



PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DEMOSTRADOR CONTENERIZADO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO CON ELECTROLIZADOR DE ÓXIDO SÓLIDO DE 9kW A ALTA TEMPERATURA PARA LA FUNDACIÓN IMDEA ENERGÍA A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO CON PLURALIDAD DE CRITERIOS

ESTE CONTRATO ESTÁ FINANCIADO EN UN 100% POR EL FONDO NEXTGENERATION-EU, EN EL MARCO DEL PRTR DEL 2021-2025 Y DE LA COMUNIDAD DE MADRID

1. INTRODUCCIÓN

El presente contrato de suministro viene determinado por los compromisos y objetivos técnicos de IMDEA Energía en el marco del proyecto POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO DE LA COMUNIDAD DE MADRID EN I+D+I DEL HIDRÓGENO VERDE Y LAS PILAS DE COMBUSTIBLE (GREENH₂ – CM), financiado en un 100% por el Fondo NextGeneration-EU, en el marco del PRTR del 2021-2025 y de la Comunidad de Madrid.

En el proyecto GREENH₂-CM, IMDEA Energía tiene como uno de sus principales cometidos la operación de una instalación experimental o demostrador de carácter singular para la caracterización de un electrolizador de óxido sólido (SOE) alimentado con una potencia eléctrica de 9kW, con la novedad de ensayarse plenamente integrado con los sistemas auxiliares o balance de planta precisos para el suministro de electricidad y la recuperación de calor en la instalación.

El presente pliego describe las condiciones técnicas de carácter obligatorio que tiene que cumplir el contrato de suministro y puesta en marcha de un sistema demostrador contenerizado de producción de hidrógeno con electrolizador de óxido sólido de 9kW a alta temperatura para la Fundación IMDEA Energía. Aquellos licitadores cuyas ofertas no cumplan los requisitos obligatorios del presente pliego serán excluidos de la licitación. El presente documento de prescripciones técnicas se acompaña de un **ANEXO TÉCNICO**, que forma parte del mismo, que incluye las especificaciones técnicas de detalle y una descripción de los distintos modos de operación que serán utilizados para el buen funcionamiento de todos los componentes involucrados, así como, sus respectivos balances de materia y energía.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS OBLIGATORIAS DEL SUMINISTRO

El objeto de este contrato es el suministro y puesta en marcha de un sistema demostrador contenerizado con electrolizador de óxido sólido (SOE) de 9kW a alta temperatura con una producción de 0.25 kg/h de H₂. Dicho demostrador integrará el SOE propiedad de IMDEA Energía, con un sistema de Balance de Planta (BoP) para suministro eléctrico, recuperación de calor, manejo de corrientes de gases y líquidos, así como instrumentación y sistemas de supervisión y control. IMDEA Energía proporcionará el electrolizador SOE de 9 kWe, que ha sido adquirido a la empresa SolydEra, y facilitará la información técnica correspondiente sobre las características del mismo. En anexo, IMDEA Energía, facilita el diagrama de flujo del BoP de la planta, junto con la identificación de componentes y los correspondientes balances de materia y energía en distintos modos de operación, que deberán guiar la ingeniería de suministro del adjudicatario.

Se relacionan los distintos ítems de obligado cumplimiento para el suministro.

1. Ingeniería de desarrollo del suministro de la instalación experimental.

Se utilizará como guía el diagrama de flujo y los balances materia y energía proporcionados por IMDEA Energía en el documento anexo del presente pliego de prescripciones técnicas. El adjudicatario llevará a cabo y documentará la ingeniería requerida para el dimensionado y selección de los componentes e instrumentación a suministrar, así como su integración en un contenedor para su transporte e instalación en el emplazamiento de IMDEA Energía en Avda. Ramón de la Sagra 3, Móstoles, incluyendo sistema de supervisión y control. El contenedor dispondrá de sección ATEX para aquellos componentes del sistema que lo precisen. Los componentes que por su naturaleza no sea posible su ubicación en el interior del contenedor se ubicarán en el exterior.

2. Suministro del sistema electrolizador contenerizado

Suministro de demostrador contenerizado con integración de electrolizador SOE tal y como se muestra en la Figura 1 del Anexo, traslado y puesta en marcha en el emplazamiento sito en la sede del Instituto IMDEA Energía, en Avda. Ramón de la Sagra 3, Móstoles, España. Se deberá proveer un circuito de alimentación y recuperación de calor del aire de salida del ánodo, consistente en una soplante (K-01) y acondicionador (PK-01), un cambiador de calor a alta temperatura (HE-01), calentador eléctrico de apoyo (EH-01) y los correspondientes medidores y controladores de temperatura, caudal y presión. Del mismo modo, se deberá proveer un circuito de alimentación y recuperación de calor en el cátodo, incluyendo un generador de vapor (GE-01) con agua desmineralizada (PK-03), cambiador de calor a alta temperatura (HE-02), calentadores eléctricos (EH-02 y EH-03), mezclador de corrientes (MX-01), enfriadora (PK-05), sistema para quemado y/o venteo seguro de H₂ (F-01), separador de agua e H₂ (V-01) y soplante o similar (K-02). Asimismo, se implementarán los correspondientes medidores y controladores de T, caudal y P, tal y como se describen en la Figura 1 del Anexo. Todo el sistema integrado deberá ser suministrado en un contenedor para su transporte e instalación y contará con un sistema de supervisión y control.

