

RESISTENCIA A LA RADIACIÓN DE INCLINÓMETROS ELECTROLÍTICOS

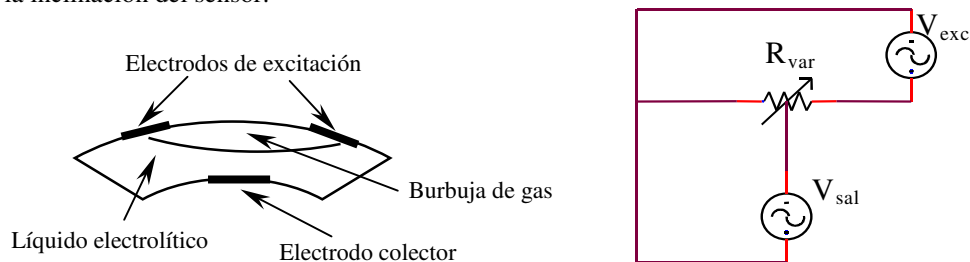
J. M. Luque¹, P. Arce¹, J. M. Barcala¹, A. Ferrando¹, M. I. Josa¹, A. Molinero¹, J. Navarrete¹ y J. C. Oller¹, A. Calderón², E. Calvo², C. F. Figueroa², C. Martínez-Rivero², F. Matorrás², T. Rodrigo², I. Vila² y A. L. Virto²

¹ Dpto. Fusión y Física de Partículas Elementales, CIEMAT, 28040 Madrid, España.

² Dpto. Física de Altas Energías, CSIC-Universidad de Cantabria, Santander, España.

El LHC (*Large Hadron Collider*) es el próximo colisionador de partículas que entrará en funcionamiento en el CERN (Suiza). Las colisiones protón-protón tendrán una energía centro de masas de $\sqrt{s}=14$ TeV, con una luminosidad nominal de 10^{34} cm⁻²s⁻¹. Dos experimentos de propósito general, CMS¹ y ATLAS² ocuparán sus respectivas áreas de colisión. Uno de los objetivos fundamentales de CMS es la búsqueda del Higgs Standard, una de cuyas firmas importantes es la presencia de muones. CMS pretende reconstruir estas partículas con una resolución mejor que el 1% para momentos de hasta 1 TeV/c. Por ello, se impone la existencia de un sistema de alineamiento excepcional que permita conocer, en particular, el ángulo ϕ de los detectores de muones y del tracker con una precisión del orden de 30 μ rad. La medida de este ángulo se realizará con inclinómetros electrolíticos, que han de funcionar en ambientes de alta irradiación.

El inclinómetro electrolítico³ es un sensor que opera equivalentemente a un nivel de burbuja (Figura 1). Una burbuja está suspendida en un líquido electrolítico, y ambos están contenidos dentro de un recipiente de vidrio. En la zona del menisco el líquido está en contacto con dos electrodos de excitación, de forma que dependiendo de la posición de la burbuja respecto de esos electrodos cambian las resistencias entre los dos electrodos de excitación y el colector, actuando como si de un potenciómetro (Figura 2) se tratara⁴. Estos cambios de resistencia son detectados con alta precisión mediante un circuito puente de Wheatstone, y son suministrados como una señal de voltaje que permite conocer el valor de la inclinación del sensor.



Figuras 1 y 2. A la izquierda esquema funcional de un inclinómetro electrolítico. A la derecha su circuito potenciométrico equivalente.

En la calibración el inclinómetro se coloca sobre una plataforma inclinable y, con una unidad Heidenhain, se realiza un barrido en ángulos a cada uno de los cuales le corresponde un voltaje de salida del inclinómetro. Cada una de esas calibraciones ángulo-voltaje se

ajusta mediante regresión lineal, de forma que la pendiente de ese ajuste se corresponde con la constante de calibración del mismo.

Se han realizado calibraciones usando dos tipos de sensores el AGI 755 y el AGI 756, de Applied Geomechanics⁵. Se han irradiado tanto con rayos gamma de fuentes de ⁶⁰Co del CIEMAT-Madrid (España) como con neutrones del ciclotrón de ATOMKI-Debrecen (Hungría). Los procedimientos seguidos han sido los siguientes:

- Para gammas se irradió de forma suave y progresiva según las dosis absorbidas acumuladas de: 0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0 y 20.0 kGy; así como de forma fuerte con 50 kGy.
- Para neutrones se irradió con un dosis débil de $5 \cdot 10^{10}$ neutrones/cm²; así como con dosis fuerte de $2 \cdot 10^{14}$ neutrones/cm².

Tanto la irradiación suave como la fuerte se llevan a cabo para simular las condiciones que existirán en diversas zonas del experimento CMS en las que los sensores van emplazados.

Para ilustrar el procedimiento seguido en el tratamiento de los datos se proporciona la Tabla 1 que muestra los resultados de irradiación con gammas en el AGI 755. Con ella se puede evaluar que la desviación estándar entre los factores de escala a distintas irradiaciones es de 0.003 μ rad/mV, del mismo orden que las desviaciones estándar entre las distintas calibraciones para una irradiación dada (el error del factor de escala). A este mismo resultado se llegó tras la irradiación con 50 kGy de gammas y $2 \cdot 10^{14}$ neutrones/cm², por lo que concluimos que los inclinómetros electrolíticos son inmunes a la irradiación al menos hasta las dosis citadas.

Tabla 1. Calibraciones de los factores de escala para el AGI 755 con distintas dosis absorbidas acumuladas de radiación gamma.

Dosis absorbida de gammas (kGy)	σ (μ rad)	Factor de escala (μ rad/mV)	Temperatura media ($^{\circ}$ C)
0	37 ± 2	0.967 ± 0.008	22 ± 1
0.5	38 ± 3	0.963 ± 0.002	27 ± 1
1.0	40 ± 3	0.960 ± 0.001	23 ± 1
5.0	38 ± 2	0.959 ± 0.001	19 ± 1
10.0	35 ± 3	0.959 ± 0.001	22 ± 1
20.0	41 ± 4	0.963 ± 0.001	22 ± 1

Referencias

¹The CMS Collaboration, *CMS Technical Proposal*, CERN/LHCC 94-38.

²The ATLAS Collaboration, *ATLAS Muon Spectrometer Technical Design Report*, CERN/LHCC 97-22.

³*Tiltmeter basics*, Applied Geomechanics, Application Note, 2002. <http://www.geomechanics.com/support/tmbasics.htm>

⁴*User's Manual: Series 755, 756 and 757 Miniature Tilt Sensors*, Applied Geomechanics, User Manual, 2000.

⁵*755-Series High-Gain Miniature Tilt Sensors and 756-Series Mid-Range Miniature Tilt Sensors*, Applied Geomechanics, 2000. <http://www.geomechanics.com/pdf/755756.pdf>