente con el líquido de lavado dispersado y uniformemente repartido por medio de distribuidores o pulverizadores de cono lleno.
- La retención de gotas, originadas por el propio sistema de distribución de líquido, es efectuada dentro de la misma torre mediante un desvesiculador de flujo vertical de láminas, que evita el arrastre y emisión de gotas y por tanto la pérdida de agua de humidificación.
- El líquido de humidificación, contenido en el fondo de la torre, es recirculado por medio de una bomba centrífuga, con elevadas prestaciones funcionales, tanto químicas como mecánicas.

- El nivel de líquido se mantiene constante mediante el control de entrada de agua a través de una electroválvula controlada por un indicador de nivel. Asimismo, las características de acidez o basicidad se controlan a través de un medidor de pH.

Un ventilador centrífugo construido en materiales anticorrosivos vehicula el aire a tratar, venciendo las pérdidas de carga del circuito de aspiración y de los equipos de desodorización instalados. El gas una vez preacondicionado se introduce en el biofiltro, en el que se mantienen las condiciones óptimas de humedad mediante un riego superficial programado, atravesando el lecho con un tiempo de residencia estudiado para cada aplicación, saliendo libremente a la atmósfera ya desprovisto de contaminantes.

Con el fin de mantener las condiciones óptimas en el medio para la supervivencia de los microorganismos encargados del tratamiento de olores, se mantendrá el biofiltro en temperaturas inferiores a 35°C y humedades en torno al 70% lo que permitirá reducir el consumo de agua en el sistema de riego del biomedio.



Ilustración 8. Biomedio utilizado. Fuente: SUEZ

4.7. Línea de gas

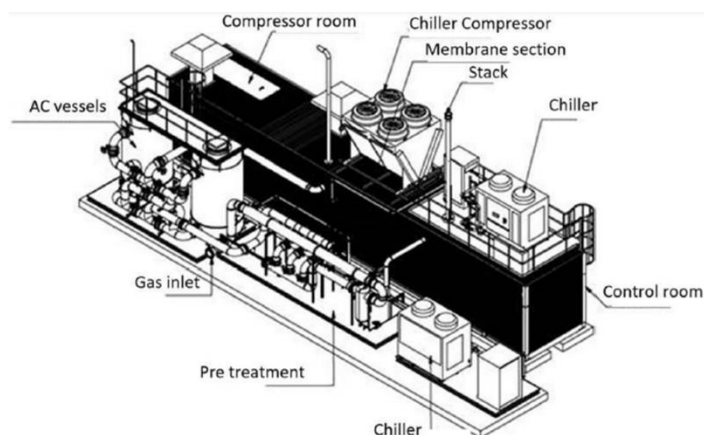
Las etapas requeridas para el enriquecimiento del biogás a biometano son:

- Pretratamiento del biogás
- Compresión del biogás
- Upgrading o enriquecimiento del biogás
- Análisis del biometano producido
- Inyección del biometano a la red de gas natural

La línea de pretratamiento del gas, al igual que el upgrading tendrá una disponibilidad de 8.410 horas anuales.

Al tratar la instalación gas a presión, está acogida a la normativa de atmósferas explosivas, y tanto el diseño y ubicación de los equipos debe ser sometida a dicha normativa.

Ilustración 9.



Representación planta de tratamiento biogás

4.7.1. Pretratamiento del biogás

El biogás producido puede contener otros componentes minoritarios como H_2S , H_2O , COVs y siloxanos que pueden ser dañinos para los equipos principales. Es por tanto necesario un proceso de pretratamiento para el acondicionamiento del biogás y eliminación de dichos compuestos. El proceso consiste básicamente en:

- Eliminación del agua: Mediante un enfriador y secado posterior se evita que el biogás condense en la unidad de upgrading. Esta etapa permite una eliminación eficiente de contaminantes, un efectivo proceso de enriquecimiento y una protección de la unidad contra la corrosión, lo que permite alargar su vida útil.
- Desulfuración: Consiste en un sistema de tanques de carbón activo y virgen colocados en serie, uno destinado para eliminar H_2S y el otro para eliminar COV's y siloxanos. Permite proteger las membranas y alargar su vida útil. Los equipos propuestos deberán estar dimensionados para eliminar hasta 500 ppm de H_2S .

4.7.2. Compresión del biogás

Antes de entrar a la unidad de upgrading, el biogás se presuriza mediante una soplante, para vencer la pérdida de carga del pretratamiento, y se comprime mediante un compresor para proporcionar la presión necesaria para el proceso de enriquecimiento la cual es aproximadamente de 14 bar. No obstante, el compresor se dimensiona con una presión mayor y permitida para el adecuado proceso con el fin de vencer la pérdida de carga de todo el proceso y garantizar la presión de 17 bar requerida para inyección a la red de gas natural.

