

Construcción y pruebas de cámaras de tubos de deriva para el detector central de muones del experimento CMS

J. Caballero¹, M. Cerrada¹, B. De la Cruz¹, M.C. Fouz¹, P. García¹, M.I.Josa¹,
J. Puerta¹, L. Romero¹, C. Willmott¹

¹ CIEMAT, División de Física de Partículas, Avda. Complutense 22, 28040 MADRID

I. CÁMARAS DE DERIVA EN CMS

El espectrómetro de muones de CMS¹, uno de los dos experimentos multipropósito del futuro acelerador LHC, estará formado por cámaras Cathode Strip Chambers (CSC) en las zonas de alta pseudorapidez ($0.9 < \eta < 2.4$), y por cámaras de tubos de deriva (Drift Tubes, DT) en la parte central del detector ($0 < \eta < 2.4$). Ambos detectores se verán complementados con cámaras RPC (Resistive Plate Chambers) específicas para trigger. Todo el sistema se encuentra inmerso en el campo magnético de retorno del imán de CMS, permitiendo reconstruir el momento transverso a partir de la curvatura de la trayectoria del muón. La respuesta de las cámaras será, además, enviada al primer nivel del trigger de muones, pudiendo diferenciarse el cruce de haces en el cual se ha originado el muón.

Las cámaras de deriva del detector central se distribuirán en cuatro estaciones concéntricas con respecto al haz de LHC, denominándose MB1 (la más interna), MB2, MB3 y MB4, (la más externa).

La unidad estructural de estas cámaras es la celda de deriva. Cada una de estas celdas, cuya sección tiene unas dimensiones de 1.3 cm x 4.2 cm, y longitud de 2.5 m, está compuesta por un hilo detector en el centro de la celda, con voltaje de operación de 3600 V, dos cátodos de aluminio (vigas) a ambos extremos de la celda a -1200 V y dos tiras más de aluminio en las partes superior e inferior de la celda para dar uniformidad al campo eléctrico en la celda. La mezcla de gas con la que operan estas cámaras está compuesta por Ar (85%) y CO₂ (15%), a presión atmosférica.

Las celdas se agrupan en unidades independientes denominadas supercapas. Una supercapa se compone de cuatro planos de celdas, decalados los planos pares media celda respecto a los planos impares. Cada supercapa proporciona una medida de cuatro puntos en dos dimensiones.

Una cámara completa está formada por tres supercapas y un panel de nido de abeja para dar rigidez al conjunto. Dos de las supercapas se sitúan orientadas con los hilos paralelos entre sí y al eje del haz, midiendo la coordenada en el plano de curvatura ($R-\phi$) y una tercera con los hilos perpendiculares a las anteriores, que determina la coordenada a lo largo de la dirección del haz (Z).

Las dimensiones típicas de espesor son 53.5 mm por supercapa y 127.5 mm el panel de honeycomb. La disposición de las dos supercapas ϕ , con la máxima separación posible entre sí de 23.5 cm, permite obtener una resolución angular óptima, ~ 7 mrad.

Los requisitos de reconstrucción de momento transverso de $\delta p_t/p_t \sim 8-15\%$ (en modo stand-alone) y de 1-1.5% (medida conjunta con el Detector Central), para partículas de 10 GeV/c, exige una reconstrucción espacial de las trayectorias de muones de 100 μm en el plano $R-\phi$, y de 150 μm en Z . Teniendo en cuenta que cada estación mide 8 puntos en ($R-\phi$) y 4 en Z , esto implica que los hilos han de posicionarse con una precisión $\leq 250 \mu\text{m}$.

II. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

El diseño final de las cámaras de deriva fue sometido a varias pruebas con resultados satisfactorios^{2,3}, lo que permitió su validación y dio luz verde a la fase de producción en los distintos institutos. El CIEMAT es responsable de la construcción de alrededor del 30 % de dichas cámaras, distribuidas entre la estación MB2 (completa) y partes de la estación MB4, lo que hace un total de 70 cámaras. Actualmente nos encontramos en plena fase de construcción, a un ritmo de aproximadamente 2 cámaras al mes. En Septiembre 2003 comenzará la instalación definitiva de cámaras DT en el detector CMS.

La construcción de las supercapas es un proceso automatizado que requiere herramientas y equipos de precisión. Cuando la supercapa se ha completado mecánicamente es equipada con la electrónica de distribución de alto voltaje y adquisición de datos, y sometida a varios controles de calidad. Las posiciones de los hilos son medidas y registradas, comprobándose efectivamente que los residuos se encuentran entre $\pm 100\mu\text{m}$. Se realizan además medidas de estanqueidad para asegurar el correcto sellado de la supercapa (contaminación de $\text{O}_2 < 500 \text{ ppm}$) y se comprueba el funcionamiento de los componentes activos de la celda en aire y en gas, alimentados con alto voltaje. Por último, cada supercapa toma datos utilizando muones provenientes de la radiación cósmica. Con los datos obtenidos se reconstruyen las trayectorias de los muones y se estudia la eficiencia de detección, superior al 99.5%, la velocidad experimental de deriva, de $55 \mu\text{m/ns}$, el nivel de ruido y una serie de parámetros fundamentales para su funcionamiento.

Con el fin de obtener estos parámetros relevantes y probar las cámaras DT en condiciones de ruido semejante a las que tendrán lugar en la operación del LHC, se sometió a la primera cámara de tipo MB2 a un haz de pruebas de muones, en el área experimental GIF (Gamma Irradiation Facility) del CERN, durante Octubre 2001. Este área cuenta con una fuente de Cs^{137} que emite un flujo de fotones, regulable por medio de filtros, hasta 2 veces superiores al nivel de ruido que se espera en el LHC. Los resultados de esta prueba⁴ resultaron muy satisfactorios dado que los parámetros de la cámara (resolución, eficiencia) se mantuvieron aceptables incluso en las situaciones más extremas de ruido.

III. REFERENCIAS

¹ The CMS muon project, CMS Technical design report. CERN/LHCC 97-32, CMS TDR 3, 15-Diciembre-1997

² Results from the analysis of the test beam data taken with the barrel muon DT prototype Q4, M. Cerrada et.al., CMS note-2001,/041, Abril 2001.

³ Construction and test of the final CMS barrel drift tube muon chamber prototype", M.Aguilar-Benitez et.al., Nucl. Instr. and Meth. In Phys. Res. A, Volumen 480 21 Marzo 2002, Páginas 658-669.

⁴ Test Beam analysis of the first CMS MB2 Drift Tube Muon Chamber, M. Cerrada et al., Nota aceptada, CMS-Note/2003-xxx.

