

# AMONIACO SEGURO: COMO SUPERAR SU TOXICIDAD FACILITANDO EL ALMACENAMIENTO, MANEJO Y UTILIZACIÓN DE FORMA COMPLETAMENTE SEGURA.



- 1.- Presentación autores**
- 2.-¿Por qué amoniaco?**
- 3.- El proyecto HIDRAM**
  - Entidades**
  - Descripción**
  - Desarrollo y nuevos alcances**
  - Estado (finalización).**
- 4.- Amoniaco de estado sólido (SAFT: Safe Ammonia Fuel Tech)**
  - Descripción**
  - Certificación**
- 5.- Demostrador de amoniaco de estado sólido**
- 6.- Conclusiones**

## 1.- PRESENTACIÓN AUTORES (1)

### Fundación Centro Tecnológico SOERMAR.

### Centro Tecnológico SOERMAR, S.A.

Creadas hace más de 25 años por 21 Astilleros Privados, Medianos y Pequeños de construcción y reparación.

- Objetivo Principal: Contribuir, mediante actuaciones de I+D+i, a la mejora de la competitividad de las empresas de Construcción Naval, mejorando su nivel tecnológico para favorecer su posicionamiento en los mercados tanto a nivel nacional como internacional.

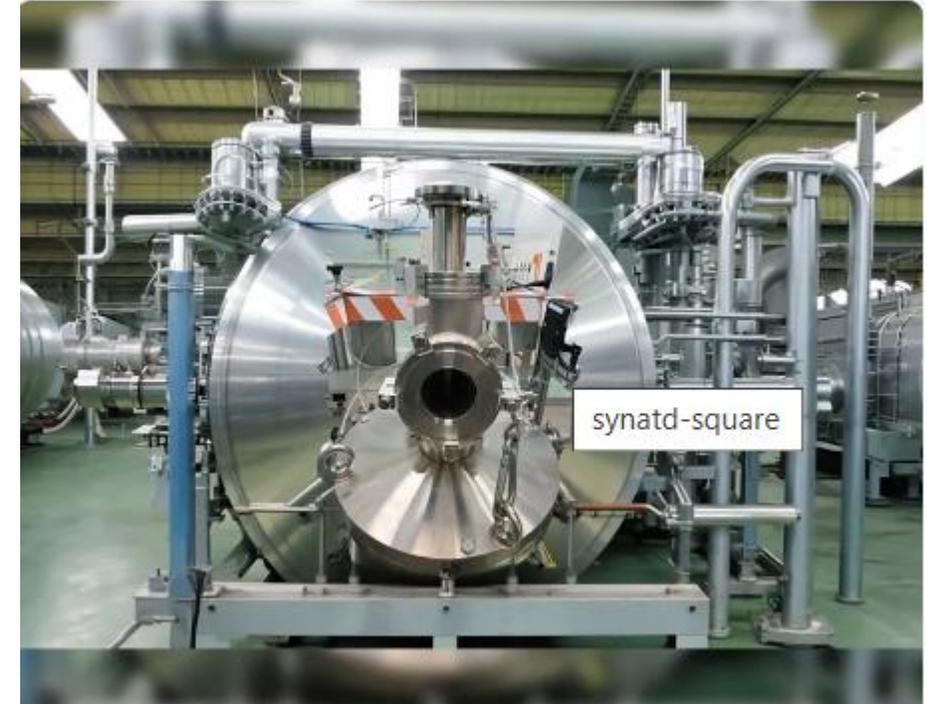


## 1.- PRESENTACIÓN AUTORES (2)

### ADVANCED THERMAL DEVICES S.L. (ATD)

Empresa española fundada en 2013. Comenzó su andadura con el desarrollo de materiales específicos de alta temperatura. Mediante el desarrollo de más de 8 proyectos de I+D nacionales y europeos (uno de ellos como líder) se ha posicionado como líder tecnológico destacado en áreas como:

- Desarrollo de catalizadores avanzados libres de Pt, Ru y otros metales nobles escasos y estratégicos para su uso en electrolizadores, pilas de combustible y, específicamente, síntesis y disociación de amoníaco.
- Desarrollo de plantas de producción de NH<sub>3</sub> renovable a pequeña y mediana escala basadas en catalizadores.
- Disociadores (crackers) de amoníaco para la extracción del H<sub>2</sub>.
- Amoníaco de estado sólido para su almacenamiento, transporte y manejo de forma segura.
- Captura de emisiones de NH<sub>3</sub> en instalaciones agropecuarias