4.7.3. Upgrading del biogás

El objetivo del proceso es básicamente la separación de CO_2 del CH_4 . Esta separación de gases se basa en la diferencia en la permeabilidad de las moléculas de diferentes tamaños a través de la membrana. El tamaño de las moléculas y la diferencia de presión entre la entrada y el lado permeado, así como la temperatura del gas, son las principales fuerzas impulsoras para la separación de los gases. La separación se realiza de tal manera que el biometano tenga un mayor contenido de metano (equivalente al gas natural). El rendimiento o tasa de recuperación del metano mediante el sistema propuesto es elevado, 99,5%, y por tanto las pérdidas se prevén de 0,5%.

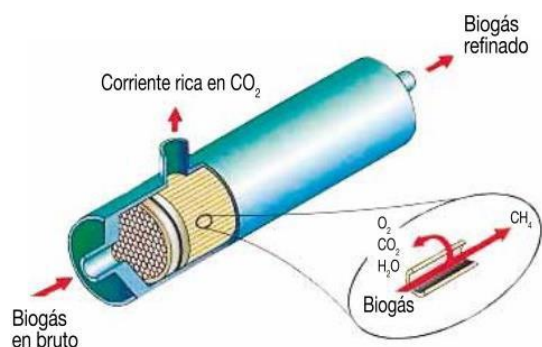


Ilustración 10. Diagrama Upgrading mediante membranas

4.7.4. Inyección del biometano a la red de gas natural

Una vez obtenido el biometano, éste se mide y se acondiciona antes de inyectar a la red de distribución de gas natural para cumplir con las especificaciones que establece la red gasista y recogidas en el protocolo de detalle PD-01 "Medición, Calidad y Odorización de Gas". La unidad de inyección de biometano consiste:

- 1) Sistema de medida de los parámetros que requiere la red de gas natural (índice de Wobbe, CH_4 , O_2 , CO_2 , H_2S , H_2O (punto de rocío)
- 2) Sistema de odorización como medida de seguridad.
- 3) Sistema de regulación de la presión del biometano para garantizar una presión a la red de 17 bar. La unidad de inyección es suministrada y explotada por la empresa operadora de la red de gas.

Cuando el biometano no alcanza la calidad deseada, el biometano no se puede inyectar en la red y de forma preferente se reintroduce al proceso, hasta que se obtiene la calidad deseada del mismo (recirculación). En caso contrario, se destinará a antorcha la cual será dual para quemar biogás y biometano (oxidación en antorcha).

Adicionalmente, se deberán considerar las limitaciones ambientales que establezca la tramitación ambiental en trámite y que sean de aplicación al proceso de generación de biogás y su depuración a biometano, incluyendo el gas residual que se genere en el proceso (denominado off-gas).

El biogás que no sea apto para tratar en la planta de upgrading deberá ser enviado a una antorcha que actuará como elemento de seguridad.

5. DIAGRAMA DE PROCESO

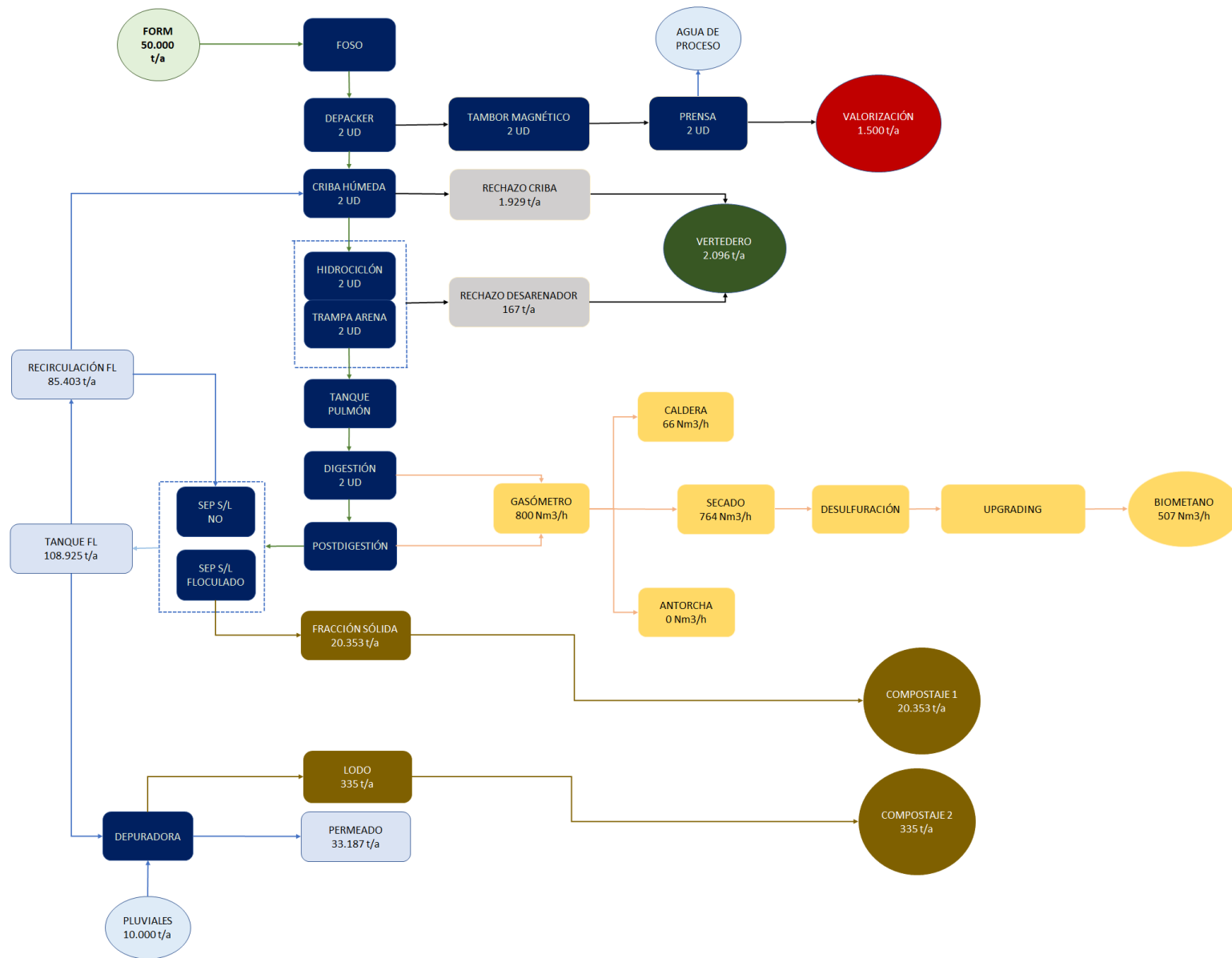
Debido a la complejidad del proceso descrito en el apartado anterior, se procede a adjuntar el diagrama de flujo simplificado, así como las entradas y salidas del mismo. Previamente, se incluye la guía de colores para la identificación del proceso al que corresponde cada parte del diagrama, y el código de flechas respetado para su realización.