Tabla 1: Componentes principales del demostrador a suministrar.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	COMPONENTE SUMINISTRADO POR
Sistema Electrolizador de Óxido de Sólido (SOE)	1	PK-01	IMDEA Energía
Paquete acondicionamiento aire atmosférico	1	PK-02	Adjudicatario
Paquete Agua Desmineralizada	1	PK-03 *	IMDEA Energía
Paquete Suministro de H ₂ /N ₂	1	PK-04	IMDEA Energía
Paquete Enfriador	1	PK-05	Adjudicatario
Calentador Eléctrico (Ánodo)	1	EH-01	Adjudicatario
Calentador Eléctrico (Cátodo)	1	EH-02	Adjudicatario
Calentador Eléctrico (H ₂)	1	EH-03	Adjudicatario
Generador de Vapor Eléctrico	1	GE-01	Adjudicatario
Intercambiador (Ánodo)	1	HE-01	Adjudicatario
Intercambiador (Cátodo)	1	HE-02	Adjudicatario
Separador (H ₂ y H ₂ O)	1	V-01	Adjudicatario
Soplador (Aire)	1	K-01	Adjudicatario

Soplador (H ₂)	1	K-02	Adjudicatario
Mezclador	1	M-01	Adjudicatario
Combustión o venteo (H ₂)	1	F-01	Adjudicatario
Total		16	

(*) Este componente podrá ser suministrado por el licitador en caso de que éste lo incluya en su oferta como una mejora.

Tabla 2: Componentes principales del sistema de alimentación eléctrica.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	COMPONENTE SUMINISTRADO POR
Convertidor AC/DC	1		IMDEA Energía
Convertidor DC/DC para SOE	1		IMDEA Energía
Convertidor DC/DC para Batería	1		IMDEA Energía
Controlador de convertidores	1		IMDEA Energía
Batería Li-ion	1		IMDEA Energía
Bus DC 750 V con cuadro de protección, medida y control	1		Adjudicatario
Total	6		

3. Sistema de adquisición y control

El demostrador deberá incorporar un sistema de comunicación y adquisición de datos con los diferentes sensores suministrados, así como para el control centralizado de la operación de la planta tanto en la alimentación de gases y vapor al electrolizador, como en la gestión de las corrientes de recuperación, generador de vapor y restos de componentes. Para el diseño del sistema de control se tendrán en cuenta los distintos modos de operación, así como situaciones de arranque y parada del electrolizador contemplados en el Anexo.

3. OTRAS CONDICIONES DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

El sistema ofertado estará conformado por componentes nuevos, no admitiéndose equipos de segunda mano ni de exposición.

Los equipos ofertados cumplirán la normativa nacional y europea que le sea de aplicación. Además, será obligatorio el cumplimiento de las obligaciones empresariales que establece la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como la normativa y reglamentación que sea de aplicación.

En el manejo de las corrientes de hidrógeno el sistema deberá cumplir con las normas/leyes de seguridad, medio ambientales y de calidad establecidas para este gas.

Asimismo, en los contratos financiados con fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, se incluirá entre las obligaciones del contratista el cumplimiento de las exigencias establecidas, en su caso, en el pliego de prescripciones técnicas o documento equivalente en materia de etiquetado verde y etiquetado digital, así como las asumidas por la aplicación del principio de no causar un daño significativo y las consecuencias en caso de incumplimiento.

4. PLAN DE FORMACIÓN OBLIGATORIO

Las empresas licitadoras tendrán que incluir obligatoriamente en sus ofertas un plan de formación para el personal de la Fundación que incluya un módulo de formación básico sobre el manejo, mantenimiento del sistema, puesta a punto, modos de medida, tratamiento de datos, aplicaciones, entre otros, que será impartido por parte de la empresa adjudicataria. La formación se deberá llevar a cabo durante la instalación y puesta en funcionamiento del demostrador en las instalaciones de la Fundación IMDEA Energía.

5. ASISTENCIA TÉCNICA POST VENTA

El presente contrato incluirá un total de 40 horas de asistencia técnica presencial postventa, al personal de Fundación, que se utilizarán tras la puesta en marcha y comisionado de la planta, para la resolución de incidencias técnicas durante los primeros seis meses de operación.

6. PERIODO DE GARANTÍA Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO OBLIGATORIO DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA

El demostrador dispondrá de un plazo de garantía de 3 años o la garantía establecida para sus componentes a contar desde la fecha de firma del acta de recepción.

El adjudicatario deberá proporcionar al menos 1 mes antes de la firma del acta de recepción del suministro, un listado del stock o existencias que considere que debería estar disponible en las instalaciones de la Fundación para prevenir la paralización de la actividad por averías o minimizar los tiempos de indisponibilidad del sistema objeto del Contrato. Deberán considerarse especialmente los consumibles y piezas con mayor probabilidad de fallo, definiéndose en los manuales de mantenimiento cómo proceder a su sustitución.

7. PLAZO Y LUGAR DE ENTREGA, MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

La entrega, montaje y puesta en marcha del equipo objeto del presente contrato tendrá como fecha límite improrrogable el día 28 de febrero de 2025, incluyendo la formación básica al personal de IMDEA Energía sobre operación y mantenimiento del sistema.

Tras la instalación y puesta en marcha, las partes firmarán la correspondiente acta de recepción. Los costes del transporte, aduanas, tasas o cualquier otro importe derivado del transporte o instalación del equipo serán por cuenta de la empresa adjudicataria.