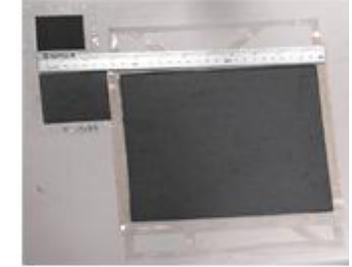


## 1.- PRESENTACIÓN AUTORES (3)

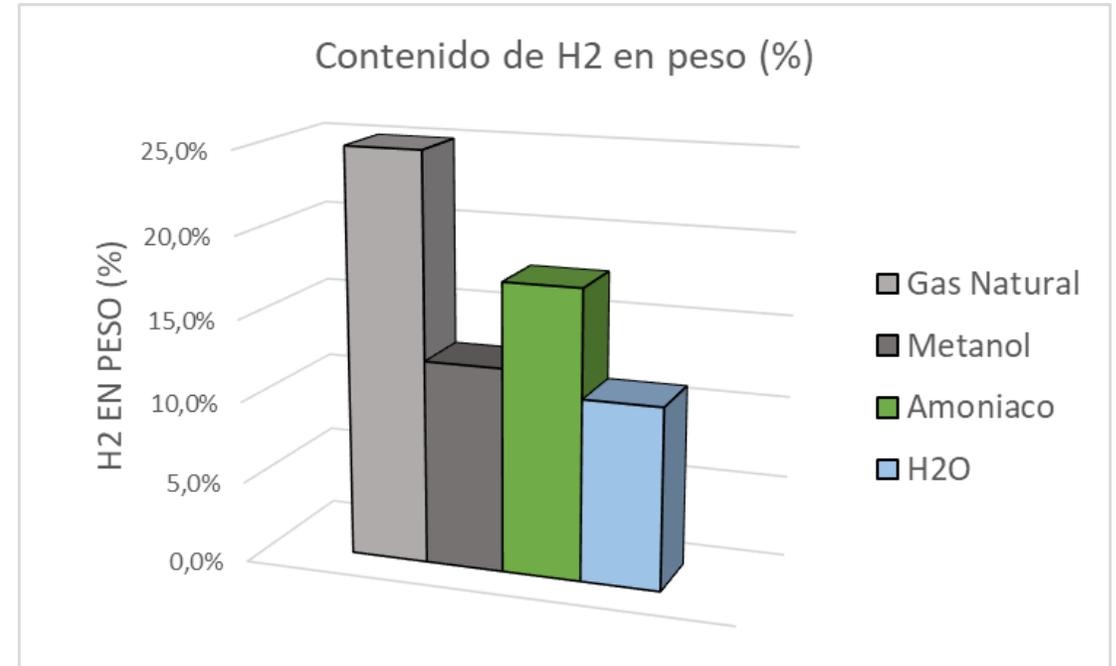
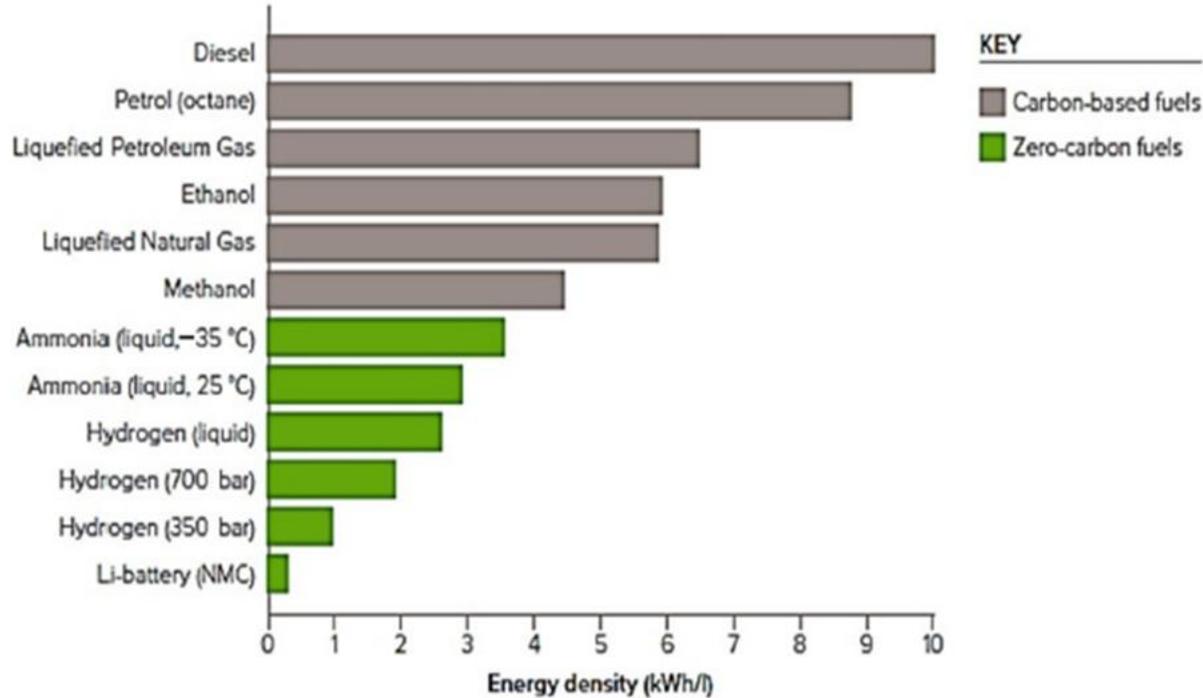
### JALVASUB ENGINEERING S.L. (JALVASUB)

Empresa española fundada en 2017. Desa. Mediante la ejecución de más de 7 proyectos de I+D nacionales (5 civiles y 2 del Ministerio de Defensa) se ha posicionado como líder tecnológico destacado en áreas como:

- Desarrollo y fabricación de capas catalíticas para MEAS PEM, con catalizadores avanzados libres o con reducción máxima de Pt, mediante proceso propietario de deposición catalítica por electrospray, con áreas útiles superiores a los 400 cm<sup>2</sup>.
- Desarrollo, fabricación y montaje de módulos de pilas de combustible PEM, alimentados bien con hidrógeno puro o bien con gases procedentes del reformado de biocombustibles o bien de la disociación del amoníaco.
- Desarrollo. fabricación y suministro de sistemas de pilas de combustible PEM modulares, de potencia entre 1 y 45 kW, para aplicaciones de movilidad eléctrica aérea, terrestre, naval o submarina, que pueden integrar de forma eficiente sus módulos PEM con los disociadores/eliminadores de amoníaco de ATD.
- Desarrollo. fabricación y suministro de grupos contenerizados de generación de energía eléctrica, híbridos con baterías, que integran sus sistemas de pilas de combustible PEM, aptos para movilidad pesada como grúas RTG portuarias.



