



Centro Tecnológico de Eficiencia
y Sostenibilidad Energética

Pliego de Cláusulas Técnicas que ha de regir en el contrato del “Servicio de ingeniería y montaje de un reactor de fermentación oscura para la producción de biohidrógeno” a adjudicar por procedimiento abierto simplificado en el marco del proyecto UNIDADE MIXTA DE GAS RENOVBABLE



La Unidad Mixta de Gas Renovable está cofinanciada por la Axencia Galega de Innovación – Vicepresidencia Segunda y Consellería de Economía, Empresa e Innovación de la Xunta de Galicia, y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco del programa operativo Feder Galicia 2014-2020.
Potenciar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación
Una manera de hacer Europa



Realizado por:

Santiago Barreiro Vescovo

Fecha: 10/12/2021

Revisado por:

Ángela Rodríguez Abalde

Fecha: 14/12/2021

Aprobado por:

Gerardo Rodríguez Vázquez

Fecha: 10/01/2022



Índice

1 Objeto	3
2 Diseño y suministro de los equipos	3
2.1. Descripción general del equipamiento y sistemas a contratar	3
2.2. Requisitos técnicos fundamentales	5
2.2.1. Tapa y cuerpo del reactor	5
2.2.2. Sistema de calentamiento del reactor	6
2.2.3. Sistema de medición y control de pH	6
2.2.4. Sistema de medida de presión	7
2.2.5. Sistema de alimentación y eliminación de digestato	7
2.2.6. Sistema de agitación	7
2.2.7. Sistema de medición del gas	7
2.2.8. Instalación eléctrica, cuadro eléctrico y de control	7
2.2.9. Soporte del sistema	8
2.2.10. Montaje	8
2.2.11. Elementos extras	8
2.2.12. Consideraciones adicionales	9
3 Garantía	10
4 Lugar de entrega	10
5 Documentación mínima para entregar por parte de los licitadores	10
6 Criterios de valoración de aspectos técnicos	11

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022



1 Objeto

El presente documento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir el **Sistema de producción de BioH₂**, denominado **Sistema** a partir de ahora, para su instalación en el laboratorio del que dispone EnergyLab.

El fundamento de este sistema es la producción de BioH₂ a partir de la descomposición biológica de residuos orgánicos. Esta descomposición anaerobia genera, bajo las condiciones de operación adecuadas, H₂ y otros gases como CO₂ o CH₄.

El diseño del reactor se basará en uno de tipo **CSTR**, “**continuous stirred tank reactor**”, de agitación continua, que será alimentado con distintos residuos para evaluar la potencialidad de producción de BioH₂.

2 Diseño y suministro de los equipos

Se requiere el **diseño y suministro de los equipos necesarios para la construcción y montaje del Sistema en las instalaciones de EnergyLab**, incluyendo la elaboración y entrega de toda la documentación exigible según la legislación vigente en España y las especificaciones del presente documento.

A continuación, se detallan los equipos y sistemas objeto de esta contratación, describiéndose, asimismo, los **requisitos mínimos** que deben cumplir. En caso de no cumplimiento de estos requisitos, la oferta será considerada no valorable.

2.1. Descripción general del equipamiento y sistemas a contratar

El **alcance** objeto de esta licitación, abarca las siguientes tareas:

El **diseño y construcción** del reactor de producción de BioH₂.

El **suministro de los equipos necesarios para el funcionamiento**:

- Reactor tipo **CSTR de 20-25L** de volumen total con volumen útil de 18-23L.
- Sistema de **alimentación** (influyente) y **extracción** de medio de cultivo/digestato (efluente).
- Sistema de **medición y control de temperatura**.
- Sistema de **medición y control de pH**.
- Sistema de **medición del caudal y análisis del contenido en H₂**.
- Sistema de **agitación**.

El **soporte** para el reactor y todo el material auxiliar (estantería, bombas, caudalímetros, válvulas, tuberías, conexiones, calibración, sistemas de fijación y cableado).

El suministro de **manuales** y toda la documentación necesaria para la correcta realización de la operación y el mantenimiento de los equipos (manuales de instalación, de operación y mantenimiento, información/datos de contacto del fabricante, gestión de residuos, garantía, etc.), preferiblemente en idioma español.