El adjudicatario deberá encargarse de la retirada de los restos de embalaje y del instrumental de montaje dentro de los plazos anteriormente señalados.

El lugar de entrega y montaje será en las instalaciones de la Fundación IMDEA Energía situadas en la Avda. Ramón de la Sagra número 3, Parque Tecnológico de Móstoles, 28935 Móstoles, Madrid, España.

CONFORME:

EL ADJUDICATARIO
FECHA Y FIRMA
Fdo.:

POR LA FUNDACIÓN:
FECHA Y FIRMA
Fdo.:



Anexo técnico

Especificaciones técnicas, diagrama de flujo y balance de Materia y Energía para integración del Balance de Planta de un sistema de Electrolizador de Óxido Sólido a alta temperatura (SOE) con capacidad de 9 kW



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	5
2. Especificaciones Técnicas	5
3. Modos de Operación y Balances de Materia y Energía	10
3.1. Carga completa (Full load).....	10
3.2. Carga parcial (Partial load)	11
3.3. Modo en espera caliente (Hot Stand-by)	13
3.4. Modo noche (Night mode)	13
3.5. Resumen potencias en distintos modos de operación.....	15



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de proceso para SOE y componentes del BoP.....	6
Figura 2: Dimensiones y elementos principales de caja térmica SOE de 9kW.....	7
Figura 3: Esquema del sistema de alimentación eléctrica del SOE.....	9



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones Técnicas del SOE.....	7
Tabla 2: Componentes principales de BoP.....	8
Tabla 3: Componentes principales del sistema de alimentación eléctrica.....	9
Tabla 4: Temperatura, presión y flujo másico para todas las corrientes (Carga Completa).....	10
Tabla 5: Composición por compuesto químico (Carga Completa).....	10
Tabla 6: Potencia térmica o eléctrica para cada componente (Carga Completa).....	10
Tabla 7: Temperatura, presión y flujo másico para cada una de las corrientes (Carga Parcial).....	11
Tabla 8: Composición por compuesto químico (Carga Parcial).....	11
Tabla 9: Potencia térmica o eléctrica en cada componente (Carga Parcial).....	11
Tabla 10: Temperatura, presión y flujo másico para todas las corrientes (En espera caliente).....	13
Tabla 11: Composición por compuesto químico (En espera caliente).....	13
Tabla 12: Potencia térmica o eléctrica en cada componente (En espera caliente).....	13
Tabla 13: Temperatura, presión y flujo másico para todas las corrientes (Modo Noche).....	14
Tabla 14: Composición para cada compuesto químico (Modo Noche).....	14
Tabla 15: Potencia térmica o eléctrica en cada componente (Modo Noche).....	15
Tabla 16: Potencia térmica o eléctrica en cada componente para los diferentes modos de operación.....	15



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



1. Introducción

El presente documento sirve de anexo al pliego técnico para la contratación por parte de la Fundación IMDEA Energía (en adelante, IMDEA Energía) del servicio de ingeniería y desarrollo, así como el suministro, instalación y puesta en marcha de una planta piloto experimental para la producción de Hidrógeno verde a partir del uso de un Electrolizador de Óxido Sólido a Alta Temperatura (SOE) con capacidad de 9 kWe. Conjuntamente, se incluye las especificaciones técnicas y una breve descripción de los distintos modos de operación que serán utilizados para el buen funcionamiento de todos los componentes involucrados, así como, sus respectivos balances de materia y energía.

2. Especificaciones Técnicas

El objeto de este contrato es el suministro de un sistema demostrador contenerizado para un electrolizador de óxido sólido (SOE) de 9kW a alta temperatura con una producción de 0.25 kg/h de H₂. Dicho demostrador integrará el SOE ya existente con un sistema de Balance de Planta (BoP) para suministro eléctrico, recuperación de calor, manejo de corrientes de gases y líquidos, así como instrumentación y sistemas de supervisión y control. IMDEA Energía proporcionará el electrolizador SOE de 9 kWe, que ha sido adquirido a la empresa SolydEra, y facilitará la información técnica correspondiente sobre las características del mismo. Asimismo, IMDEA Energía, a través del presente documento, facilita el diagrama de flujo del BoP de la planta, junto con la identificación de componentes y los correspondientes balances de materia y energía en distintos modos de operación, que deberán guiar la ingeniería de suministro del adjudicatario.

El diseño de la planta a carga nominal (carga completa) comprenderá un electrolizador de óxido sólido de alta temperatura (SOE – PK-01) con capacidad de 9 kWe y un generador de vapor eléctrico (GE-01) que producirá 3.70 kg/h de vapor. En la Figura 1 se muestra el diagrama general para el SOE y componentes del BoP realizado por IMDEA Energía y que deberá ser usado por el adjudicatario para la selección de componentes y su integración en el demostrador a suministrar.

El electrolizador SOE trabajará a una temperatura media de diseño de 760 °C, estableciéndose una temperatura de alimentación de aire al ánodo y de alimentación de la mezcla de vapor de agua e hidrógeno al cátodo de 770 °C. El sistema BoP contará, además de con los elementos asociados a la alimentación y recuperación de calor en las corrientes del ánodo y cátodo, de cinco bloques o paquetes adicionales (Ver Tabla 2): PK-01 SOE, PK-02 acondicionamiento alimentación de aire, PK-03 suministro agua desmineralizada, PK-04 suministro de hidrógeno o mezclas H₂+N₂ y PK-05 enfriadora de la corriente de hidrógeno.