## 2.- ¿POR QUÉ AMONIACO?



El **amoniaco** es el **combustible más denso en energía libre de CO2**.  
 Mayor contenido **de H2 que el Metanol**.  
**Aspecto negativo: TOXICIDAD !**



## 2.- PROYECTO HIDRAM. ENTIDADES (1)



### ASTILLEROS



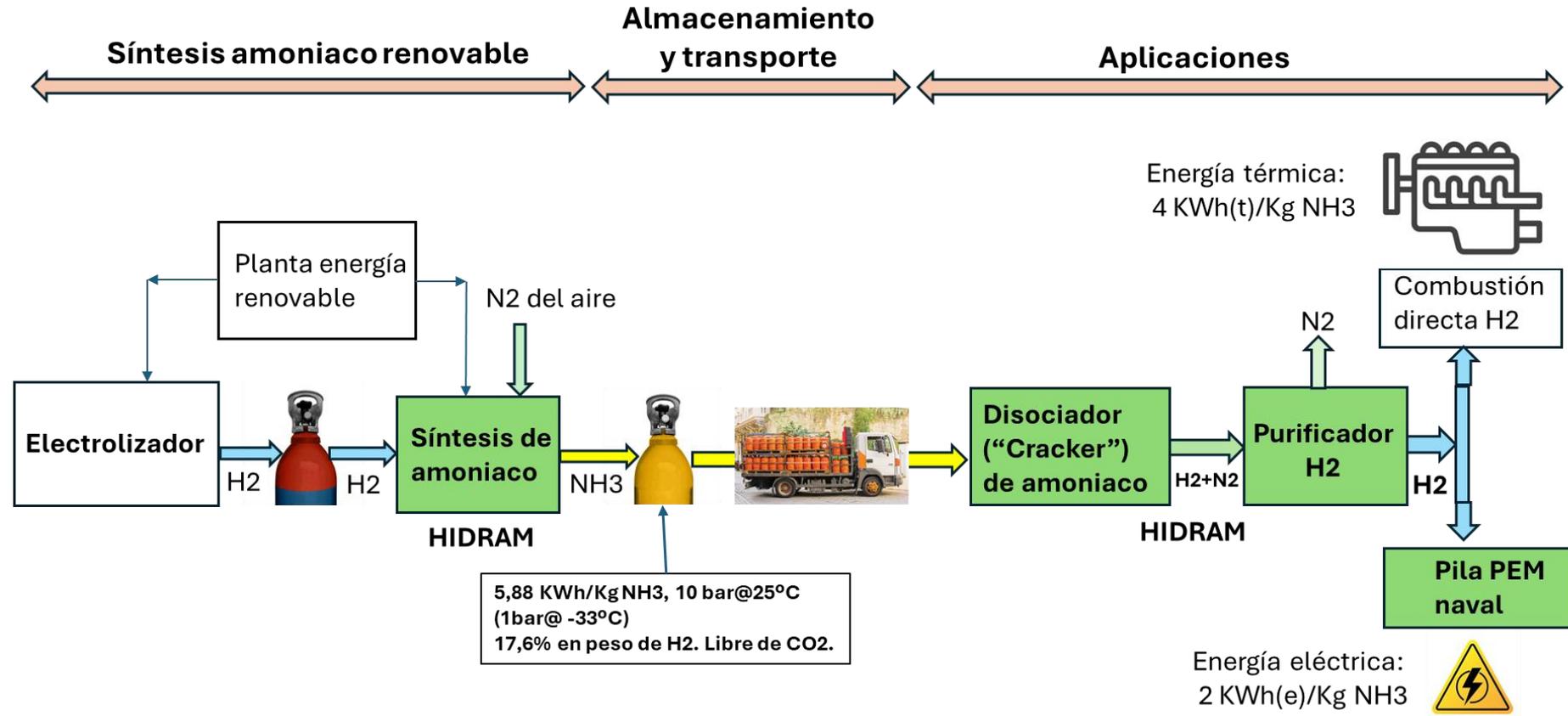
### CENTRO TECNOLÓGICO DE REFERENCIA



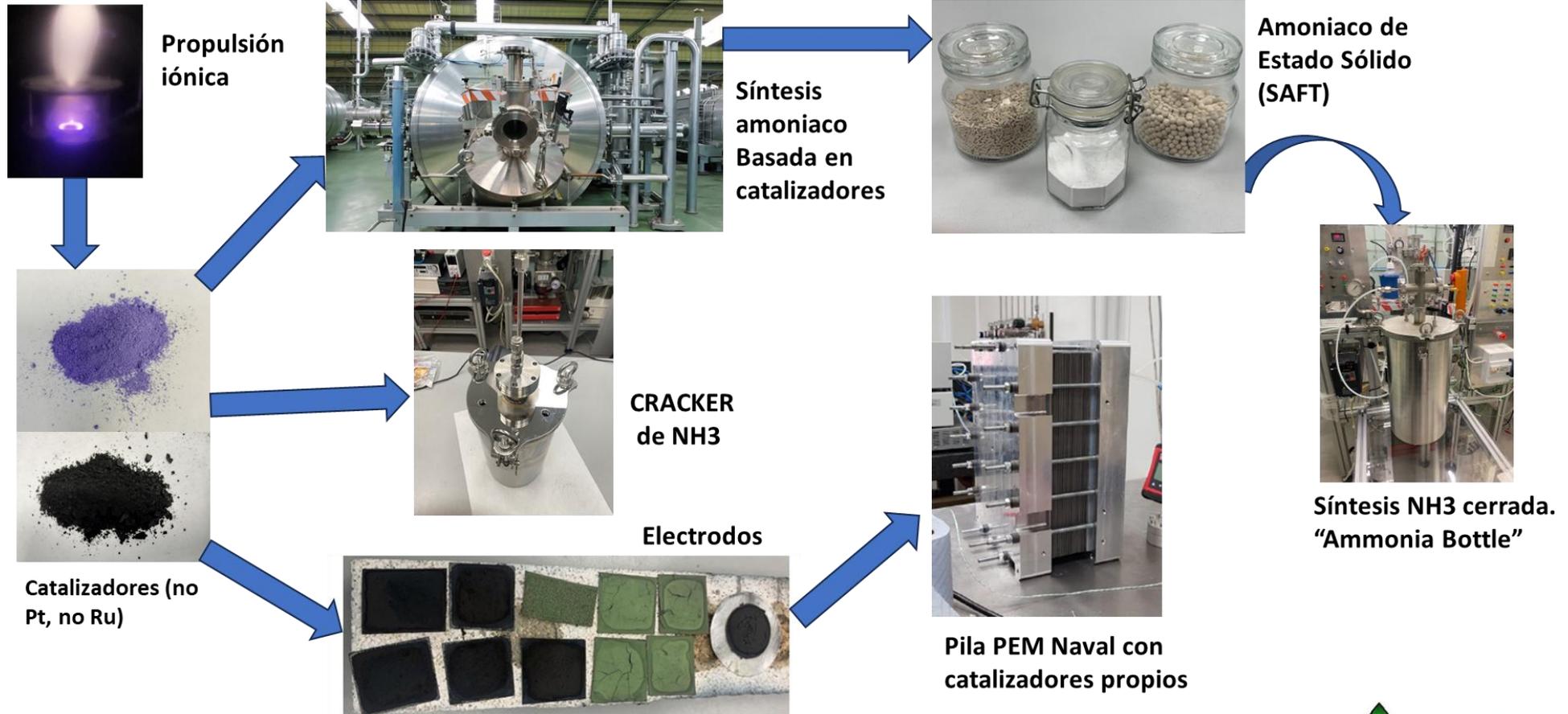
### TECNOLOGOS



### 3.- PROYECTO HIDRAM. DESCRIPCIÓN



### 3.- PROYECTO HIDRAM. DESARROLLO Y NUEVOS ALCANCES



### 3.- PROYECTO HIDRAM. ESTADO (Finalización abril-2025)

#### SINTESIS DE NH3 RENOVABLE

- Plantas de producción de pequeño tamaño => bajas barreras de entrada en inversión y posibilidad de producción distribuida, cercana a la generación renovable de H2.
