

Applus+ Laboratories es la división del Grupo Applus+ que proporciona ensayos y certificación. Juntos trabajamos para mejorar la competitividad de los productos de nuestros clientes y fomentar la innovación.

Nuestra sede central se encuentra en Cerdanyola y nuestra red de laboratorios multidisciplinares ofrece servicios de alto valor añadido a una variedad de industrias a nivel global.

Gracias a nuestras instalaciones, experiencia y capacidades, colaboramos con empresas tecnológicas de renombre, ejerciendo un papel clave en los avances del sector aeroespacial, automoción, ciberseguridad, eléctrico y electrónico, dispositivos médicos, y en las industrias de energías renovables, construcción y ferroviaria.

Situación Actual:

En el actual contexto de emergencia climática y transición energética, el hidrógeno verde se posiciona como un vector energético clave para descarbonizar sectores difíciles de electrificar, como el transporte pesado y, en especial, el sector aeronáutico. Su capacidad para almacenar grandes cantidades de energía sin emisiones de CO₂ lo convierte en una alternativa estratégica a los combustibles fósiles.

Pero para que sea eficientemente utilizable en aviación, el hidrógeno debe almacenarse en estado líquido, lo que implica mantenerlo a temperaturas extremadamente bajas (alrededor de 20 grados kelvin). Esta condición criogénica supone desafíos técnicos relevantes, no solo en eficiencia térmica, sino también en el diseño estructural: los materiales que lo contengan deben resistir condiciones mecánicas exigentes sin añadir peso innecesario a la aeronave.

A escala internacional, tanto los organismos reguladores como los grandes fabricantes están invirtiendo recursos en desarrollar nuevas tecnologías y normativas que hagan viable el uso de hidrógeno líquido en aeronáutica, con una clara apuesta por la innovación en materiales y sistemas de contención criogénica.



Problema No Resuelto:

Como se indica en el contexto global, uno de los principales retos del sector es encontrar materiales ligeros pero mecánicamente robustos para operar a temperaturas criogénicas. Los estrictos requisitos de seguridad en aeronáutica exigen exhaustivas campañas de ensayo para la certificación de nuevos materiales, las cuales deben llevarse a cabo a la temperatura de servicio, en este caso criogénica.

En esta línea, Applus+ Laboratories está desarrollando un criostato innovador para ensayos de materiales a estas temperaturas. A diferencia de otras soluciones (Zhang et al, 2017, I. Aviles *et al.* 2015)¹, Applus+ Laboratories se propone incrementar la productividad de este tipo de equipamiento para que los plazos y los costes sean competitivos dentro de un programa de desarrollo aeronáutico.

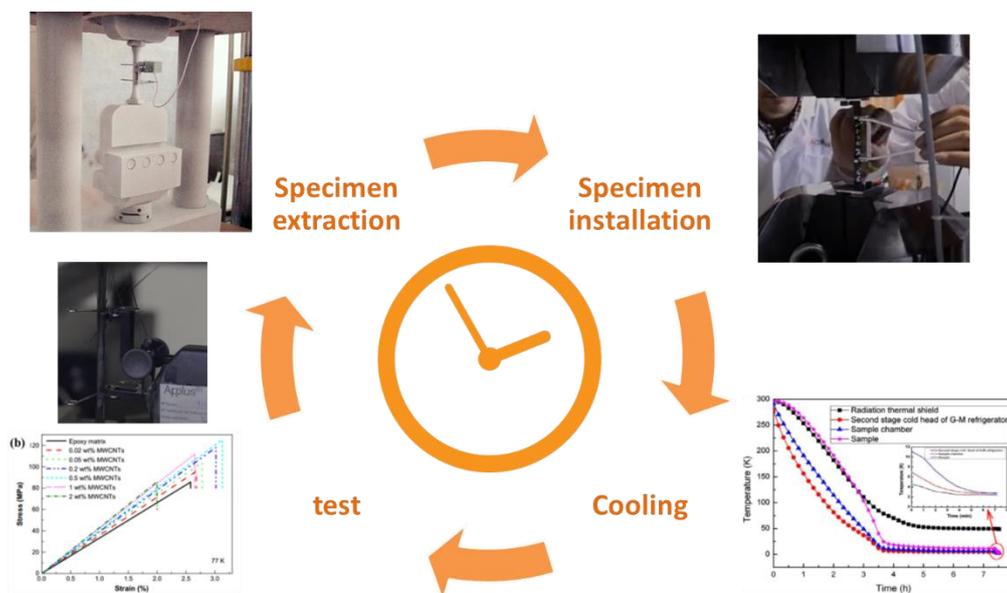


Figura 1 Ciclo de ensayo del material: extracción de una muestra, instalación al sistema de ensayo, enfriamiento a temperaturas criogénicas, ensayo.

El factor que más alarga el tiempo de ensayo es tanto el enfriamiento del aparato experimental y de las probetas como el cambio de probeta (Figura 2).