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022



Mantenimiento y garantía del correcto funcionamiento del Sistema, durante el plazo de al menos un (1) año.

A modo de ejemplo, se muestra un esquema general del sistema a ofertar y se detallan los requisitos técnicos que debe cumplir cada parte del montaje.

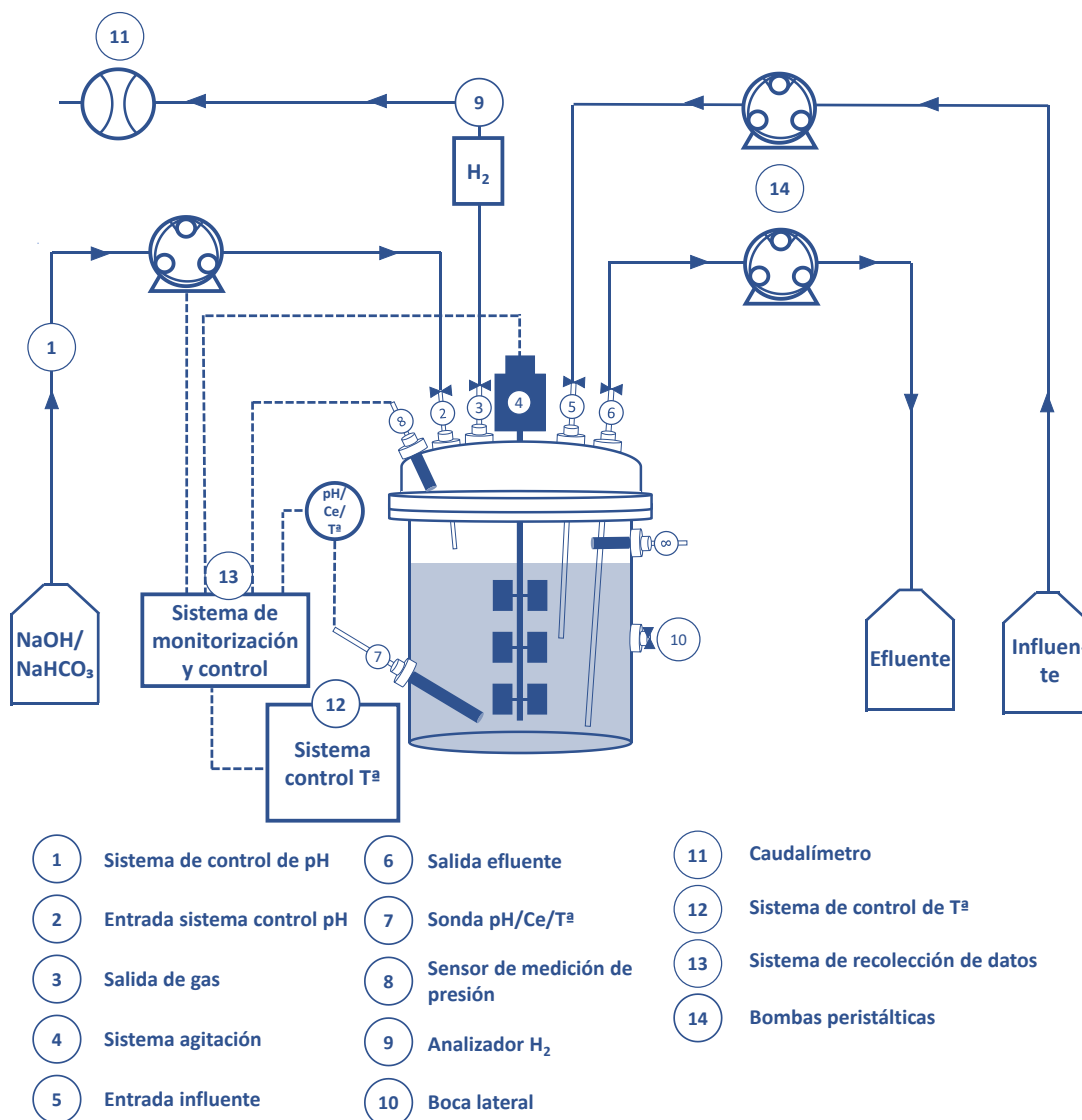


Figura 1. Esquema general del Sistema (es un ejemplo). Si la tapa del reactor se encuentra sobrecargada de bocas, la sonda de presión, (8), puede situarse en el cuerpo del reactor.