- Catalizador propio C12A7:e SIN RUTENIO (Ru). No dependencia de materiales estratégicos, escasos y caros (CoMoN patentado).
- OBJETIVO DE HIDRAM: Demostrador produciendo 1 kg/h de NH3 con menos de 14 kWh/kg (H2 incluido).

#### DISOCIADOR DE NH3

- Catalizador propio C12A7:e SIN RUTENIO (Ru): no dependencia de materiales estratégicos, escasos y caros (CoMoNHx patentado).
- Disociación desde el 20% al 99,95% de NH3 en la entrada.
- OBJETIVO DE HIDRAM: Flujo de 1 Nm3/h de H2 (3 kWh/h en términos de energía del H2 con un consumo inferior al 30% del contenido del NH3 procesado).

#### ELIMINADOR DE NH3 EN EL FLUJO DE H2

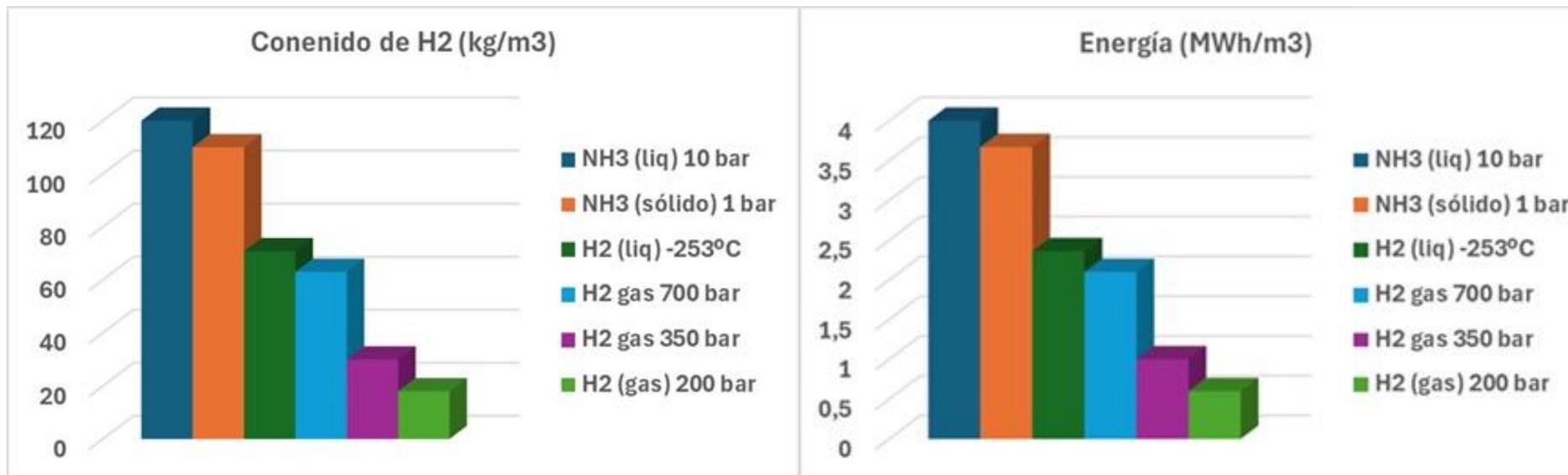
- Menos de 1 ppm de NH3 en el flujo de H2 para larga duración de las pilas PEM.
- Control del N2 en el flujo de H2.
- Sistema con auto mantenimiento: Más de 9.000 h libre de actuaciones.