IMDEA Energía suministrará los componentes PK-01, PK-03 y PK04 de la Figura 1, tal y como se refleja en la Tabla 2, así como los componentes principales del sistema de suministro eléctrico que se reflejan en la Tabla 3, siendo el resto de componentes, sistemas de instrumentación y sistema de control a suministrar por el adjudicatario, junto con su integración en contenedor, traslado y puesta en marcha en el emplazamiento sito en la sede del Instituto IMDEA Energía, en Avda. Ramón de la Sagra 3, Móstoles, España.

Se deberá proveer un circuito de alimentación y recuperación de calor del aire de salida del ánodo, consistente en una soplante (K-01) y acondicionador (PK-01), un cambiador de calor a alta temperatura (HE-01), calentador eléctrico de apoyo (EH-01) y los correspondientes medidores y controladores de temperatura, caudal y presión. Del mismo modo, se deberá proveer un circuito de alimentación y recuperación de calor en el cátodo, incluyendo un generador de vapor (GE-01) con agua desmineralizada (PK-03), cambiador de calor a alta temperatura (HE-02), calentadores eléctricos (EH-02 y EH-03), mezclador de corrientes (MX-01),

enfriadora (PK-05), sistema para quemado y venteo seguro de H₂ (F-01), separador de agua e H₂ (V-01) y soplante o similar (K-02). Asimismo, se implementarán los correspondientes medidores y controladores de T, caudal y P, tal y como se describen en la Figura 1. Todo el sistema integrado deberá ser suministrado en un contenedor para su transporte e instalación y contará con un sistema de supervisión y control. El contenedor dispondrá de sección ATEX para aquellos componentes del sistema que lo precisen. Los componentes que por su naturaleza no sea posible su ubicación en el interior del contenedor se ubicarán en el exterior.

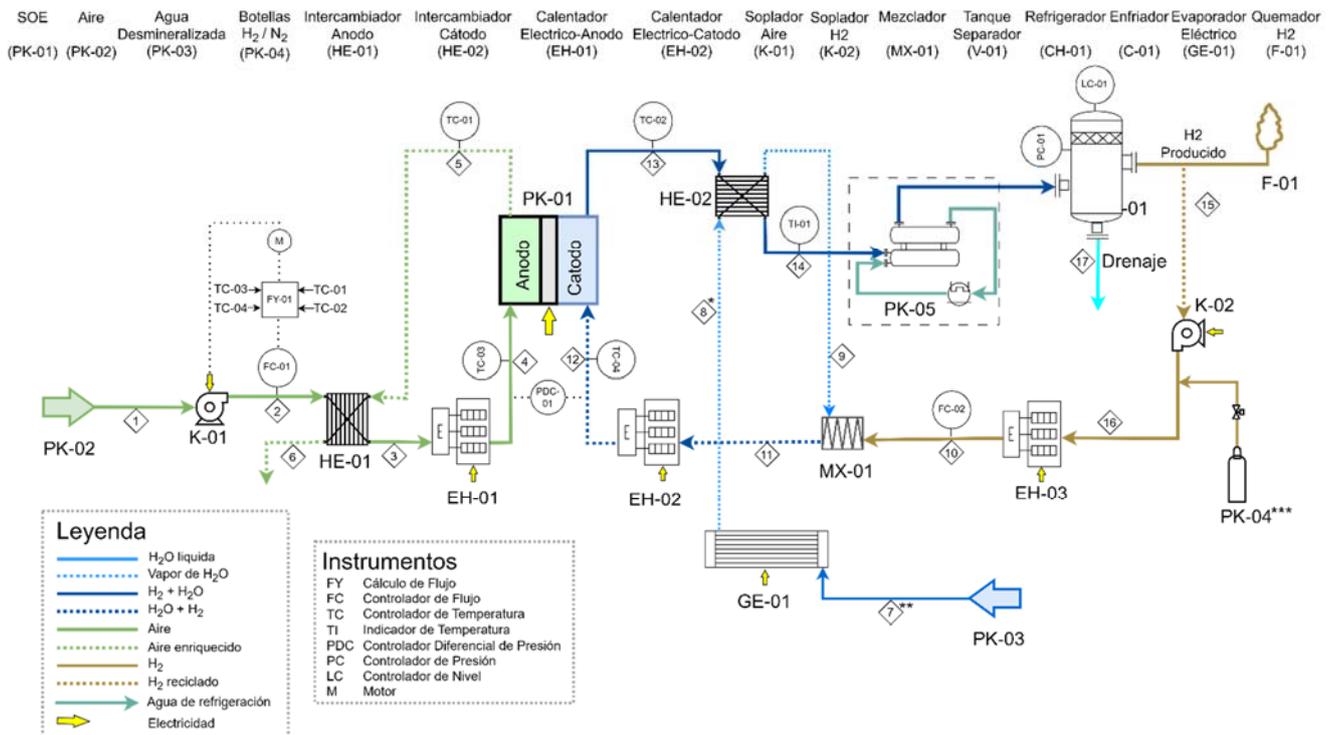


Figura 1: Esquema de proceso para SOE y componentes del BoP.