EQUIPOS TRAT. MECÁNICO/BIOLÓGICO
VALORIZACIÓN
VERTEDERO
FRACCIÓN LÍQUIDA/PERMEADO
FRACCIÓN SÓLIDA/LODO EDARI
LÍNEA DE GAS

Tabla 5 . Guía de color bloques diagrama de proceso

	PROCESO MECÁNICO/BIOLÓGICO
	RECHAZO MECÁNICO
	FLUJOS LÍQUIDOS
	FLUJOS ORGÁNICOS SÓLIDOS
	FLUJOS DE GAS

Tabla 6. Guía de flujos diagrama de proceso



6. DESCRIPCIÓN EQUIPOS PRINCIPALES

Este apartado describe las características principales de los equipos más relevantes para el proceso anteriormente descrito pueda llevarse a cabo de forma satisfactoria. La descripción de los equipos se realizará en el orden natural del proceso.

6.1. Pretratamiento

6.1.1. Foso recepción

Se hará uso de las instalaciones existentes para la recepción de la materia prima. Para ello se cuenta con dos fosos con las siguientes características principales:

- Unidades = 1+1
- TRH = 2 días
- $V = 400 \text{ m}^3$

Se proyecta hacer uso de uno de los fosos de forma habitual. Por ello se realizará una tubuladura en su parte inferior. Se instalará un equipo de bombeo para la extracción de los lixiviados que se generen. Posteriormente serán bombeados hacia el foso de la desempaquetadora.



Ilustración 11. Foso de recepción de orgánico

6.1.2. Pulpo alimentación

Los residuos serán izados mediante un pulpo desde el foso de recepción hacia una tolva central ubicada entre ambos. Desde aquí, y mediante un sistema de cintas transportadoras, los residuos se direccionarán hacia las desempaquetadoras.

- Unidades = 1.
- Capacidad = $2,5 \text{ m}^3$.

6.1.3. Sistema de depackaging

6.1.3.1. Abrebolsas

Los abrebolsas propuestos funciona según el principio de rasgadura (en lugar de corte). El material entra entre los dientes dispuestos helicoidalmente en un tambor giratorio. La velocidad de rotación será baja.

La capacidad del abrebolsas debe ser como mínimo de 15 t/h.



Ilustración 12. Abrebolsas

6.1.3.2. Depacker

El material disponible deberá ser cargado en las [desempaquetadoras](#), mediante una tolva de alimentación con un volumen mínimo de 5 m³. Los lixiviados que se generen en la tolva, serán drenados desde el fondo del equipo. Desde la tolva, se contará con un sistema de tornillos que enviará los residuos a la desempaquetadora, donde tendrá lugar la separación entre la fracción orgánica y la inorgánica (embalajes principalmente).

El equipo contará con entradas de líquido para dilución de la fracción orgánica, mientras, la fracción orgánica será descargada directamente bajo el equipo en un foso construido especialmente para tal fin.