#### PILA PEM NAVAL

- 1 kW con un rendimiento conjunto con el disociador y eliminador superior al 30%.
- Totalmente adaptada al entorno naval.
- Catalizadores de fabricación propia basados en Pt.
- Nuevos sistemas de placas bipolares con estampado de canales ultrafinas.

## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Descripción (1)

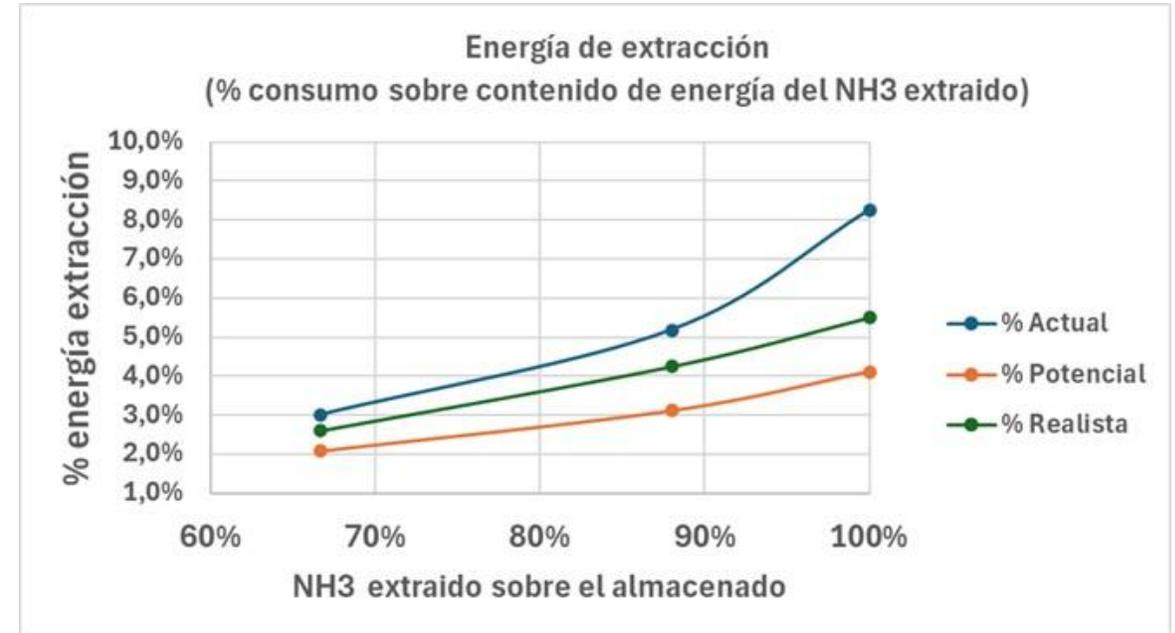
Derivado de la necesidad de llevar NH<sub>3</sub> a la feria Navalia-24 (Vigo, mayo 2024) se extrajeron parte de los componentes utilizados en el reactor de síntesis para separar el NH<sub>3</sub> producido. El resultado ha sido un sistema de almacenamiento de **NH<sub>3</sub> en estado sólido estable a presión atmosférica y hasta 60°C, con una capacidad del 100% respecto al material base (50% del peso total del material cargado es amoniaco puro, equivalente a un 9% de H<sub>2</sub> en peso).**



## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Descripción (2)

Material cargado: 1,25 kg/L ó 1250 kg/m<sup>3</sup>

- **NH<sub>3</sub> sólido: 3,67 MWh/m<sup>3</sup>** en términos de H<sub>2</sub>, **110 kg de H<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> (8,8% en peso de H<sub>2</sub>).**
- **NH<sub>3</sub> líquido (densidad 0,68 kg/L): 4 MWh/m<sup>3</sup>, 120 kg H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.**
- **H<sub>2</sub> líquido (-253°C): 2,36 MWh, 70,8 kg de H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (sistemas criogénicos).**
- **H<sub>2</sub> a 700 bar: 2,1 MWh, 63 kg de H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (No permitido en buques)**
- **H<sub>2</sub> a 350 bar: 1 MWh, 30 kg de H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (Máxima presión de H<sub>2</sub> embarcado por regulación).**
- **H<sub>2</sub> a 200 bar: 0,6 MWh, 18 kg de H<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>**

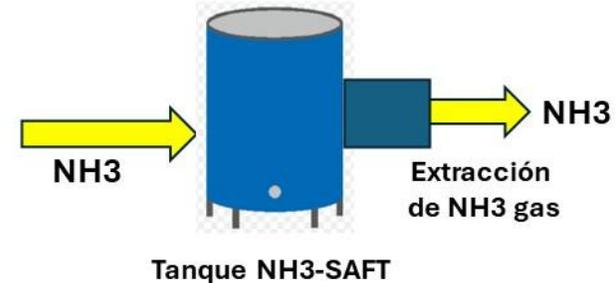


## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Descripción (3)

### MODOS DE CARGA DE AMONIACO DE ESTADO SÓLIDO EN DEPOSITOS EN PUERTO



Modo de carga DIRECTA DE MATERIAL DE ESTADO SÓLIDO cargado en una estación de carga en instalaciones independientes



Modo de carga DIRECTA NH3 del MATERIAL DE ESTADO SÓLIDO contenido en el depósito

## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Certificación (1)

**Iniciado el proceso de certificación y clasificación del material, dispositivos y formas de uso en el sector marítimo**, con tres grandes sociedades clasificadoras (L. Register, Bureau Veritas y DNV) organizando el trabajo en los siguientes grupos:

- **Seguridad del material.** Seguridad para su uso, transporte y almacenamiento y medio ambiente.
  - **Resultado:** Ficha de Seguridad certificada (**SDS**)
- **Aspectos cuantitativos.** Capacidad de carga/descarga, energía de extracción y número de ciclos con el mismo material.
  - **Resultado:** Parámetros cuantitativos de almacenamiento y energía de extracción (**PS**)
- **Aplicaciones específicas** en el sector marítimo. Integración de los dispositivos y procesos en puerto, buques e instalaciones fijas para garantizar el cumplimiento de la normativa marítima.
  - **Resultado:** Certificación de sistemas en tierra, embarcados y procedimientos (**SAS, SAC y SAP**).
- **Calidad y seguridad de fabricación** Calidad y seguridad en procesos de fabricación.
  - **Resultado:** Certificado de calidad de fabricación.

## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Certificación (2)

**Primer grupo de certificación” la seguridad en el manejo, transporte y almacenamiento del amoniaco de estado sólido: SDS (SAFETY DATA SHEET)**

- **Material no tóxico, compatible con medio ambiente marino, inerte** (no reactivo).
- **No emite amoniaco en ningún caso** (cantidades inferiores a **2 ppm a 1 cm** de distancia, **MENORES QUE EL ALIENTO HUMANO** (que suele estar entre 2 y 9 ppm), para **temperaturas inferiores a 60°C** y presión atmosférica. El material precargado no emite amoniaco hasta temperaturas de 180°C.
- **Resistente a la llama directa. No inflamable** (y mucho menos explosivo) a temperaturas < 650°C.
- **Muy poco soluble en agua.** Liberación extremadamente lenta de NH<sub>3</sub> al ser insoluble. Certificación del pH en del agua en caso de vertido tanto en agua en un contenedor(sin renovación) como en agua en circulación o en grandes volúmenes de agua
- Es posible obtener **formas específicas**, en lugar de polvo fino (forma original). La más adecuada es en **pellets** cilíndricos (2/4 a 10/20 mm) o circulares (4 a 8 mm) por ser más seguro el manejo y tener capacidad de “bombeo”. Los tamaños anteriores son indicativos. Se puede moldear de otras formas.

## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Certificación (3)

### Segundo grupo de certificación: aspectos cuantitativos. PS (Performance Sheet)

- **Capacidad de almacenamiento vs. energía de extracción.** Modos de funcionamiento:
  - **Optimizado en energía:** hasta 67% de almacenamiento en peso con menos de 3% de consumo de energía de extracción (% de la energía contenida en el amoniaco almacenado)
  - **Optimización de almacenamiento:** hasta el 100% del almacenamiento en peso con 8.5% de consumo de energía de extracción.
- **Cargas y descargas continuadas.** Máximo **número de ciclos** cargas y descargas sin pérdida del 10% de la capacidad inicial, estimados entre 40 y 50. Importante: el material se recicla totalmente en cualquier momento.
- **Pérdidas en tiempos de almacenamiento** de 3 meses, 6 meses y un año (estimada en **menos del 0,2% para un año**).

## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Certificación (4)

**Tercer grupo de certificación: Integración en puertos y buques.**

**Se divide en tres subsistemas:**

- **3.1.- Tanques multiservicio en puertos y buques**, de amoniaco de estado sólido. Adaptación y cumplimiento de la normativa. Ingeniería conceptual y de detalle para la integración de los diferentes elementos. Procedimientos: carga/descarga, utilización directa de pellets vs. intercambio de amoniaco gas.

**Resultado: Safety Ammonia storage and charging procedures. SAS Certification. (Buques y puertos).**

- **3.2.- Disociador (“cracker”) de amoniaco**, para la extracción de H<sub>2</sub>. Dispositivos, ingeniería de integración y procedimientos.

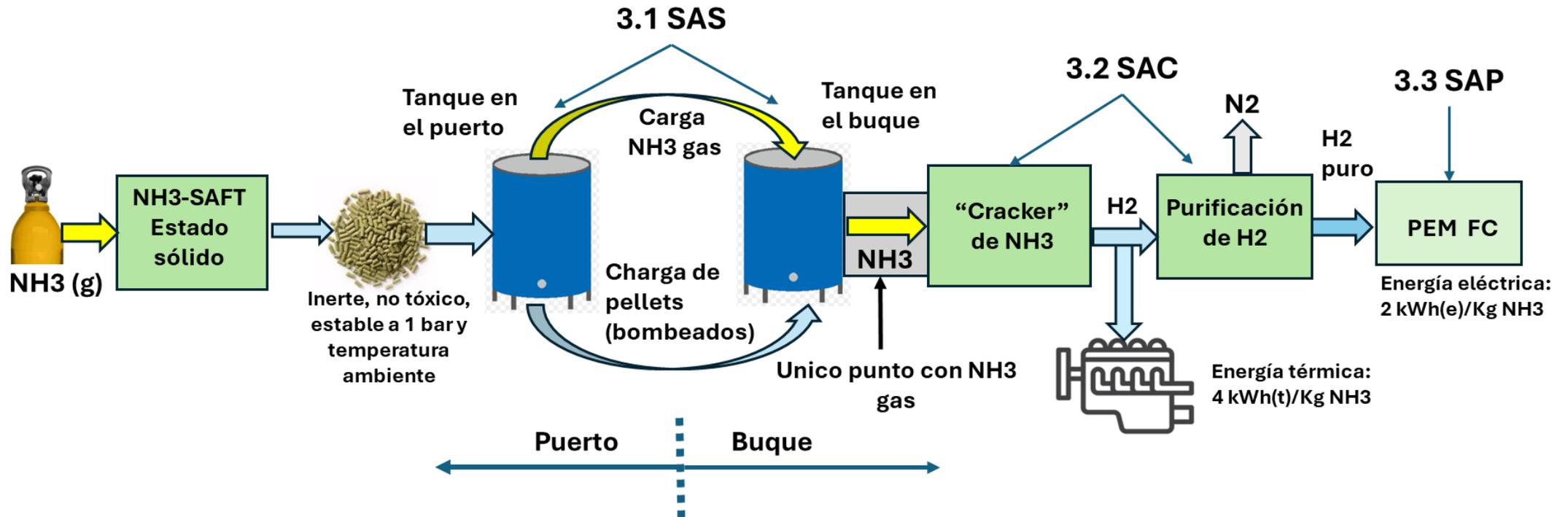
**Resultado: Safety Ammonia cracking. SAC certification. (Buques)**

- **3.3.- Sistemas de Energía:** Pila de combustible PEM Naval de H<sub>2</sub>. (JALVASUB). Ingeniería de integración y procedimientos.