Nota:

*El componente GE-01 es de vital importancia para obtener el correcto funcionamiento del PK-01. Su suministro tiene que garantizar las condiciones de diseño de la corriente 8. Deberá trabajar con agua calidad ISO 3696:1987 Grado 1

**Los parámetros de diseño en el PK-03 (corriente 7) podrán variar, siempre que cumpla con las condiciones establecidas a la salida del GE-01 (corriente 8).

***En caso de no disponer de una corriente de recirculación de H₂ se activará el PK-04.

La soplante de H₂ se incluye para su identificación en el esquema, pero no ha sido considerada en los balances, lo que significa que la información de su flujo de entrada es la misma que la del flujo 16.

En la siguiente Tabla 1 se muestra un resumen de las especificaciones técnicas para el SOE (PK-01). El electrolizador a integrar ha sido adquirido por IMDEA Energía a la empresa SolydEra, y consta de dos stacks que totalizan 9kW confinados en una caja aislada térmica y dotada de tomas de admisión y salida de gases. El sistema SOE lleva integrados sensores de medida de presión y temperatura de gases a entrada y salida de cátodo y ánodo, así como medidas de temperatura en las paredes internas de la caja, con conectores para toma de adquisición de datos.

Tabla 1: Especificaciones Técnicas del SOE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	UNIDAD	VALOR
Potencia de Consumo	kWe	9
Temperatura del gas de entrada	°C	772
Temperatura del gas de salida	°C	750
Entrada de vapor	kg/h	3.70
Entrada de H ₂	kg/h	0.05
Aire de barrido	kg/h	28
Temperatura de Diseño SOE	°C	760
Rango Temperaturas operación SOE (salida)	°C	650-800
Presión de Diseño SOE (máxima)	mbarg	100
Voltaje en Diseño (CC)	92.4V @0.6 A/cm ²	
Corriente en diseño	A	98

En la Figura 2 se muestran las dimensiones y elementos principales de la caja térmica y SOE de 9kW de SolydEra que será proporcionado por IMDEA Energía (las dimensiones son informativas y pueden sufrir pequeñas modificaciones).

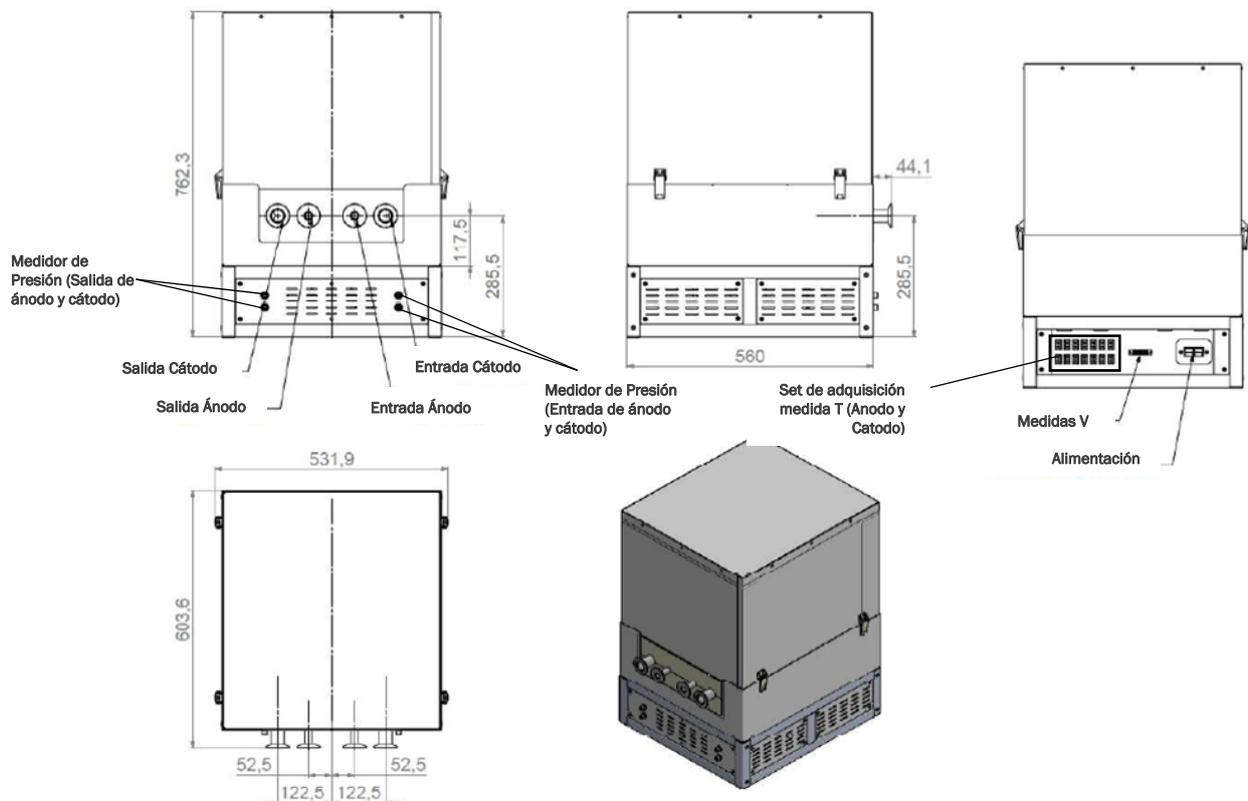


Figura 2: Dimensiones y elementos principales de caja térmica SOE de 9kW.

