

Construcción de un  
prototipo de cámara  
de deriva para el  
experimento CMS

J. Berdugo,  
M. Cerrada,  
M. Daniel,  
F. Martín,  
J. Mocholí,  
L. Romero



Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

**Depósito Legal:** M-14226-1995

**NIPO:** 238-97-001-5

**ISSN:** 1135-9420

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

440104, 662110

MUON DETECTION, MUONS, WIRES, CERN, DRIFT CHAMBERS, COLLIDERS

## **"Construcción de un prototipo de cámara de deriva para el experimento CMS"**

Berdugo, J.; Cerrada, M.; Daniel, M.; Martín, F.; Mocholí, J.; Romero, L.  
23 pp. 18 figs. 4 refs.

### **Resumen**

En el presente informe se describen las características generales de diseño de un prototipo de pequeño tamaño de cámara de deriva. Se explica también en detalle el proceso seguido en su construcción en el CIEMAT. Esta actividad se enmarca en el proyecto a largo plazo de producción de cámaras de muones para el detector central del experimento CMS que se instalará en el CERN.

## **"Construction of a drift chamber prototype for the CMS experiment"**

Berdugo, J.; Cerrada, M.; Daniel, M.; Martín, F.; Mocholí, J.; Romero, L.  
23 pp. 18 figs. 4 refs.

### **Abstract**

General design features of a small size drift chamber prototype are described in this report. Prototype construction has taken place at CIEMAT and we explain in detail the assembly procedures. This activity is part of a long term project to mass produce chambers for the muon barrel detector of the CMS experiment which will be installed at CERN.



# CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CÁMARA DE DERIVA PARA EL EXPERIMENTO CMS

## 1 Introducción.

El grupo de Física de Partículas del CIEMAT participa en la Colaboración del detector CMS [1] (Compact Muon Solenoid) que se instalará en el acelerador LHC [2] (Large Hadron Collider) del CERN [3] (Laboratorio Europeo de Física de Partículas). En el marco de esta colaboración, nuestro grupo está desarrollando un proyecto para la construcción de 60 cámaras de muones en el CIEMAT.

El propósito de estas cámaras es medir con precisión la trayectoria de los muones producidos en las colisiones protón protón, a unos 14 TeV en el centro de masas, que ocurrirán en el centro geométrico del detector. Al estar las cámaras sumergidas en un campo magnético y ser los muones partículas con carga, del estudio de las trayectorias se puede obtener el valor del momento del muón.

El elemento básico del detector son las celdas de deriva. Estas celdas producen una señal eléctrica cuando son atravesadas por una partícula ionizante. Una determinación grosera de la trayectoria de un muón la proporciona la identificación de las celdas activadas por su paso. Las celdas poseen un ánodo central dispuesto en un campo eléctrico lo mas uniforme posible. Cuando un muón atraviesa la celda de deriva ioniza el gas y se producen electrones primarios que derivan hacia el ánodo, en cuyas proximidades se produce una multiplicación de carga que induce la señal eléctrica de la celda. A partir del tiempo de deriva de los electrones primarios, es posible determinar con precisión la distancia, con respecto del ánodo, del punto de paso del muón a través de la celda.

En este informe se describe en detalle la construcción de un prototipo de estas cámaras de deriva. Este prototipo se terminó en Mayo de 1996 y se trasladó al CERN en Junio con objeto de estudiar sus prestaciones en un haz de muones de alta energía. Los resultados obtenidos se presentarán en otro informe posterior.

A pesar del tamaño del prototipo, 0.5 m  $\times$  0.5 m, pequeño en comparación con las dimensiones que tendrán las cámaras de CMS, (2 m  $\times$  2.5 m como mínimo), su construcción ha permitido la evaluación de los procesos de fabricación y montaje, procesos que deben ser optimizados al máximo para asegurar la viabilidad del proyecto de construcción de 60 cámaras.

Este informe está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se describen las características más importantes que han influido en el diseño del prototipo. La sección 3 está dedicada a explicar los procedimientos seguidos en su montaje. En la sección 4 se muestran algunos resultados del control de calidad realizado. La sección 5 contiene las conclusiones.