Los equipos requeridos para el proceso de depackaging serán los siguientes:

- Sistema de alimentación con 2 tornillos sinfín encargados de alimentar el residuo.
- Tolva de alimentación de unos 8 m³ de capacidad con escudos incluidos para evitar las salpicaduras.
- Desempaquetadora con capacidad para tratar como mínimo 15 t/h.

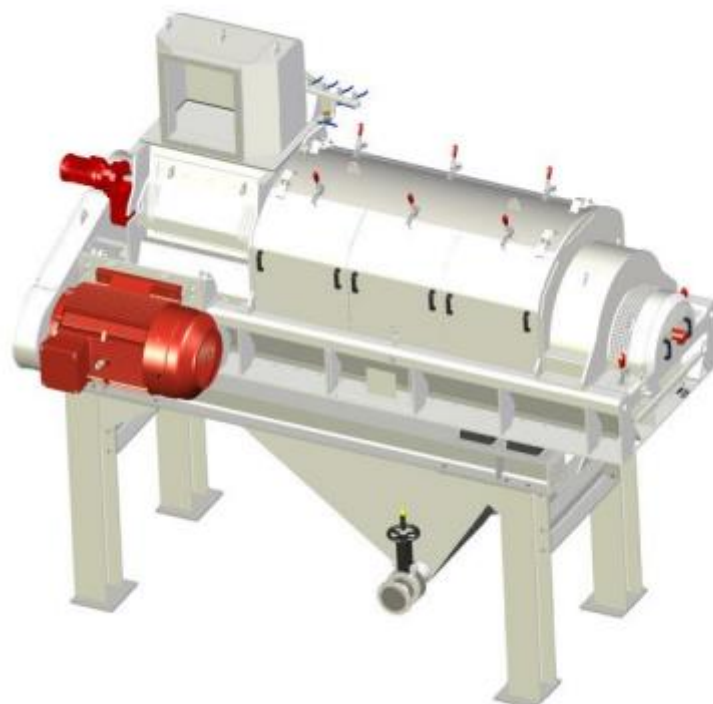


Ilustración 13. Esquema desempaquetadora

6.1.4. Sistema de desarenado

6.1.4.1. Criba húmeda

Se trata de un equipo de pretratamiento compacto instalado en paralelo (2 unidades). La misión de esta criba será la prevención de los problemas de funcionamiento posteriores, tales como atascos, desgastes excesivos o depósitos de arena.

El equipo tendrá capacidad para tratar una corriente de 32 t/h como mínimo.

A la salida se incluye una línea de rechazos conformada por tambores magnéticos, para la recuperación de férricos, y prensas deshidratadoras (una unidad por línea).

6.1.4.2. Hidrociclón y clasificación de arenas

La materia orgánica húmeda recuperada en la criba suele contener piedras, vidrio, huesos, conchas, etc. para lo cual se instalará un hidrociclón en serie por cada una de las líneas con una trampa de arena protegiendo los equipos aguas abajo y mejorando el proceso de digestión.

Dentro del hidrociclón, la alta fuerza centrífuga impulsa partículas densas hacia la pared del hidrociclón. Estas partículas densas se deslizan a lo largo de la pared interior del hidrociclón y salen como un lodo concentrado, rico en sólidos inorgánicos de sedimentación rápida. El desbordamiento del hidrociclón entra en el clasificador de arena donde se asientan rápidamente los sólidos inorgánicos del lavado y deshidratado. La suspensión de flujo inferior consiste en agua y orgánicos.

La capacidad de este equipo deberá ser como mínimo de 32 t/h de forma que asegure el óptimo funcionamiento de la planta en continuo.



Ilustración 14. Sistema de desarenado

6.1.5. Depósito pulmón

Para mantener el sistema biológico en la etapa de digestión lo más estable posible, es importante introducir el material fresco de manera controlada y constante; y lo más consistente posible. De esta manera, se evitan choques repentinos en la actividad biológica y se maximiza la producción de gases. Por esta razón, se requiere una capacidad de almacenamiento en buffer entre los puntos de alimentación y el vaso de digestión.

El tanque deberá ser capaz de almacenar el residuo de entrada de ambas líneas durante al menos 3 días, de forma que dote de flexibilidad la operativa de la planta ante cualquier fallo de operación.

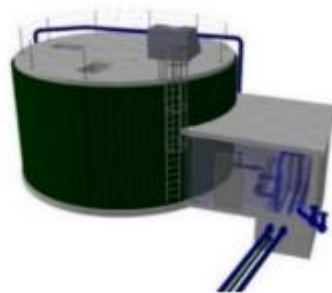


Ilustración 15. Depósito pulmón alimentación digestores

6.1.6. Digestión Anaerobia. Digestores y post-digestor

Los 2 digestores tendrán cada uno un volumen bruto de 5.341 m³ de los cuales aprovechables serán 5.089 m³, con un TRH de 44,1 días. La configuración de estos será cilíndrica con un diámetro de 20 metros y 17 metros de altura.