Los principales componentes para la planta de producción de H₂ se resumen en la Tabla siguiente, identificando los componentes a facilitar por IMDEA Energía y por el adjudicatario:

Tabla 2: Componentes principales de BoP.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	COMPONENTE SUMINISTRADO POR
Sistema Electrolizador de Óxido de Sólido (SOE)	1	PK-01*	IMDEA Energía
Paquete acondicionamiento aire atmosférico	1	PK-02	Adjudicatario
Paquete Agua Desmineralizada	1	PK-03**	IMDEA Energía
Paquete Suministro de H ₂ /N ₂	1	PK-04	IMDEA Energía
Paquete Enfriador	1	PK-05	Adjudicatario
Calentador Eléctrico (Ánodo)	1	EH-01	Adjudicatario
Calentador Eléctrico (Cátodo)	1	EH-02	Adjudicatario
Calentador Eléctrico (H ₂)	1	EH-03	Adjudicatario
Generador de Vapor Eléctrico	1	GE-01***	Adjudicatario
Intercambiador (Ánodo)	1	HE-01	Adjudicatario
Intercambiador (Cátodo)	1	HE-02	Adjudicatario
Separador (H ₂ y H ₂ O)	1	V-01	Adjudicatario
Soplador (Aire)	1	K-01	Adjudicatario
Soplador (H ₂)	1	K-02	Adjudicatario
Mezclador	1	M-01	Adjudicatario
Combustión o venteo (H ₂)	1	F-01****	Adjudicatario
Total			16

Nota:

*Purificación de aire en PK-01: Adsorción de SO₂, NO_x, NH₃, C₇H₈, C₄H₁₀ y filtrado de partículas según ISO 16890 ePM2.5.

**Calidad del agua a suministrar para el PK-03: Calidad ISO 3696:1987 Grado 1

***Generador de vapor GE-01: Con reservorio de al menos 70 litros para alimentación agua desmineralizada al proceso.

****Sistema de quemado o venteo del H₂ deberá cumplir con las normas/leyes de seguridad, medio ambientales, calidad, entre otras, para poder ser liberado al ambiente.

El suministro eléctrico del electrolizador PK-01 se realizará desde un bus de corriente continua (DC bus) a 750 V a través de un convertidor DC/DC que debe proporcionar una potencia nominal de 9 kW DC en un rango de voltaje entre 60 y 100 V. La intensidad de corriente a suministrar por el convertidor oscilará desde 100 A en modo carga completa (sección 3.1), hasta cero amperios en modo de espera en caliente (sección 3.2) y en modo noche (sección 3.3).

El bus de continua se instalará en un cuadro eléctrico junto con todos los elementos de protección, medida y control necesarios para un uso seguro. El bus DC se alimentará desde dos fuentes alternativas:

1. Desde una toma eléctrica trifásica convencional de 380 V. En este caso, la red alimentará a un inversor AC/DC con salida al bus de continua.

2. Desde un sistema de almacenamiento con batería de iones de Litio (LIB). Se trata de batería que operará a 409 V con una intensidad de corriente nominal de 50 A, tanto en carga como en descarga, pudiendo llegar a un máximo de 75 A durante 5 segundos. La batería se conectará al bus de continua a través de un inversor DC/DC bidireccional capaz de operar en un rango de voltaje entre 320 y 480 V en el lado de la batería.

A continuación se muestra un esquema simplificado del sistema de alimentación eléctrica del electrolizador PK-01 (Figura 3)

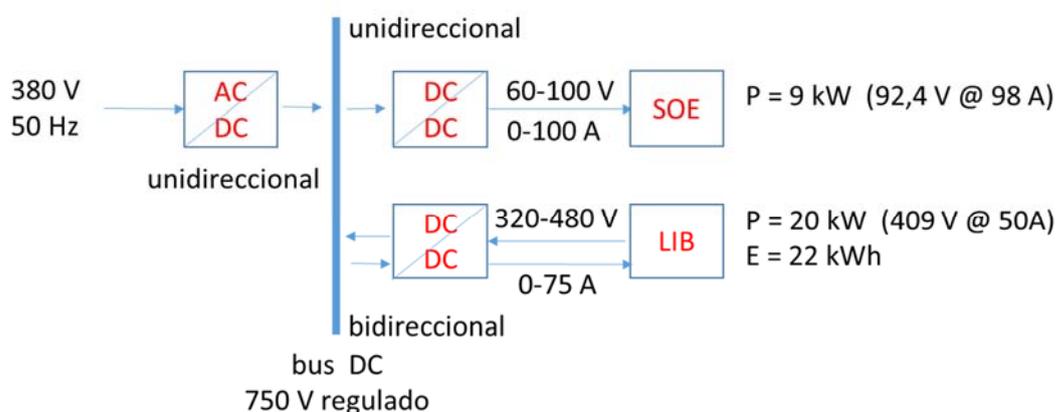


Figura 3: Esquema del sistema de alimentación eléctrica del SOE.

Los principales componentes del sistema de alimentación eléctrica para la planta de producción de H₂ se resumen en la Tabla 3:

Tabla 3: Componentes principales del sistema de alimentación eléctrica.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CÓDIGO	COMPONENTE SUMINISTRADO POR
Convertidor AC/DC	1		IMDEA Energía
Convertidor DC/DC para SOE	1		IMDEA Energía
Convertidor DC/DC para Batería	1		IMDEA Energía
Controlador de convertidores	1		IMDEA Energía
Batería Li-ion	1		IMDEA Energía
Bus DC 750 V con cuadro de protección, medida y control	1		Adjudicatario
Total	6		

Los tres convertidores, el controlador y la batería serán suministrados por IMDEA Energía. El adjudicatario será responsable de su conexionado e integración. Además será responsable del suministro del bus de continua.