**Resultado: Safety Ammonia power systems. SAP certification. (Buques).**

## 4.- AMONIACO DE ESTADO SOLIDO (SAFT). Certificación (5)

**OPERATIVA MUY FLEXIBLE:** Se puede sustituir el material de estado sólido o cargar directamente desde otro sistema de estado sólido (en formato gas): Puerto a buque, buque a buque, Centro logístico a vehículo, vehículo a vehículo



## 5.- DEMOSTRADOR. PROPÓSITO

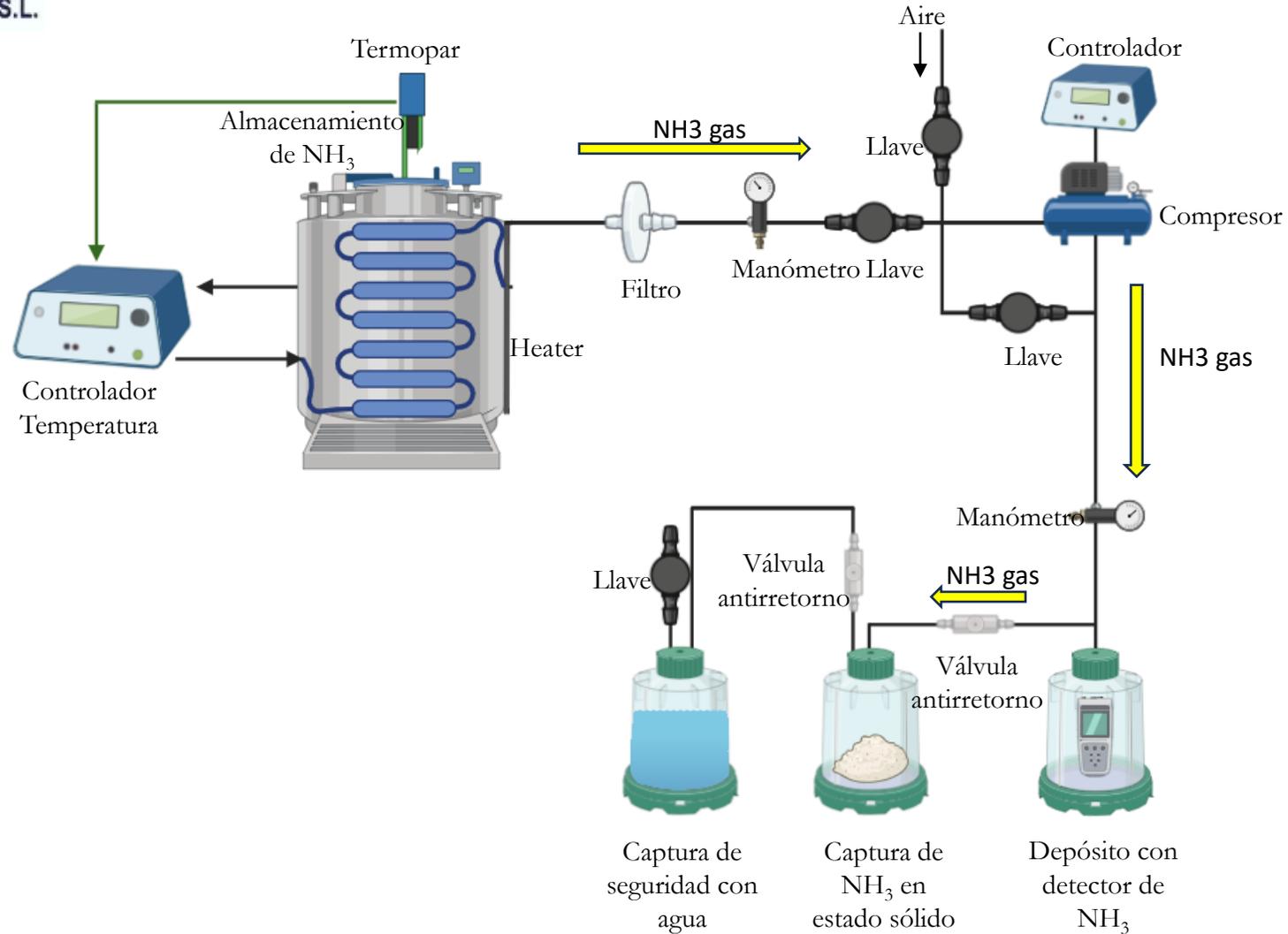
Demostrar la **SEGURIDAD** en el manejo, transporte y almacenamiento del amoníaco en estado sólido (SAFT Solid Ammonia Fuel Tech).