En cuanto al único post-digestor tendrá un volumen bruto de 1.232 m³ de los cuales aprovechables serán 1.078 m³, permitiendo así un TRH de 5,3 días. Su configuración, al igual que los digestores, será cilíndrica con una altura de 8 metros y un diámetro de 14 metros.

Los tres reactores estarán fabricados en cuerpo y techo de hormigón (rígido).



Ilustración 16. Instalación digestores techo rígido

6.1.7. Sistema de mezcla digestión

La agitación de los digestores y post-digestor será mecánica, por parte de los digestores, debido a la reología del material, así como de las dimensiones del tanque. Se instalarán 3 unidades de agitadores laterales por tanque, mientras que para el post-digestor se incluyen únicamente 2 agitadores laterales.

6.1.8. Sistema de calefacción

El sistema de calefacción estará formado por un conjunto de anillos calefactores (coils) fabricados en acero inoxidable, utilizando agua caliente procedente de caldera, de forma que se produzca el incremento de temperatura requerido para mantener estable el proceso biológico en régimen mesófilo (38-42°C).

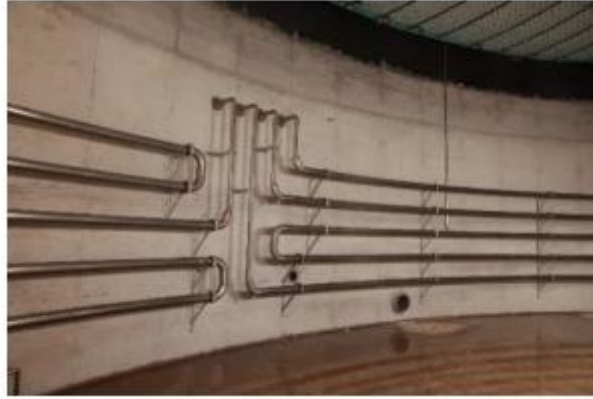


Ilustración 18. Circuito de calefacción digestor (coils)

6.1.9. Desulfuración preliminar

Las materias primas de entrada, al ser tratadas biológicamente en la etapa de digestión, generan ácido sulfhídrico, gas corrosivo para los dispositivos aguas abajo, el cual debe ser eliminado con el fin de poder ser utilizado en equipos como son calderas o para la propia inyección en la red de gas natural.

Esta desulfuración preliminar consiste en la inyección de pequeñas cantidades de oxígeno, de forma que transforme el biogás, mediante la acción de las bacterias sulfatorreductoras, en azufre elemental y ácido sulfúrico.

6.1.10. Gasómetro

El gasómetro será externo, **ubicado en la parte superior del post-digestor** Tendrá una capacidad mínima de 8 horas de caudal punta de gas, estimado en 1.200 Nm³/h. Por tanto, el volumen total del gasómetro será de 9.600 m³.



Ilustración 19. Diagrama gasómetro de suelo

6.2. Separación sólido/líquido

Según los requisitos del Proyecto Básico, que sirvieron de base técnica para que los licitadores presentaran su oferta, el digestato de salida en el peor de los casos tendrá las siguientes características:

- Materia Seca (MS): 6.088,91 t/año (24,80%)
- Materia Orgánica Seca (MOS): 4.112,09 t/año (67,53%)

Éste será gestionado por Garbiker en Bizkaiko Konpostegia, siempre bajo las cuantías y parámetros previstos en el proyecto básico.

6.2.1. Filtro prensa

Consiste en un tornillo giratorio alojado en una cesta perforada. El sólido es retenido por la cesta y, por lo tanto, separado del líquido. La torta se desecha de la prensa, que se llevará a compostaje.

La capacidad del equipo debe ser superior a las 20 t/h y se requerirán dos unidades para asegurar el óptimo funcionamiento de la planta.



Ilustración 20. Diagrama de componentes de un filtro prensa

6.2.2. Tornillo deshidratador

El diseño de los tornillos se basa en la velocidad de rotación lenta del tornillo interno, ya que esto reduce el consumo y desgaste. La separación, consistente en un filtrado líquido de bajo contenido de sólidos y una torta con alto contenido de sólidos, se lleva a cabo a través de cestas de criba estructuradas dentro de la máquina. El digestato entrante se acondiciona con un floculante de polímero antes de ser alimentado en el deshidratador, ya que esto aumenta considerablemente la eficiencia de separación.

La capacidad del equipo debe ser superior a las 20 t/h y se requerirán de dos unidades para asegurar el óptimo funcionamiento de la planta.



Ilustración 21. Tornillo deshidratador

Como se ha mencionado, el digestato que ingresa al tornillo debe dosificarse con polímero para aumentar la creación de flóculos y aumentar la eficiencia de separación de sólidos. Los polímeros son moléculas cargadas eléctricamente de cadena larga que generan partículas sólidas para aglomerarse en grandes flóculos que se pueden separar más fácilmente.