## 2 Características generales del prototipo

En CMS las celdas de deriva tendrán una longitud mínima de 2000 mm y una sección rectangular de 40 mm×11 mm. La sección de las celdas del prototipo construido es la misma, pero su longitud es sólo de 500 mm. Las celdas están dispuestas en capas y cada capa está formada por 12 celdas. Cada celda tiene un hilo central actuando como ánodo.

Una supercapa agrupa a 4 capas superpuestas. Las capas segunda y cuarta están desplazadas media celda respecto a las primera y tercera con objeto de permitir la determinación del lado de la celda atravesado por el muón (ambigüedad izquierda/derecha).

Esta cámara prototipo está formada por 4 supercapas apiladas y por un panel de abeja (Honeycomb) de aluminio interpuesto entre la segunda y tercera supercapa. La primera y tercera supercapa tienen los hilos paralelos entre sí y dispuestos perpendicularmente a los hilos de la segunda y cuarta supercapa.

### 2.1 Estructura de las celdas.

La celda tiene una sección de 40 mm ×11 mm y su estructura se puede observar en la figura 1. El ánodo central es un hilo de acero inoxidable de 50  $\mu$  de diámetro.

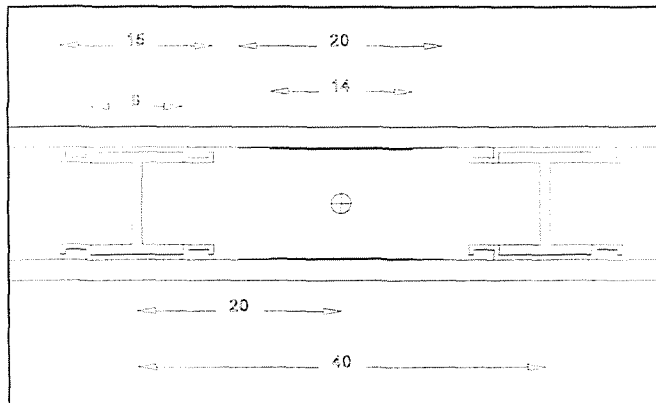


Figura 1  
Sección de una celda

La celda está cerrada por su parte inferior y superior por 2 chapas de aluminio de 2 mm de espesor conectadas a tierra. Los laterales los forman 2 vigas de duraluminio en doble T, de 10 mm de altura, 9 mm de ala y 1 mm de espesor. Las vigas están sometidas a alta tensión y aisladas de los planos de tierra por aislantes de Lexan de 0.5 mm de grueso. Se utilizó pegamento epoxi de 2 componentes (Araldit) para pegar las vigas a los aislantes y estos a la chapa de aluminio.

El ánodo está enfrentado, arriba y abajo, con dos electrodos que ayudan a proporcionar una configuración de campo eléctrico en la celda más uniforme. Estos electrodos están formados por una tira de cobre de 14 mm de ancho y 18  $\mu$  de espesor, pegada a un soporte aislante de Mylar de 20 mm de ancho y 0.1 mm de espesor. Éste, a su vez, está



pegado a la chapa mediante una capa de pegamento autoadherente.

El hilo está atenazado dentro de un bloque de forma cúbica de latón de 4 mm de lado que se muestra en la figura 2. Este bloque esta sujeto por la tensión mecánica del hilo a una pieza portahilos inyectada en plástico Uranil cargado con fibra de vidrio. El hilo está dirigido dentro del portahilos por una rampa en V que lo posiciona en el centro de la celda. La pieza portahilos se muestra en la figura 3.