El espacio para la instalación de los equipos requeridos en el presente documento es limitado. Es por ello por lo que se valorarán positivamente aquellas ofertas que presenten una disposición del Sistema solicitado lo más compacta posible, aproximadamente **1-1,3 m²** y que no superase una altura máxima de **1,8m**.

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022



2.2. Requisitos técnicos fundamentales

2.2.1. Tapa y cuerpo del reactor

El reactor estará formado por un **cuerpo cilíndrico** de vidrio borosilicato o acero inoxidable que garantice **condiciones anaerobias** necesarias para el proceso de producción de BioH₂. En cuanto a los requerimientos técnicos, el reactor debe poder ser operado bajo las siguientes condiciones:

- Trabajar a **diferentes rangos de temperatura**:
 - Mesófilo 25-40 °C
 - Termófilo 40-60 °C
- El reactor requerirá ser operado a tiempos de residencia hidráulicos (TRH) de entre 2 horas y 30 días (caudales de entre **4 y 12 L/h**).

El reactor en su conjunto deberá tener un volumen comprendido entre los **20 y 25 L** (lo que permitirá trabajar en un rango de **18 a 23 L** de volumen útil). En cuanto a las dimensiones se podrán admitir pequeñas variaciones de tamaño que no excedan el 10% de las indicadas siempre que se indique en la oferta. Además, deberá contar con **marcas de nivel** para poder determinar el volumen de trabajo. En el caso de que el material ofertado **sea metálico**, el reactor deberá contar con una **sección de su superficie que sea transparente** para poder ver el interior. Las dimensiones del reactor deberán ser de, como mínimo:

- Diámetro total: 0,30-0,40 m
- Altura: 0,20-0,35 m

El **cuerpo** del reactor deberá contar con:

- Boca para la entrada de la **sonda de pH/T^a** garantizando el contacto con el líquido interno independientemente del nivel mínimo de trabajo (10 cm de altura desde la base).
- Boca accesoria a una altura comprendida entre 7 y 10 cm de la base.

La **tapa**, practicable, deberá permitir la estanqueidad del sistema mediante un cierre hermético con el cuerpo del reactor y podrá ser de vidrio o acero inoxidable. Deberá presentar en torno a 6 bocas independientes con un sistema de cierre que garantice la estanqueidad, como se puede observar en la Figura 1 (aunque se puede aceptar otra propuesta, como la entrada de algún sensor por una pared lateral del reactor). Más concretamente, se requerirá:

1. Una entrada para la introducción del tampón de **control de pH**
2. Una entrada para la **salida de gases**.
3. Una entrada para el eje del **motor de agitación**.
4. Una boca para la entrada de influente/alimentación, diámetro **aproximado de 4 cm** y que cuente con una tubería interior que esté en contacto con el líquido para evitar pérdidas de gas.

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022



5. Una boca para la salida de **efluente** con una tubería con una longitud suficiente para mantener una distancia de 10 cm a la base del reactor.
6. Una entrada para el **sensor de presión** del gas que se acumula en el espacio de cabeza. En caso de una sobrecarga de bocas en la tapa, la boca de este sensor podría situarse en el lateral del cuerpo del reactor, garantizando en todo momento el contacto con la fase gaseosa independientemente del nivel máximo de trabajo.

En el caso de que no se pueda suministrar una solución con las 6 bocas será válida una solución que contemple menos aberturas de las indicadas si el proveedor garantiza que las funciones descritas se pueden cumplir con menos orificios y, de esta manera, se pueda reducir el coste del reactor.

Las salidas de la tapa deberán contar con un sistema de **conectores** para realizar las conexiones a tubería. El **diámetro de las salidas podrá ser variable** y no ser el mismo para todas mientras que se garantice la viabilidad de las conexiones. Asimismo, cuando las bocas no estén en uso se deberán poder cerrar mediante **válvulas o tapones**, garantizando la **estanqueidad** del Sistema.

Es importante tener en cuenta, para el diseño de la tapa y cuerpo del reactor, que el Sistema debe de poder ser operado a **presiones negativas** de en torno a -100 mbar por debajo de la presión atmosférica (presión de trabajo de 900 mbar) y **presiones positivas** de aproximadamente +500 mbar, por lo que el rango de trabajo final sería de trabajo 900-1500 mbar.