La estación de dosificación incluye dos etapas funcionando mediante lotes (batch):

- 1) Preparación y dosificación
- 2) Inyección



Ilustración 22. Estación preparadora de polielectrolito

6.3. Tratamiento de efluentes

6.3.1. MBR

Un MBR está compuesto por un tanque con dos fases diferenciadas, una primera fase anóxica, donde sucede la desnitrificación y por tanto eliminación de nitrógeno en forma gaseosa, y una segunda etapa aerobia donde ocurre la nitrificación oxidando la materia orgánica y compuestos orgánicos. Entre estas etapas se realiza una recirculación desde la fase aerobia hasta la fase anaerobia.



Ilustración 23. Reactor MBR

La etapa final de la tecnología MBR consiste en una ultrafiltración basada en la tecnología de membranas reteniendo el lodo, de forma que permite el paso del permeado, eliminando gran parte de las impurezas contenidas en el flujo de entrada y desajustando el TRH del TRC de forma que se promueva la concentración de la biomasa, optimizando así la eliminación en el reactor de DQO y nitrógeno.



Ilustración 24. Módulo de ultrafiltración

Uno de los puntos más importantes de este proceso es la aireación requerida en la fase aerobia con el fin de oxidar la materia orgánica y el amonio para poder ser eliminados. Esta aireación se consigue mediante difusores de burbuja fina dispuestos en rejillas.

6.3.2. Ósmosis inversa (opcional)

Con carácter opcional y en caso de que las condiciones de utilización o las condiciones de vertido se revelen más exigentes y sea necesario reducir determinados parámetros de contaminación se propone un módulo de ósmosis inversa. Por este motivo, se debe reservar el espacio para su potencial colocación en el futuro, además de prever su conexionado (eléctrico, hidráulico ...). La ingeniería contratada deberá tenerlo en cuenta en el diseño del proyecto constructivo. Este sistema de ósmosis inversa propuesto debería ser un sistema de membranas de 3 pasos ubicadas en un container, además de incluir prefiltros como medida de seguridad antes de las membranas de ósmosis. Cada uno de los tres pasos se realizan mediante una bomba de alta presión.



Ilustración 25. Ósmosis inversa

La capacidad de depuración de la planta de tratamiento de efluentes será de 45.000 m³/año, y los rendimientos se anexan en la siguiente ilustración.

PARÁMETRO	RENDIMIENTO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	~ 100 %
DQO	~ 95 %
NITRÓGENO TOTAL (NT)	~ 90 %
NITRÓGENO AMONIAL (N-NH ₄ ⁺)	~ 99 %

Ilustración 26. Rendimiento depuración esperado en la depuradora

6.4. Tratamiento de aires

6.4.1. BAP

La planta contará con un sistema de control de olores, formado por un scrubber en serie con un biofiltro de altas prestaciones, cuya función será eliminar los COVs presentes en la corriente de aire, causantes de los malos olores generados en las plantas de gestión de residuos.

Este sistema de control de olores depura la corriente procedente de la sala de pretratamiento.

El primer elemento es un scrubber, el cual utiliza como fluido de contacto el agua mediante una configuración en vertical y un flujo en contracorriente. En esta primera etapa se desempolva el aire y se ajusta el pH de la corriente gaseosa mediante un proceso de absorción.

En la segunda etapa, conformada por un biofiltro, el gas atraviesa una cama de biofilm, produciéndose la transferencia de contaminantes hacia el material biológicamente activo.

A continuación, se incluyen las características de aire a tratar:

- Caudal 45.000 m³/h.
- Temperatura: 15-35°C

Emisiones de olor garantizadas por debajo de 1.000 OU/m³, cumplimiento de BAT's de la decisión ejecutiva (UE) 2018/1147 de la Comisión.

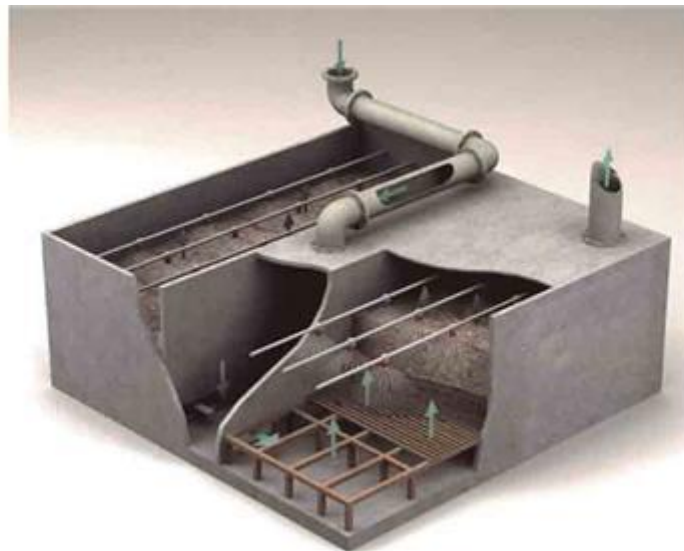


Ilustración 27. Diagrama de un biofiltro avanzado. Fuente: SUEZ

6.5. Línea de gas

La línea de gas estará compuesta por:

- Trampa de condensados para la captación de los condensados generados por el biogás.

