

# Sistemas de monitorizado continuo para el almacenaje, distribución y empleo seguros del hidrógeno como energía para el transporte

Malini Vieyra  
TWI (UK)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8154>

TWI forma parte de un consorcio que ha llevado a cabo un proyecto de colaboración desarrollando con éxito una técnica de monitorizado para mejorar la seguridad de los tanques de almacenaje del hidrógeno como combustible.

Este proyecto, *SafeHPower*, financiado por la UE, ha cubierto la necesidad de desarrollar con éxito dos prototipos para tanques de almacenaje seguro de hidrógeno como combustible, basados en la tecnología de emisión acústica (AE) [1]. Los prototipos fueron diseñados para monitorizar continuamente los tanques durante las fases de almacenaje, distribución y empleo, en la actividad de transporte de hidrógeno, asegurando que cualquier defecto que pudiera ocasionar eventuales fugas, era detectado a tiempo para evitar fallos catastróficos.

El proyecto incluía también el desarrollo de un sistema de radiografía por neutrones para obtener imágenes de los tanques en todos los puntos de la cadena de suministro de hidrógeno. Sin embargo el prototipo no consiguió proporcionar imágenes de las fugas con una corriente de neutrones generados por un aparato portátil de deuterio-tritio y un sistema de imagen digital en tiempo real, por lo que fue excluido del estudio.

## HIDRÓGENO: UN COMBUSTIBLE DE FUTURO

El hidrógeno es una alternativa prometedora a los combustibles fósiles, cuyas ventajas son su abundancia, eficiencia, baja huella de carbono y ausencia de otras emisiones contaminantes. Sin embargo, tiene problemas de seguridad para su uso, especialmente si se almacena a las elevadas presiones exigidas para hacerlo económicamente viable. Estas altas presiones significan un riesgo durante su almacenaje o transporte.

Este gas puede pasar fácilmente a través de los intersticios entre los átomos

de muchos materiales estructurales. En los metales, esto causa su degradación por un proceso denominado *fragilización* por hidrógeno. Los tanques experimentan también ciclos de carga continuos desde la presión del ambiente a la de almacenaje, lo que fatiga el material del mismo. Adicionalmente, puede también haber tensiones residuales de fabricación y esta combinación de sollicitaciones tiende a iniciar el desarrollo de grietas de fatiga. La combinación de grietas de fatiga y la fragilización por hidrógeno llega a ser significativa con el tiempo, originando un acelerado crecimiento de esas grietas. En tiempos pasados se han producido varios accidentes y daños importantes por defectos no detectados.

Los tanques de almacenaje hechos de materiales compuestos (*composites*) revestidos internamente con polímero (Tipo IV) o metales como acero o aluminio (Tipo III) se emplean generalmente en los vehículos, mientras que los tanques para almacenaje estacionario y transporte están fabricados comúnmente de acero (Tipo II)

## ACTIVIDADES DEL PROYECTO SafeHPower

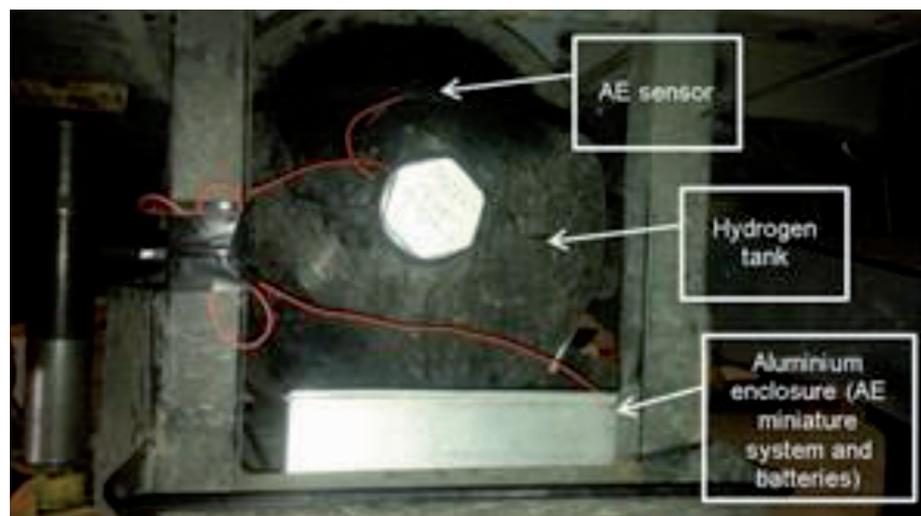
### 1 - Sistema de sensores AE miniatura para monitorizado continuo en tanques de compuesto (Tipo IV)

El proyecto *SafeHPower* ha desarrollado un sensor prototipo miniatura para el monitorizado y detección continua de