2.2.2. Sistema de calentamiento del reactor

Para conseguir una operación a temperatura constante será necesario que el reactor cuente con un sistema de **calentamiento** para alcanzar las temperaturas indicadas en el punto 4.2.1 en el contenido interior. Se pueden admitir uno de los siguientes sistemas:

- Mediante un **baño térmico**. Este mecanismo requerirá que el cuerpo del reactor presente un **encamisado externo** estanco por el que circule agua a la temperatura fijada por el set-point del baño térmico.
- Mediante una **camisa eléctrica calefactora**. Esta camisa calefactora deberá recubrir el reactor, dejando una porción de superficie sin cubrir, lo suficientemente grande para poder visualizar el contenido del reactor.
- Se pueden aceptar **otras opciones de calentamiento** de los reactores siempre que se asegure un calentamiento homogéneo del contenido interior y las temperaturas solicitadas.

Además, en la oferta se deberá incluir la **tubería** y **valvulería** necesarias para operar el Sistema a las temperaturas indicadas (**25-60°C**).

2.2.3. Sistema de medición y control de pH

El Sistema deberá contar con equipos de **medición y control de pH** que permita mantener el pH en valores estables, fijados en el sistema de monitorización y control. El

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022



control de pH deberá estar compuesto al menos por una bomba peristáltica que permita la dosificación de tampón desde un depósito para el ajuste de pH.

2.2.4. Sistema de medida de presión

El Sistema deberá contar con una sonda o equipo de **medición de la presión** que puede oscilar entre -100 mbar y +500 mbar (900-1500 mbar de presión de trabajo).

2.2.5. Sistema de alimentación y eliminación de digestato

El sistema de alimentación del influente y eliminación de digestato (efluente) del reactor deberá permitir operar el sistema tanto en condiciones **continuas** como en condiciones **discontinuas** (Fed-Batch). Para ello el sistema deberá contar con **dos bombas** peristálticas (una para la entrada de alimentación y otra para la retirada del digestato). Dichas bombas deberán generar caudales comprendidos entre **4L/h (32 mL/h) y 12 L/h**.

En los casos en los que los residuos sean sólidos o semisólidos (restos orgánicos, basuras) EnergyLab instalará un **actuador lineal o similar**. Por lo que es importante que el proveedor del sistema tenga en cuenta que la **abertura de entrada de alimentación por la tapa sea perpendicular a la base y de boca ancha**.

En la oferta se deberá incluir también las **tuberías y conectores** necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de alimentación y eliminación de digestato.

2.2.6. Sistema de agitación

El sistema de agitación deberá consistir en un **agitador vertical mecánico de varilla o hélice** que garantice la completa homogenización del medio de cultivo, permitiendo una mezcla completa teniendo en cuenta el volumen de trabajo del reactor de entre 18 y 22 L. El motor de agitación ha de tener una pantalla de visualización y un sistema de regulación de la velocidad de giro (rpm).

2.2.7. Sistema de medición del gas

El Sistema deberá contar con un equipo de medición del gas generado (volumen y composición) en el proceso. Para ello, la tapa del reactor constará de una salida de gases conectada a:

- Un **caudalímetro** que permita la medición volumétrica del gas.
- **Analizador** del porcentaje de H₂ en el gas (esperado entre 0-50%).

2.2.8. Instalación eléctrica, cuadro eléctrico y de control

La oferta deberá incorporar el **suministro de cuadro eléctrico para mando, protección, monitorización y control del equipamiento completo del Sistema**, incluyendo el montaje y cableado del mismo, así como el suministro y montaje de canalizaciones y cables eléctricos necesarios para la instalación eléctrica y conexión del equipamiento solicitado en el presente documento. Este cuadro eléctrico se conectará al cuadro eléctrico general.

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022





Las variables que como mínimo han de ser monitorizadas y controladas de manera continua (a excepción de las medidas de gases que pueden ser puntuales, pero es necesario indicar la frecuencia) en el Sistema son:

1. Medida y control del pH en el reactor
2. Medida de la temperatura en el interior del reactor
3. Medida de la presión en el interior del reactor
4. Medida del caudal de salida de gas.
5. Medida de la composición del gas.