- Caldera de biogás para mantener estable la temperatura requerida en el proceso de digestión.
- Antorcha de seguridad.
- Línea de pretratamiento conformado por una deshumidificación cuya función será eliminar el contenido en agua del biogás, y unos filtros de carbón activo para eliminar el contenido en sulfhídrico, COVs y siloxanos presentes en el biogás.
- Compresor, encargado de elevar la presión de salida del pretratamiento hasta los valores requeridos en el proceso de upgrading y la inyección de biometano.
- Enriquecimiento de biogás para eliminar el contenido en CO₂ de la corriente rica en metano, de forma que se obtenga biometano equivalente al gas natural.
- Inyección del biometano a la red de gas, conformado por un sistema de medición del gas, una etapa donde se odoriza el gas y un sistema de regulación de la presión de entrada a gasoducto.

6.5.1. Trampa de condensados

El biogás producido en el proceso de digestión es cálido y viene saturado. Por tanto, al enfriarse a la salida del reactor, el agua contenida en él comienza a condensar. Debido a esto, la línea de gas estará inclinada, de forma que el agua condensada fluya hasta una trampa de condensados.

La trampa de condensados tendrá una capacidad de almacenamiento de 1 m³.



Ilustración 28. Trampa de condensados

6.5.2. Caldera

Para mantener estable la temperatura del proceso de digestión, se requiere de una caldera dual. Esta caldera utilizará como fluido calefactor agua caliente (cercana a 85 °C), que atravesará los anillos de calefacción instalados alrededor de los digestores.

La caldera a suministrar debe contar con quemador dual, cuyos combustibles aptos serán biogás y gas natural, de forma que, en momentos puntuales donde no pueda utilizarse biogás en planta, pueda seguir operando sin tener variaciones de temperatura agresivos en los procesos sensibles a ello.

La potencia de la caldera debe ser de 600 kWt.



Ilustración 29. Caldera de biogás en container de 20 pies

6.5.3. Antorcha

En caso de que el biogás no pueda ser utilizado (por ejemplo, cuando el equipo de pretratamiento aguas abajo está inactivo), no cumple los criterios de inyección de biometano (por ejemplo, durante la puesta en marcha) o se produce un exceso que no pueda ser reinyectado a cabeza, debe ser eliminado de forma segura.

La antorcha debe ser capaz de quemar un caudal mínimo de 1.000 Nm³/h de biogás, o el caudal de biometano, en la cantidad máxima, definido en el proceso de upgrading. Es decir, será dual biogás/biometano.

La temperatura de trabajo de la antorcha debe ser de 900 °C, asegurando de esta manera una oxidación completa de los contaminantes presentes en el biogás. El equipo deberá estar fabricado en acero inoxidable, y el tipo de antorcha será de llama oculta. La presión de operación será de 25 mbar.

Se deberá cumplir con los límites de emisión que establezca la tramitación ambiental de la instalación.



Ilustración 30. Antorcha de llama confinada

6.5.4. Pretratamiento del biogás

La línea de pretratamiento deberá ser capaz de hacer frente a caudales de hasta 880 Nm³/h, siendo el caudal nominal de 800 Nm³/h.

- Eliminación del agua: Mediante un enfriador y secado posterior se evita que el biogás condense en la unidad de upgrading. Esta etapa permite una eliminación eficiente de contaminantes, un efectivo proceso de enriquecimiento y una protección de la unidad contra la corrosión, lo que permite alargar su vida útil.
- Desulfuración: Consiste en un sistema de tanques de carbón activo y virgen colocados en serie, uno destinado para eliminar H₂S y el otro para eliminar COV's y siloxanos. Permite proteger las membranas y alargar su vida útil. Los equipos propuestos deberán estar dimensionados para eliminar hasta 500 ppm de H₂S.

6.5.4.1. Deshumidificación o eliminación de agua

El biogás producido en el proceso de digestión está saturado de humedad. Para evitar problemas de corrosión y funcionamiento aguas abajo, se instala un sistema de deshumidificación.

Este sistema requiere de un enfriador, compuesto por un intercambiador de calor de carcasa y tubos, el cual bajará la temperatura del gas hasta los 5°C, de forma que se alcance la temperatura de condensación, generando el condensado correspondiente, para posteriormente volver a aumentar la temperatura.



Ilustración 31. Enfriadora biogás

6.5.4.2. Desulfuración externa

El biogás producido en digestión contiene pequeñas trazas de siloxanos y H_2S , los cuales generan problemas de abrasión y corrosión en los equipos aguas abajo, por lo que deben ser reducidos al máximo.

Además de ello, para cumplir con los criterios de inyección de biometano debe eliminarse casi la totalidad de sulfhídrico presente en la corriente gaseosa.