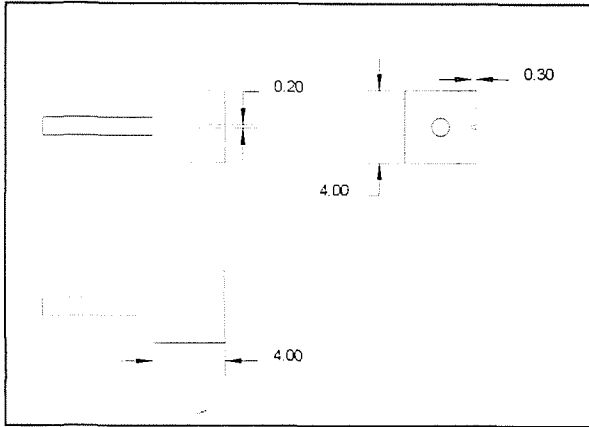


Figura 2.  
Bloque de hilo de latón

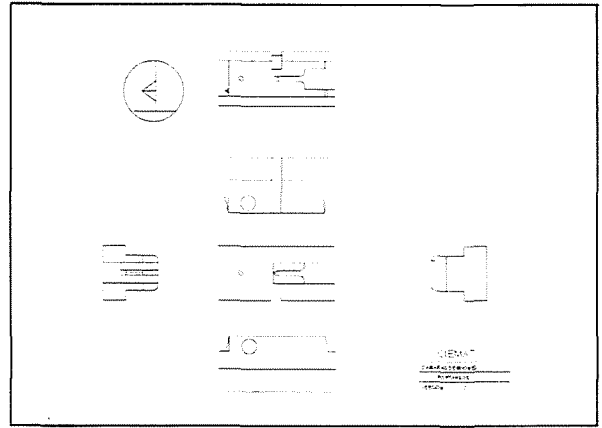


Figura 3.  
Pieza portahilos

La pieza portahilos posee también una rampa que permite la observación del hilo desde fuera de la celda.

Las vigas están terminadas en sus extremos por dos tapones de plástico Uranil cargado con fibra de vidrio. Esta pieza se muestra en la figura 4. Los bloques portavigas están pegados a los aislantes de Lexan y, por tanto, fijos a la plancha de tierra. Unas alas sujetan a la pieza portahilos y absorben la tensión mecánica del hilo. Un orificio a través del bloque permite la alimentación eléctrica de la viga.

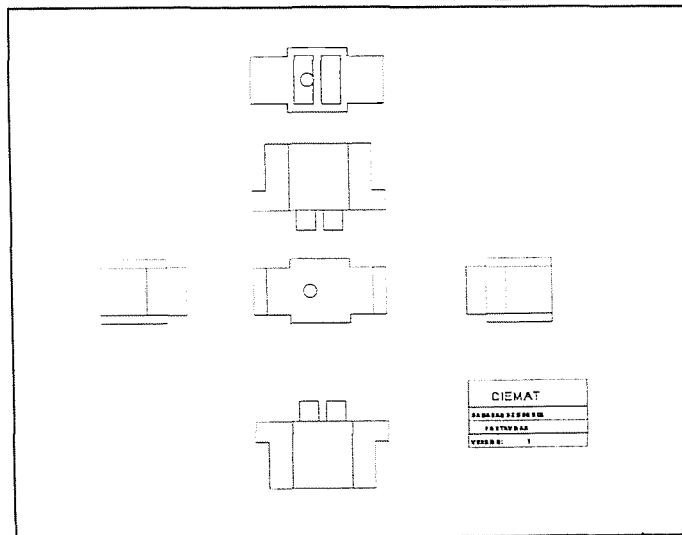


Figura 4  
Bloque portavigas

La figura 5-b muestra una sección del portahilos y portavigas a la altura del hilo. Se puede observar el conexionado de alta tensión y la sujeción del hilo por el bloque de latón, así como el posicionado exacto del hilo por el extremo de la rampa en V.

Los bloques de plástico que terminan las vigas sirven también de referencia mecánica para el posicionado de las piezas portahilos. Como se puede observar en la figura 5-a, los portahilos poseen en un lado una rampa que apoya en el bloque de vigas. En el lado contrario, una muesca se encastra 0.2 mm en el bloque de vigas opuesto, proporcionando una presión suficiente como para mantener la pieza de plástico, y por ende el hilo, en una posición precisa.