3. Modos de Operación y Balances de Materia y Energía

La planta tendrá la capacidad de operar en 4 modos (carga completa, carga parcial, en espera caliente y de noche) que se describen a continuación. En las siguientes secciones, se facilitan dichos balances que deberán guiar el dimensionado y selección de componentes del BoP por parte del adjudicatario.

3.1. Carga completa (Full load)

La planta trabajará con su carga nominal (por ejemplo: durante 24 horas al día) produciendo H₂ a pequeña escala. Se establece como objetivo deseable en base a las especificaciones facilitadas por SolydEra, una producción de 0.25 kg/h de hidrógeno, equivalente a 6 kg/día. Las pérdidas térmicas estimadas en la caja térmica del electrolizador son de 225 W. Los resultados obtenidos por IMDEA Energía del sistema integrado BoP (utilizando el software EcosimPro) de los principales parámetros de diseño para el funcionamiento de la misma se resumen en las tablas siguientes:

Tabla 4: Temperatura, presión y flujo másico para todas las corrientes (Carga Completa).

PARÁMETRO DE DISEÑO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Temperatura	°C	25	25	604	771	751	225	407	134	643	200	609	771	751	266	60	25	60
Presión	mbar	1013	1052	1049	1044	1037	1036	3000	3000	1059	1011	1059	1054	1042	1042	1042	1016	1042
Flujo Másico	kg/h	27.92	27.92	27.92	27.92	29.89	29.89	3.70	3.70	3.70	0.04	3.75	3.75	3.75	1.77	0.29	0.04	1.48

Tabla 5: Composición por compuesto químico (Carga Completa).

COMPUESTO QUÍMICO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
H ₂ O	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.90	0.90	0.36	0.36	0.00	0.00	1.00
H ₂	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.10	0.10	0.64	0.64	1.00	1.00	0.00
O ₂	V/V	0.22	0.22	0.22	0.22	0.27	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N ₂	V/V	0.78	0.78	0.78	0.78	0.73	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	V/V	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 6: Potencia térmica o eléctrica para cada componente (Carga Completa).

COMPONENTE	POTENCIA TÉRMICA/ ELÉCTRICA (kW)
PK-01	9.00
EH-01	1.62
EH-02	0.43
HE-01	5.00
HE-02	1.10
GE-01	2.30
EH-03	0.04
V-01	-1.38

3.2. Carga parcial (Partial load)

El modo a carga parcial será activado cuando la demanda de H₂ sea muy baja y cuando no haya suficiente energía eléctrica para que trabaje a su máxima capacidad. Se estima una producción de H₂ (3.36 kg/día, equivalente a 0.14 kg/h). Las pérdidas térmicas en el electrolizador serán de 212 W. En las Tablas 7,8 y 9 se muestran los resultados resumidos con los parámetros de diseño más resaltantes:

Tabla 7: Temperatura, presión y flujo másico para cada una de las corrientes (Carga Parcial).

PARÁMETRO DE DISEÑO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Temperatura	°C	25	25	604	771	751	225	134	134	643	200	609	771	751	266	60	25	60
Presión	mbar	1013	1052	1049	1044	1037	1036	3000	3000	1059	1011	1059	1054	1042	1042	1042	1016	1042
Flujo Másico	kg/h	27.92	27.92	27.92	27.92	29.00	29.00	1.73	1.73	1.73	0.02	1.75	1.75	0.67	0.67	0.16	0.02	0.52

Tabla 8: Composición por compuesto químico (Carga Parcial).

COMPUESTO QUÍMICO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
H ₂ O	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.90	0.90	0.27	0.27	0.00	0.00	1.00
H ₂	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.10	0.10	0.73	0.73	1.00	1.00	0.00
O ₂	V/V	0.22	0.22	0.22	0.22	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N ₂	V/V	0.78	0.78	0.78	0.78	0.71	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	V/V	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 9: Potencia térmica o eléctrica en cada componente (Carga Parcial).



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



COMPONENTE	POTENCIA TÉRMICA / ELÉCTRICA (kW)
PK-01	4.75
EH-01	1.43
EH-02	0.18
HE-01	4.70
HE-02	0.48
GE-01	1.10
EH-03	0.02
V-01	-0.50

3.3. Modo en espera caliente (Hot Stand-by)

En este modo la planta operará en las mismas condiciones de temperatura de la sección 3.2 “Carga parcial”, no se le suministrará energía eléctrica al PK-01 (ver Figura 1) durante un período máximo de 1 hora, por lo tanto, no habrá producción de H₂. Los componentes restantes de la planta quedarán funcionando solo para mantener el circuito del sistema caliente (principalmente PK-01). Las pérdidas térmicas serán de 234 W. Los principales parámetros de diseño se resumen en las Tablas 10,11 y 12:

Tabla 10: Temperatura, presión y flujo másico para todas las corrientes (En espera caliente).

PARÁMETRO DE DISEÑO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Temperatura	°C	25	25	566	726	701	174	134	134	604	200	573	726	701	323	60	25	60
Presión	mbar	1013	1052	1049	1044	1037	1036	3000	3000	1059	1011	1059	1054	1042	1042	1042	1016	1042
Flujo Másico	kg/h	27.92	27.92	27.92	27.92	27.92	27.92	0.64	0.64	0.64	0.01	0.65	0.65	0.65	0.65	0.01	0.01	0.64

Tabla 11: Composición por compuesto químico (En espera caliente).