La configuración utilizada consiste en un sistema de tanques de carbón activo colocados en serie: uno destinado para la eliminación de ácido sulfhídrico, y un segundo para eliminar COVs y siloxanos. Los equipos propuestos deberán estar dimensionados para eliminar hasta 500 ppm de H_2S .



Ilustración 32. Representación 3D tanque carbón activo

6.5.5. Upgrading

El proceso de Upgrading, o enriquecimiento del biogás a biometano, consiste en ajustar la calidad del biogás bruto procedente de la digestión anaerobia aumentando el contenido porcentual de metano (CH_4) de, aproximadamente 65% de volumen, hasta valores cercanos al 95%, mediante la eliminación de los inertes (fundamentalmente el CO_2) y contaminantes.

Existen, para el proceso de upgrading, distintas tecnologías procedentes de la industria química y del sector de los gases industriales ampliamente conocidas y utilizadas (Criogenia, Absorción por agua, PSA, Aminas y membranas).

Se selecciona como mejor tecnología para el proceso de upgrading del biogás producido en la planta de biometanización la de separación mediante membranas por los siguientes motivos:

- Elevada tasa de recuperación del biometano.
- Alta fiabilidad por sus numerosas referencias.
- Flexibilidad operativa.
- Menor espacio requerido.
- No requiere aporte de calor ni agua
- No genera efluentes.
- Permite obtener un subproducto con elevada calidad para su venta: CO_2 .

Antes de entrar el biogás a las membranas, se eleva la presión de la corriente gaseosa mediante un compresor. Esto se realiza tanto para vencer las pérdidas de carga generadas en el upgrading, como para cumplir con los criterios de inyección requeridos por el gasoducto de distribución de gas natural.



Ilustración 33. Compresor biogás

El proceso de separación se basa en la selectividad de las membranas permeables. Las fuerzas impulsoras del proceso son el tamaño de las moléculas y la diferencia de presión entre la

entrada y el lado permeado, así como la temperatura del gas, de forma que a la salida se obtenga en la línea de permeado una corriente rica en CO₂ y una corriente retenida en la membrana rica en CH₄.

El caudal nominal de biogás de entrada es de 800 Nm³/h, siendo el caudal máximo del sistema un 10% superior al nominal.



Ilustración 34. Sistema de upgrading mediante membranas

6.5.6. Inyección a red de distribución de gas natural

Una vez obtenido el biometano, éste se mide y se acondiciona antes de inyectar a la red de distribución de gas natural para cumplir con las especificaciones que establece la red gasista y recogidas en el protocolo de detalle PD-01 "Medición, Calidad y Odorización de Gas". La unidad de inyección de biometano consiste:

- 1) Sistema de medida de los parámetros que requiere la red de gas natural (índice de Wobbe, CH₄, O₂, CO₂, H₂S, H₂O (punto de rocío)).
- 2) Sistema de odorización como medida de seguridad.
- 3) Sistema de regulación de la presión del biometano para garantizar una presión a la red de 17 bar.

La unidad de inyección es suministrada y explotada por la empresa operadora de la red de gas. Cuando el biometano no alcanza la calidad deseada, el biometano no se puede inyectar en la red y de forma preferente se reintroduce al proceso, hasta que se obtiene la calidad deseada. En caso contrario el biometano se destinará a antorcha la cual será dual: biogás/biometano

Adicionalmente, se deberán considerar las limitaciones ambientales que establezca la tramitación ambiental en trámite y que sean de aplicación al proceso de generación de biogás y su depuración a biometano, incluyendo el gas residual que se genere en el proceso (denominado off-gas).

Se detallan en la siguiente ilustración las características principales:

Capacidad nominal biogás	800 Nm ³ /h
---------------------------------	------------------------

Disponibilidad	8.410 h
	96%
CH₄ biogás	65%
Capacidad nominal biometano	531 Nm ³ /h
CH₄ biometano	97,5%
Tasa de recuperación biometano	99,5%
Presión de inyección a red	17 bar

Ilustración 35. Características principales de la capacidad de la planta Upgrading

El proyecto inicial consideraba un punto de inyección a la red de Nortegas que realizaba el siguiente trazado: conducción bajo vial hasta la salida del complejo de Artigas, su continuación a través del ramal fuera de servicio y el acceso al municipio a través del ramal de la salida 7 de la Autopista A-8 Bilbao-Santander en sentido Este. Desde este ramal, se accede al puente sobre el río Cadagua, pasando el conducto adosado al tablero por el costado aguas arriba hasta la conexión con la red de Nortegás. La estación de regulación y medida (ERM) encargada de regular la inyección del biometano desde la planta de biogás a la red MOP 16, requiere que la presión de llegada desde la planta de biogás sea 1 bar(g) superior a la de regulación, por lo que sería necesaria una presión de 17 bar(g).

Ahora bien, quedará a expensas de Nortegas el diseño y trazado final, incorporando este diseño en el proyecto as-built.