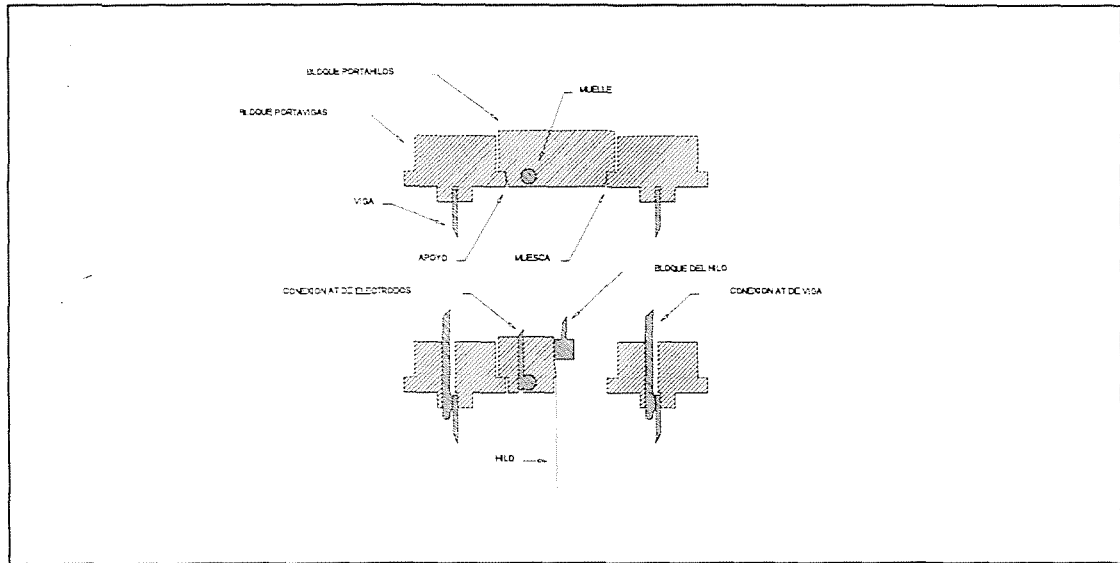


Figura 5  
Secciones de portahilo y portavigas  
5a. A la altura del apoyo  
5b. A la altura del hilo

Los electrodos están terminados en sus extremos por una banda de 4 mm de aislante de mylar desprovisto del cobre. El objeto de esta banda es impedir descargas al plano de tierra. La alimentación se realiza a través de un muelle comprimido entre el electrodo superior y el inferior. Este muelle está sujeto por la pieza de plástico portahilos.

## 2.2 Diseño del cierre de gas.

Cada supercapa lleva su cierre independiente de gas a lo largo de todo su contorno. El cierre lateral a lo largo de los hilos se realiza mediante una pletina de aluminio de 5 mm de espesor, la cual está unida a las chapas externas de la supercapa mediante dos perfiles cuadrados de 10 mm, también de aluminio. Todo está pegado entre sí con Araldit.

Las figuras 6 y 7 muestran el cierre de gas en ambos lados perpendiculares a los hilos. Este cierre está constituido por una tubería de sección rectangular para distribuir el gas y un perfil en L provisto de ventanas rectangulares que permiten un buen acceso a los hilos. La tubería de gas y el perfil en L están pegados a las chapas exteriores de la supercapa, y entre si, mediante Araldit.