Asimismo, el Sistema deberá registrar los datos cada 15 minutos y almacenarlos. Los datos medidos se deberán poder descargar (USB, tarjeta SD, en red) en un formato compatible con Microsoft Excel.

2.2.9. Soporte del sistema

El reactor y todos los elementos complementarios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema **deberán tener un soporte físico** que facilite su correcta **operación, manipulación, mantenimiento y limpieza**. Éste, podrá consistir en un soporte de tipo estantería donde entren todos los elementos descritos.

2.2.10. Montaje

La empresa proveedora deberá adjuntar instrucciones detalladas del montaje que permitan al personal de EnergyLab llevarlo a cabo fácilmente, en caso de no efectuarlo la empresa adjudicataria.

2.2.11. Elementos extras

A parte del equipamiento fundamental, **será valorable** que el sistema suministrado cuente con:

1. **Sonda de conductividad** eléctrica (CE) complementaria a la sonda de pH y temperatura.
2. Se valorará positivamente el suministro de una **bomba de vacío** ATEX que permita trabajar a una presión negativa de -100 mbar por debajo de la presión atmosférica con caudal aproximado de 2,5 L/min.
3. Se valorará positivamente que se incluya un **controlador de flujo másico de H₂ para inertizar el espacio de cabeza y un caudal de 2L/min** (Figura 1, 11).
4. Analizador en continuo (o semi-continuo, con al menos 1 medida cada 30 minutos) de la **composición del gas** (CH₄, CO₂, N₂ y O₂).
5. Analizador en continuo (o semi-continuo, con al menos 1 medida cada 30 minutos) del **contenido en H₂S** (0-2000 ppm).
6. **Scada de control** que permita visualizar en tiempo real todas las variables y actuar sobre los diferentes sistemas.
7. **Actuador lineal** o algún sistema para automatizar la entrada de alimentación sólida o semi-sólida al reactor
8. Una **válvula para evitar la sobrepresión** y la **depresión**, para garantizar la estabilidad estructural del reactor y de la tapa.

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022

9. Registro de la velocidad de agitación (rpm) y frecuencia de agitación del reactor.
10. Montaje, puesta en práctica del Sistema instalado y comprobación del correcto funcionamiento de éste.

2.2.12. Consideraciones adicionales

Algunas limitaciones/consideraciones que se han de tener en cuenta son:

- La línea de corriente del laboratorio es de **220 V y 50 Hz**.
- La altura total del laboratorio es de **3,15 m**.
- El acceso y puerta externos cuentan con las siguientes medidas:



Figura 2. Vista de los accesos a la zona de carga del CITEXVI. Puerta Entrada.

- El ascensor tiene unas medidas de **115 cm (ancho) x 218 cm (altura) x 240 cm (profundidad)**

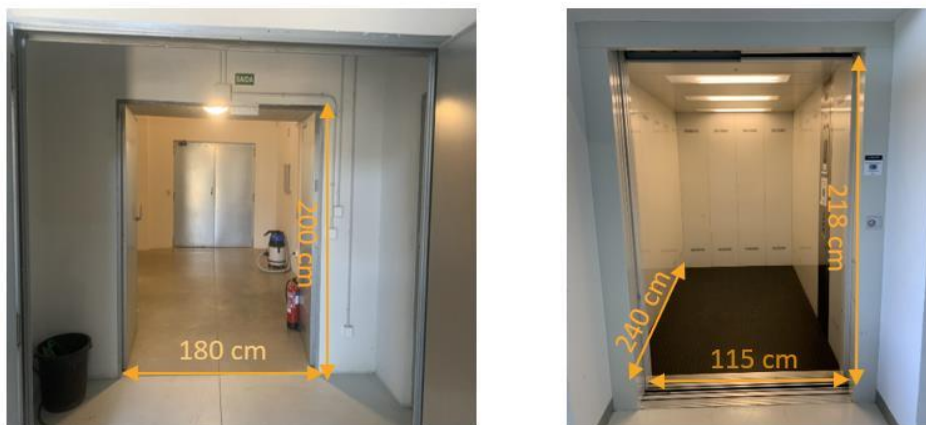


Figura 3. Vista acceso desde segundo subsuelo al CITEXVI. Ascensor ce carga

- Es importante que se **minimice el contacto eléctrico** de los elementos, dado que se va a trabajar con CH₄ e H₂.