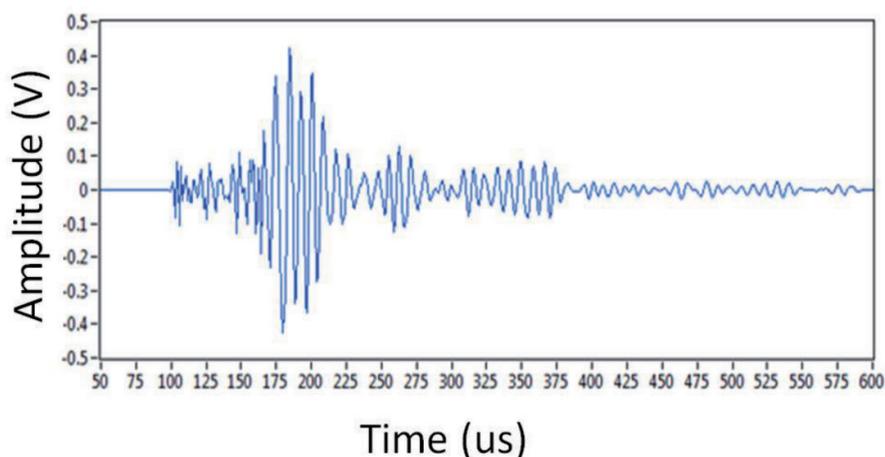
grietas de fatiga en este tipo de depósitos de combustible para vehículos. El equipo consiste en sensor AE, caja de control y software incorporado. El sistema ha sido diseñado y desarrollado de varios tipos para posibilitar su instalación en un vehículo, de forma que:

- Toda su necesidad energética pueda ser aportada por la batería del vehículo.
- La caja de control pueda actuar como *caja de Faraday* que aporte protección contra interferencias electromagnéticas producidas por componentes electrónicos externos, así como que sea resistente al agua y al polvo.
- Que el software embebido pueda monitorizar permanentemente todos los eventos del sensor AE y tome decisiones de SI/NO para activar el aviso en el panel de mandos del vehículo.

Se han llevado a cabo con éxito ensayos de laboratorio y de campo en depósitos de compuesto (Tipos IV y III) respectivamente. Durante las pruebas de campo, el sensor AE prototipo experimentó condiciones representativas de operación real en términos de temperatura y exposición al agua, polvo, humedad y vibraciones. Los resultados de estas pruebas mostraron que los ciclos de llenado del depósito generaban poca actividad en el sensor (porque el



Sistema de sensor AE instalado en el depósito bajo el vehículo



Señal típica de detección del sensor AE miniatura



Uno de los seis sensores AE en un gran depósito de almacenaje

depósito del vehículo no tenía defectos), comparado con los ensayos de laboratorio que mostraban significativa mayor actividad (porque en estos depósitos de habían incorporado manualmente grietas).

## 2 – Sistema de conjunto de sensores AE para monitorizar grandes tanques de acero (Tipo I)

El Proyecto también ha desarrollado un sistema general de sensores AE para el monitorizado permanente de grandes tanques de almacenaje y, en especial, para detectar la posición de cualquier defecto con alta precisión. Comprende un conjunto de tres o más sensores, una plataforma PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) para dar apoyo al equipo de ensayo electrónico, de los sistemas automáticos y de los instrumentos modulares, y el *software* avanzado para procesado de las señales. El sistema es capaz de aportar una detección temprana de grietas de fatiga y daños por

el hidrógeno antes de que se conviertan en críticos.

La clave del sistema es la informática citada para procesado de las señales de los sensores AE, capaz de trabajar con un gran volumen de datos procedentes de ellos y sobre largos períodos con carga. Esta herramienta de procesado cubre diferentes aspectos del problema. El *software* desarrollado opera por etapas, realizando la incorporación de los datos, su normalización, el análisis, la valoración y la triangulación. Un interface gráfico de usuario permite al operador introducir varios parámetros, apreciar la señal de los diferentes sensores AE y localizar los defectos con gran precisión.

La validación en ensayos de laboratorio con agua, en lugar de hidrógeno, almacenada a presión de 220 bares en un tanque que tenía un defecto, mostró que el sistema desarrollado de sensores AE era capaz de detectar sucesos producidos por

grietas de 50x2x1 mm y 50x5x0,5 mm. El método de triangulación incorporado al *software* localizó la fuga con precisión.

Las pruebas de campo fueron realizadas instalando un conjunto de seis sensores durante un mes en un gran tanque estacionario de 50m<sup>3</sup> de capacidad. Los resultados obtenidos en el ensayo fueron comparables con los del laboratorio realizados en una muestra con pérdidas.

## TRABAJOS FUTUROS

Los prototipo de sensores AE son robustos, con una disponibilidad tecnológica de nivel cinco a seis (se ha llegado hasta la demostración práctica). Sin embargo están proyectadas varias mejoras y complementos que incluyen la comunicación entre los sensores AE y el sistema de control de los vehículos para aportar información cuando el depósito es presurizado. Eso haría el sistema más fiable y evitaría falsas alarmas originadas por los sensores diferentes de las originadas por la iniciación o la propagación de grietas. Las causas de esos falsos positivos incluyen vibraciones en los depósitos por impacto con otros componentes o con las gotas de lluvia que pueden generar señales parecidas al agrietamiento. Estos complementos podrían también facilitar información sobre el comienzo y final del llenado del depósito durante la carga, mostrando los resultados de monitorización durante el aumento de presión con un incremento normalizado.

El consorcio opina que tras un año más de pruebas de campo, los productos con sensores AE estarán listos para su comercialización en 2017. Las numerosas pruebas también aportarán datos que permitirán la identificación de modelos exactos de depósitos defectuosos y no defectuosos, lo que facilitará un ajuste del *software* que inicia el proceso de alarma con alto grado de precisión.

## NOTA DEL TRADUCTOR

[1] Cuando se aplica una sollicitación a materiales estructurales se originan deformaciones y, eventualmente, defectos que producen emisiones de ondas elásticas que se mueven hacia las superficies y pueden ser detectados por sensores. Los sensores son transductores piezoeléctricos que transforman las ondas captadas en eléctricas, de manera similar a los sismógrafos. Con una amplificación posterior es posible valorar la magnitud de la señal original y su ubicación.