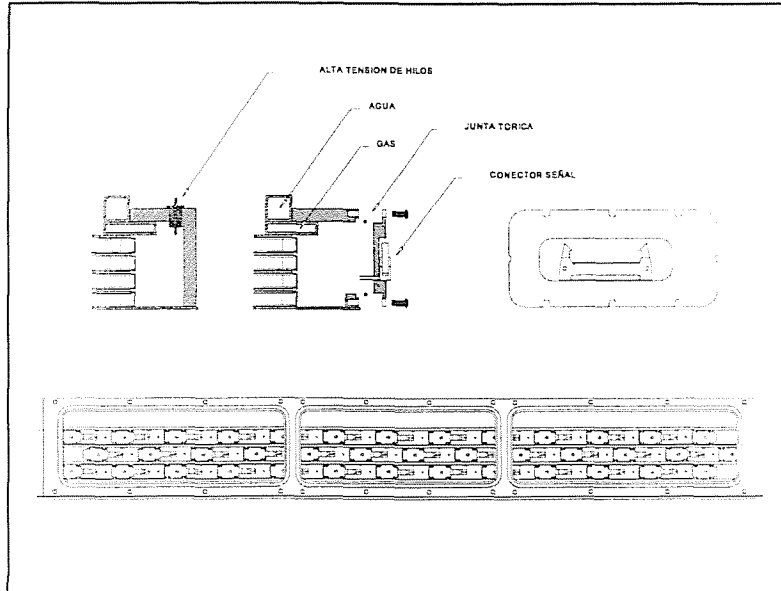


Figura 6  
Cierre de gas en el lado de señal

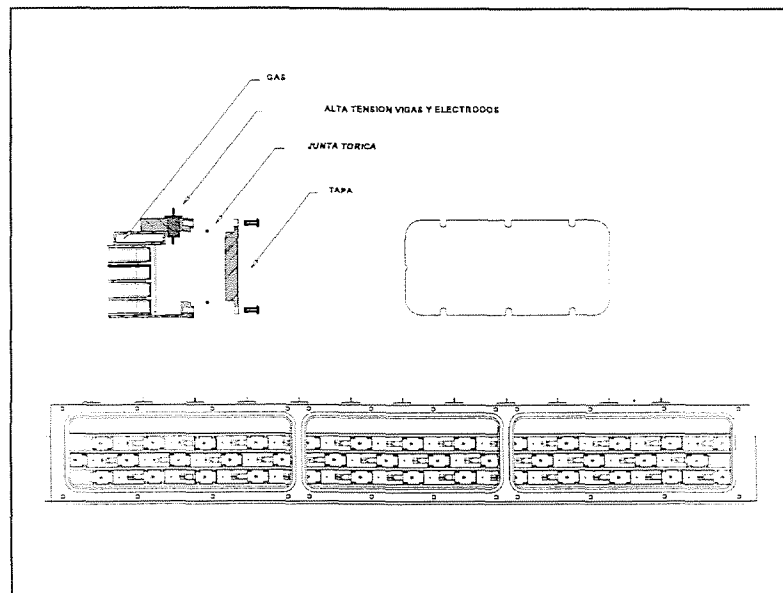


Figura 7  
Cierre de gas en el lado de vigas

La alta tensión se alimenta a la supercapa a través de pasamuros de teflón embutidos en el perfil en L. La alta tensión de los hilos se alimenta por el lado donde se recoge la señal y la alta tensión de vigas y electrodos por el lado opuesto.

Las líneas de señal salen por un lado de la supercapa a través de las tapas de las ventanas. Los pines largos (wire wrap) de un conector de cable plano pasan a través de una ranura de la tapa. El espacio entre los pines y el borde de la ranura está sellado con Araldit. Las tapas del lado contrario al de señal no poseen ninguna ranura.

El sellado de las tapas se asegura mediante una junta tórica de silicona.

La tubería de entrada de gas está situada en el lado de señal. Tiene taladros de 3 décimas de milímetro de diámetro, espaciadas cada 10 mm. El pequeño diámetro de estos taladros garantiza una distribución uniforme del flujo del gas en toda la supercapa. La tubería de salida está situada en el lado opuesto y tiene taladros de 5 mm de diámetro, con un espaciado entre ellos de 10 mm. El mayor diámetro de estos taladros evita una sobrepresión del gas dentro de la supercapa.

El lado de señal posee una tubería de sección cuadrada para refrigeración por agua.

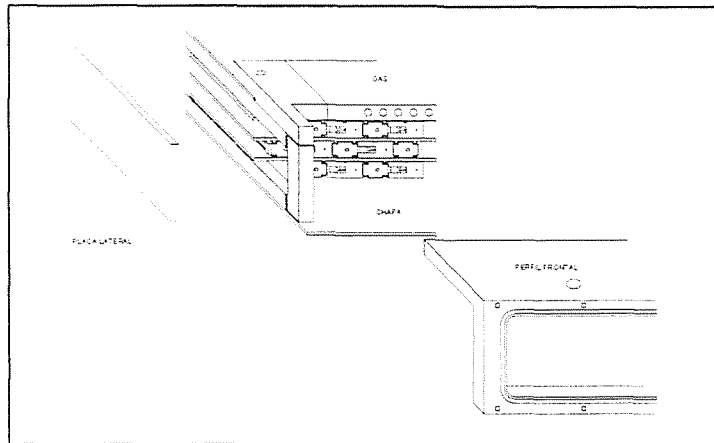


Figura 8  
Esquina de una supercámara

La solución adoptada para sellar las esquinas de la supercapa se presenta en la figura 8. Un perfil en L, de  $20 \times 20 \times 52$  mm, une los perfiles cuadrados pegados lateralmente a las chapas externas, proporcionando una banda de al menos 10 mm de ancho donde es pegada la pletina lateral. La tubería de gas está rematada por una pieza de duraluminio con un roscado para el racord del gas. La tubería y sus piezas terminales, están pegadas a la chapa exterior y a los perfiles cuadrados. Las piezas terminales tienen la forma necesaria para que el perfil frontal asiente en una banda que recorre estas piezas, la tubería de gas, los perfiles en L y la chapa inferior.