COMPUESTO QUÍMICO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
H ₂ O	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00	0.00	1.00
H ₂	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.10	0.10	0.10	0.10	1.00	1.00	0.00
O ₂	V/V	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N ₂	V/V	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	V/V	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 12: Potencia térmica o eléctrica en cada componente (En espera caliente).

COMPONENTE	POTENCIA TÉRMICA / ELÉCTRICA (kW)
PK-01	0.00
EH-01	1.47
EH-02	0.07
HE-01	4.67
HE-02	0.18
GE-01	0.39
EH-03	0.01
V-01	-0.52

3.4. Modo noche (Night mode)

En este modo la planta operará en las mismas condiciones de temperatura de la sección 3.3 “Modo En espera Caliente”, solo que en este caso se utiliza un flujo de gas mezclado (20% de H₂ y 80% de N₂) para mantener

el circuito del sistema caliente (principalmente PK-01), el cual, se activará en las horas de noche, ver Figura 4.

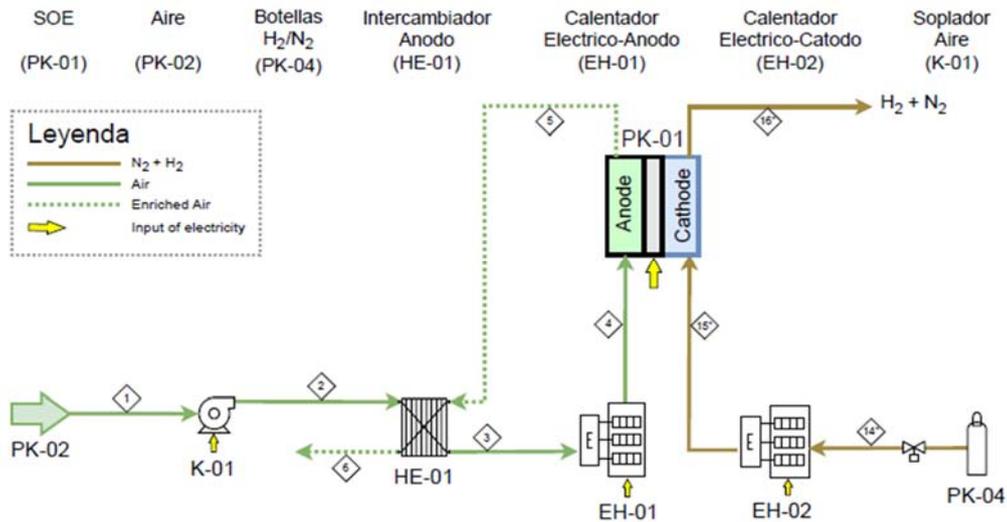


Figura 4: Esquema de Proceso representando el modo de operación "Noche".

A continuación, se muestra los resultados de los parámetros de diseño más relevantes (Tablas 13, 14 y 15).

Tabla 13: Temperatura, presión y flujo másico para todas las corrientes (Modo Noche).

PARÁMETRO DE DISEÑO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE								
		1	2	3	4	5	6	14*	15*	16*
Temperatura	°C	25	25	566	726	701	174	25	726	701
Presión	mbar	1013	1052	1049	1044	1037	1036	1059	1054	1042
Flujo Másico	kg/h	27.92	27.92	27.92	27.92	27.92	27.92	0.80	0.80	0.80

Tabla 14: Composición para cada compuesto químico (Modo Noche).

COMPUESTO QUÍMICO	UNIDAD	NÚMERO DE CORRIENTE								
		1	2	3	4	5	6	14*	15*	16*
H ₂ O	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂	V/V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
O ₂	V/V	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00
N ₂	V/V	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.80	0.80
Total	V/V	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 15: Potencia térmica o eléctrica en cada componente (Modo Noche).

COMPONENTE	POTENCIA TÉRMICA / ELÉCTRICA (kW)
PK-01	0.00
EH-01	1.47
EH-02	0.22
HE-01	4.67

El modo de alimentación con gas mezclado (20% de H₂ y 80% de N₂) que se describe en esta sección será también el utilizado durante las rampas de calentamiento y enfriamiento del electrolizador, así como en caso de parada de emergencia. Los detalles en cada uno de estos casos serán facilitados por el fabricante del electrolizador SolydEra.

3.5. Resumen potencias en distintos modos de operación

En la Tabla 16 se incluye un resumen de la potencia térmica o eléctrica obtenido en cada componente para los diversos modos de operación que tiene la planta.

Tabla 16: Potencia térmica o eléctrica en cada componente para los diferentes modos de operación.

COMPONENTE	POTENCIA TÉRMICA / ELÉCTRICA (kW)			
	CARGA COMPLETA	CARGA PARCIAL	MODO EN ESPERA CALIENTE	MODO NOCHE
PK-01	9.00	4.75	0.00	0.00
EH-01	1.62	1.43	1.47	1.47
EH-02	0.43	0.18	0.07	0.22
HE-01	5.00	4.70	4.67	4.67
HE-02	1.10	0.48	0.18	-
GE-01	2.30	1.10	0.39	-
EH-03	0.04	0.02	0.01	-
V-01	-1.38	-0.50	-0.52	-