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022



- El material del que esté fabricado el reactor y las tuberías que conforman el sistema deberá ser seleccionado teniendo en cuenta la **naturaleza del gas** generado (CO₂, H₂, CH₄, H₂S).
- En el presupuesto se debe incluir el **envío** del material a las instalaciones de Energylab.

3 Garantía

El **plazo de garantía**, a contar a partir de la formalización del Acta de Aceptación del suministro, incluyendo la entrega y puesta en marcha del Sistema completo, **será de al menos un (1) año** para los materiales y equipos instalados que sean defectuosos, sin perjuicio de que se establezca un plazo mayor en caso de que la oferta incluya mejora en el período de garantía.

Si durante este plazo de garantía se detectase algún defecto en el diseño de cualquier equipo y/o material componente de la instalación o de mala calidad de los materiales en origen, o algún mal funcionamiento de la instalación, el adjudicatario quedará obligado a reponer los equipos o materiales defectuosos y/o a realizar los trabajos necesarios para corregir estos defectos hasta el correcto funcionamiento de la instalación, sin coste alguno para EnergyLab.

La garantía cubrirá partes eléctricas y mecánicas Sistema, bajo la condición de que el Sistema sea bien operado, de acuerdo con el/los procedimiento/s de mantenimiento y el/los manual/es de instrucciones aportado por la empresa adjudicataria. Las piezas que puedan sufrir desgaste por el uso regular no serán incluidas dentro de la garantía. No se incluirán los daños mecánicos de los que no sea responsable la empresa adjudicataria.

Respecto de los componentes o equipos de las instalaciones que hayan de ser repuestos o reparados, el plazo de garantía comenzará a computarse nuevamente desde la reposición.

Se firmará Acta de Aceptación provisional a la entrega del suministro. El Acta de Aceptación final se firmará tras la prueba de funcionamiento o puesta en marcha, o hasta dos meses después de la entrega o de su preparación-instalación para ser operada.

4 Lugar de entrega

El lugar de entrega del equipamiento será en las instalaciones de EnergyLab, en el Edificio CITE XVI, Campus Universitario de Vigo.

5 Documentación mínima para entregar por parte de los licitadores

El licitante deberá presentar, con carácter de mínimos, la siguiente documentación técnica:

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022





- A. Memoria técnica descriptiva del Sistema.
- B. Esquemas del montaje incluyendo medidas.
- C. Especificaciones técnicas detalladas de los equipos.

6 Criterios de valoración de aspectos técnicos

Para la valoración de las propuestas, la mesa de contratación de EnergyLab tendrá en cuenta los siguientes criterios de valoración para las medidas de mejora introducidas en las ofertas:

APARTADO	CONCEPTO	VALORACIÓN (PUNTUACIÓN MÁXIMA: 50)
Elementos extras	Determinación de conductividad eléctrica del interior del reactor	2
	Suministro de una bomba de vacío ATEX de caudal 2,5L/min	4
	Suministro de un controlador de flujo másico de 2L/min	2
	Analizador composición del gas de salida (CH ₄ , CO ₂ , O ₂ y N ₂) en continuo o semi-continuo (al menos cada 30 minutos)	9
	Analizador de H ₂ S en el gas de salida en continuo o semi-continuo (al menos cada 30 minutos)	6
	Scada de control	14
	Actuador lineal o algún sistema para automatizar la entrada de alimentación sólida o semi-sólida al reactor	3
	Inclusión de una válvula de sobrepresión y depresión.	3
	Registro de la velocidad de agitación del reactor.	1
Otros	Disposición compacta del Sistema	3
	Montaje, puesta en práctica del Sistema y comprobación del funcionamiento	3

Pliego de Cláusulas Técnicas: Reactor de producción de BioH ₂	
Código Documento TSA0120PC003_v00	Fecha 10/01/2022



Centro Tecnológico de Eficiencia
y Sostenibilidad Energética

energylab@energylab.es

Edificio CITEXVI

Fonte das Abelleiras, s/n. 36310, Vigo.

T_986 12 04 50 F_986 12 04 51

energylab@energylab.es

www.energylab.es