¹ aquests articles exposen diverses solucions que presenten inconvenients importants: o bé el refredament és molt lent (Zhang et al, 2017), o el temps necessari per canviar la proveta després de l'assaig és elevat, i moltes d'elles requereixen heli líquid (I. Aviles et al. 2015, figura 2), que resulta costós i difícil d'obtenir.



Figura 2 Ensayo a baja temperatura en el que se enfría tanto la probeta como otros componentes del sistema, lo que incrementa significativamente el tiempo de enfriamiento. Imagen tomada dentro de la cámara de ensayo.

Applus+ Laboratories ha desarrollado con éxito un sistema que **solo enfría la parte central de la probeta**, mientras que el resto del montaje permanece a temperatura ambiente.

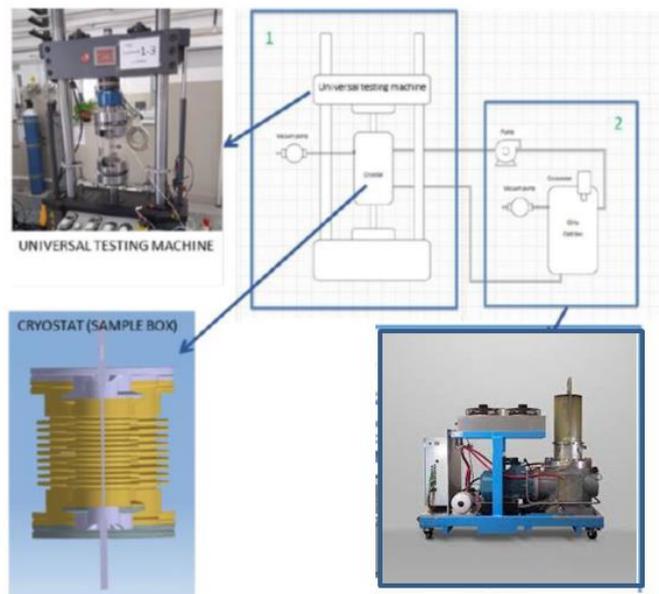


Figura 3 Propuesta de Applus+ Laboratories para reducir el tiempo de ensayo. Se muestran: (1) la máquina de ensayo, (2) el equipo de recirculación de gas criogénico a alta presión (coolbox) y (3) el receptáculo de gas criogénico a alta presión alrededor de la zona central de la probeta (sample box).

El enfriamiento se logra haciendo circular un gas criogénico a alta presión alrededor de la zona central de la probeta; el flujo turbulento sobre esta área aporta una alta capacidad frigorífica.

Esta aproximación tiene el potencial de reducir el tiempo de ensayo entre 4 y 5 veces, haciendo viable la certificación industrial de materiales a temperatura criogénica.



Reto Propuesto:

El reto se centra en la contención del gas criogénico a alta presión, en lugar de utilizar métodos habituales como el enfriamiento por contacto con una fuente fría o fluidos criogénicos, los cuales pueden ser peligrosos (hidrógeno líquido) o muy costosos (helio líquido).

Para realizar un ensayo mecánico es necesario aplicar una fuerza sobre la probeta, generando un desplazamiento de aproximadamente 0,5 mm. Por ello, el contenedor del gas en la parte central de la probeta debe permitir este grado de libertad sin fugas de gas.

El ensayo finaliza cuando la probeta falla mecánicamente, con desplazamientos que pueden llegar hasta los 5 mm.

El desafío técnico radica en diseñar una solución que minimice las pérdidas térmicas en las tapas superior e inferior del criostato, que contiene helio gaseoso a 20 K y 20 bares, permitiendo al mismo tiempo el paso y desplazamiento vertical de la probeta de ensayo (hasta 0,5 mm durante la prueba y hasta 5 mm tras la rotura)².

¿Qué buscamos?:

Soluciones que seleccionen los materiales adecuados para diseñar un sistema que garantice las condiciones dentro de la cámara (20 K y 20 bares) y permitan el desplazamiento de la probeta bajo carga. Es fundamental lograr este movimiento manteniendo la presión y la temperatura estables, y asegurar la durabilidad del mecanismo bajo ciclos repetidos de carga.

Buscamos propuestas que incluyan también un método para evaluar el daño en el mecanismo mediante la medición de la estructura interna antes y después del ensayo utilizando luz de sincrotrón.

² Como inspiración, consultar la idea propuesta en el artículo de J. Ahn et al. (2011)



Referencias:

- H C Zhang *et al* (2017). *Liquid helium free cryogenic mechanical property test system with optical windows*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. **278**. 012083. DOI: 10.1088/1757-899X/278/1/012083
- I. Aviles *et al.* (2015). *Design and fabrication of a cryostat for low temperature mechanical testing for the Mechanical and Materials Engineering group at CERN*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. **102**. 012007. DOI: 10.1088/1757-899X/102/1/012007.
- J. Ahn *et al.* (2011). Investigation of the mechanical behavior of a flexible solid metal seal for a cryogenic butterfly valve. *Journal of Mechanical Science and Technology*. **25**. 2393-2400. DOI: 10.1007/s12206-011-0534-5.