- No detección (menos de 1 ppm) de amoníaco con material al aire frente al aliento humano que contiene entre 3 y 9 ppm.
- Almacenamiento indefinido sin pérdidas del amoníaco (muestra cargada en mayo de 2024) mantenida al aire desde entonces.
- Carga/descarga desde depósito con material de estado sólido a otro depósito de material de estado sólido con toda seguridad y eficiencia

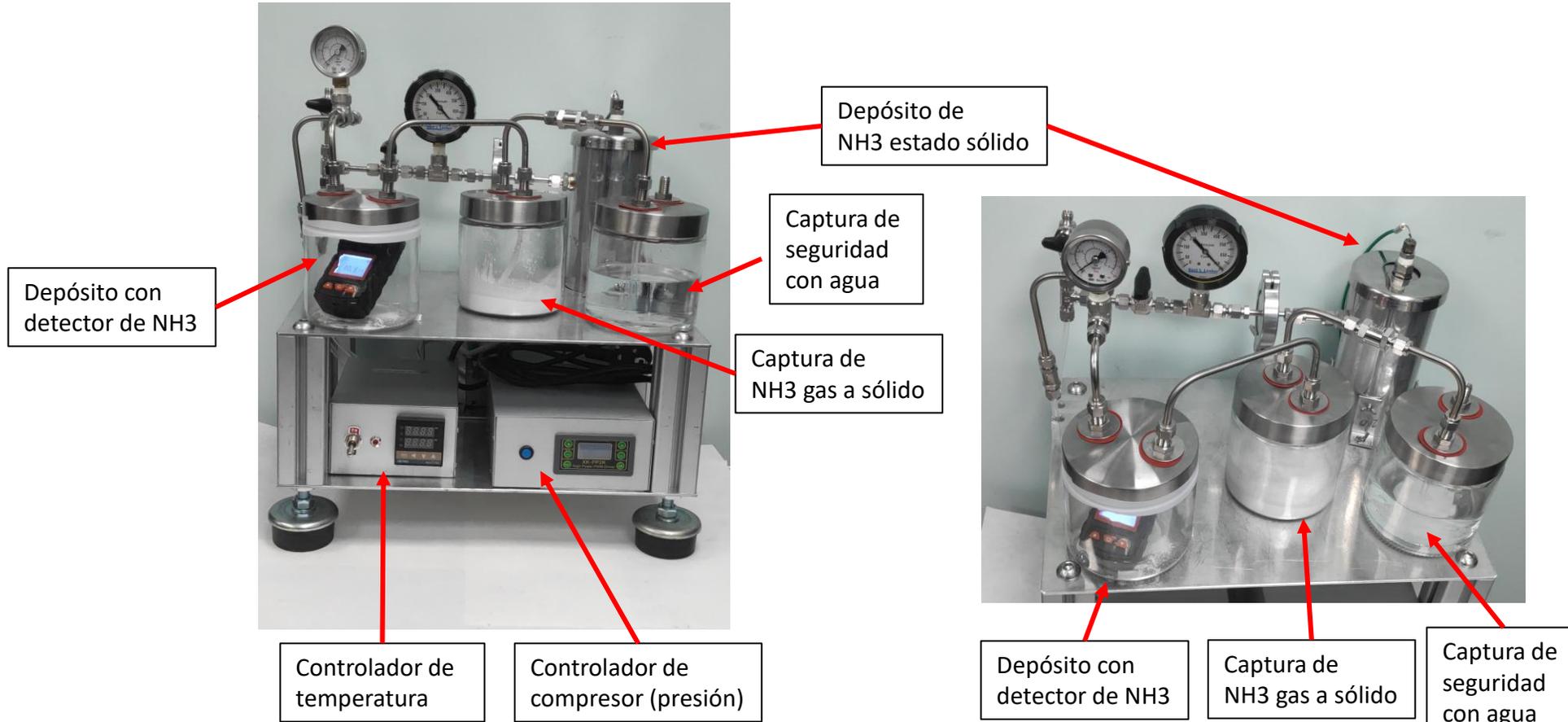
Demostrar el procedimiento de extracción y posterior almacenamiento del amoníaco en estado sólido.

**TECNOLOGÍA 100% ESPAÑOLA, SIN DEPENDENCIAS DE TERCEROS** tanto en procedimientos, patentes y materiales. Cadena de suministro **100% europea.**

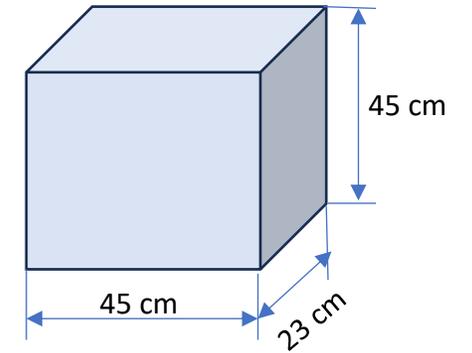
## 5.- ESQUEMA DEL DEMOSTRADOR



## 5.- DETALLE DEL DEMOSTRADOR



Tamaño del demostrador  
 Peso: 14 kg



## 5.- DEMOSTRACIÓN

- Extracción de amoníaco **mediante presión y temperatura** de forma independiente y combinada. Impacto en la energía de extracción: **menos del 3% de la energía contenida en el amoníaco procesado con la combinación P-T en cada caso.**
- **Seguridad** del sistema y no existencia de amoníaco en el circuito. **AMONIACO SOLO ENTRE EL DEPÓSITO Y LA ENTRADA DEL DISOCIADOR (“Cracker”).** Supone un punto totalmente acotado y monitorizado.
- Si se detiene el procedimiento de extracción, desaparece la presencia de amoníaco en el circuito y lo que hay es **recapturado** por el circuito de seguridad.

## 6.- CONCLUSIONES

- Se ha superado el **problema de la toxicidad** del amoniaco mediante un formato estable, de estado sólido, con bajo impacto en el balance energético (energía de extracción), siendo **SEGURO Y COMPATIBLE CON MEDIO AMBIENTE**.
- Se espera completar el proceso de **CERTIFICACIONES** como **PRODUCTO SEGURO** en los próximos meses.
- Su desarrollo ha influido en la concepción de **nuevos sistemas de síntesis de amoniaco a baja escala**, muy competitivos encoste e igualmente, con operaciones seguras: síntesis cerrada o “Ammonia Bottle”.

**MUCHAS GRACIAS**