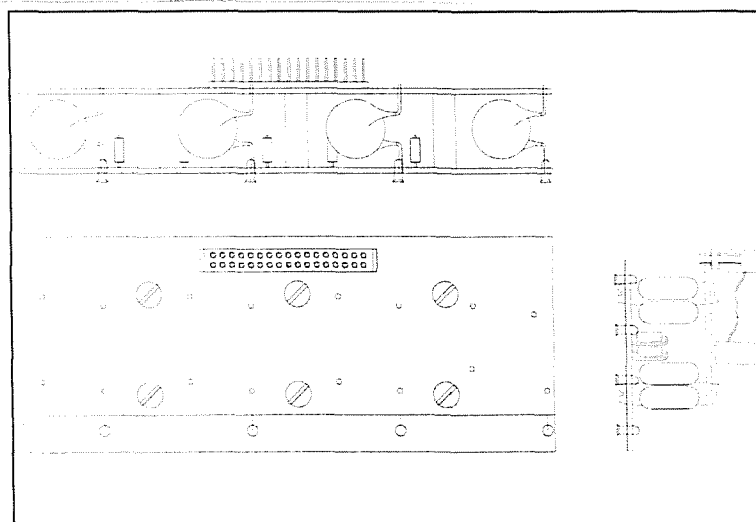


Figura 9  
Conexión de los hilos

Las uniones perpendiculares a las superficies de pegado tienen una holgura suficientemente amplia de 1 mm para permitir un buen relleno con el pegamento.

### 2.3 Electrónica.

Este prototipo no posee electrónica activa dentro del volumen del gas donde únicamente se encuentran los condensadores de desacoplo de alta tensión y las resistencias de carga.

Los circuitos impresos correspondientes al lado de señal se presentan en la figura 9. Hay dos circuitos impresos unidos entre sí mediante separadores roscados y tornillos de Nylon. Los condensadores de desacoplo están entre el circuito impreso más interno que contiene la distribución de alto voltaje de los hilos y el circuito impreso externo que contiene un conector macho de cable plano. Las resistencias de carga de 10 MOhm y los conectores de hilo se encuentran en el circuito interno. Los conectores de hilo se acoplan al rabillo del bloque de latón que atenaza el hilo (Ver figura 5).

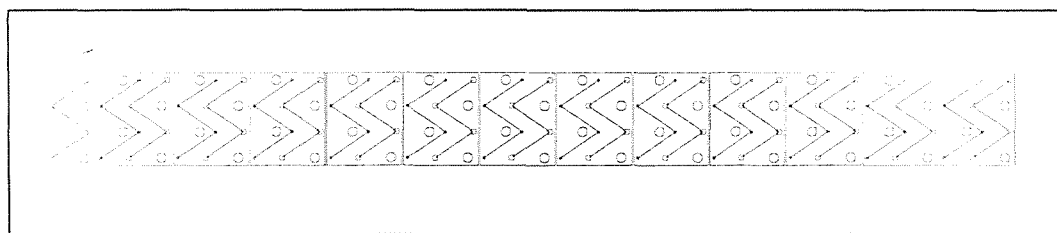


Figura 10  
Conexión de las vigas y electrodos

Cada conjunto de circuitos impresos alimenta con alta tensión y extrae las señales de 16 hilos. Hay tres conjuntos por supercapa, uno por ventana. Las ventanas están diseñadas de forma que se puedan montar y desmontar los circuitos a través de ellas. Un cable plano lleva las señales desde el conector del circuito impreso hasta los pines del conector que actúa como pasamuros en la tapa de la ventana.

En el lado contrario al de señal se distribuye la alta tensión de vigas y electrodos mediante circuitos impresos que alimentan 4 celdas cada uno. En la figura 10 se muestra la disposición de los 12 circuitos necesarios para una supercapa. Como hay 13 vigas por capa, las últimas vigas de cada capa se interconectan individualmente. En estos circuitos están soldados los pines que conectan las vigas y los electrodos. (Ver figura 5).

La toma de tierra de las planchas intermedias se ha resuelto mediante taladros de 0.8 mm de diámetro realizados en el canto de las chapas a la altura de las costillas que separan las ventanas. En los taladros se han insertado a presión pines de sección cuadrada. Los pines están unidos eléctricamente al perfil de las ventanas. La tierra de las señales de salida está tomada también del mismo perfil.

### **3 Montaje de la cámara.**

El montaje de la cámara se realizó por supercapas independientes, ensamblándose todas ellas posteriormente.

El montaje de cada supercapa se llevó a cabo sobre un mármol plano. Varios de los componentes de la supercapa necesitaron ser preparados mediante procesos previos independientes. Los electrodos han de ser pegados en las chapas antes de que éstas se monten en la supercapa. Las vigas han de estar provistas de aislante y los hilos han de ser atezados en los bloques de latón.

#### **3.1 Preparación de chapas.**

Para pegar los electrodos a las chapas se utilizó una plantilla de aluminio del mismo tamaño que las chapas. La plantilla tiene ranuras del ancho del electrodo y de 0.1 mm de profundidad que posicionan con precisión los electrodos. Los electrodos se mantienen en posición una vez colocados mediante vacío. Para ello cada ranura posee un canal de 2 mm que la recorre y en el que se hace un vacío moderado. En sus extremos los electrodos son sujetos por pinzas.

Una vez posicionados los electrodos en la plantilla, se les retira la protección del pegamento de contacto y se coloca encima la plancha previamente desengrasada con disolvente. Para colocar la plancha unos topes en los extremos de la plantilla permiten guiarla con precisión.

Pegados los electrodos a la plantilla se les recorta a haces con el extremo de la plancha.

Los electrodos se terminan cortando el cobre con una cuchilla sujeta a una plantilla y eliminando los 4 mm de cobre más cercanos al borde.

#### **3.2 Preparación de vigas.**

El pegado de las vigas a los aislantes se realizó mediante una plantilla provista de ranuras que sujetan el aislante inferior. Dos topes a ambos lados de la plantilla fijan la distancia entre las piezas portavigas.

Para el proceso de pegado se disponen los aislantes en las ranuras y se dispensa manualmente un cordón de pegamento a lo largo de ellos. Se colocan encima las vigas, cada una con sus correspondientes piezas portavigas. Se dispensa otro cordón de pegamento en otro conjunto de aislantes y se coloca este encima de las vigas y sus portavigas. Por último se coloca un peso de 10 Kg encima de cada par de vigas y se deja que el pegamento fragüe durante al menos 8 horas.

### **3.3 Atenazado de hilos.**

Los bloques de latón, como se puede observar en la figura 2, tienen en un lateral un canal de 0.2 mm de ancho y 0.3 mm de profundidad. El hilo se tiende sobre el fondo de este canal. Una prensa de aire comprimido marca sobre el canal una huella de 0.2 mm de profundidad. Esta huella deforma plásticamente las paredes del canal quedando aprisionado el hilo.

La prensa está activada por un émbolo de 70 mm de diámetro. Con una presión de aire comprimido de 6 bares, la prensa ejerce una fuerza de 230 Kg durante 4 segundos.

La prensa está sujeta en un armazón que permite ajustar la longitud del hilo. Un peso de 500 g tensa el hilo durante el atenazado.

### **3.4 Útiles de montaje.**

Las supercapas se montaron sobre una mesa de granito de 1 m × 1 m. Esta mesa se taladró para insertar elementos de anclaje de latón roscados.

El montaje de la supercapa está referenciado a dos líneas perpendiculares. Una línea es el origen de la coordenada X a lo largo de la cual están dispuestos los hilos que forman una capa. La otra línea es el origen de la coordenada Y.

Cada línea de origen está definida por un par de bloques de referencia de acero pegados a la mesa de montaje. Para garantizar la perpendicularidad de las líneas de origen, el posicionado de los bloques de referencia se realizó mediante una escuadra de precisión.

#### **3.4.1 Dispensador de pegamento.**

El dispensador de pegamento está constituido por un coordinatógrafo de 2 dimensiones diseñado y construido en el CIEMAT. Un motor de corriente continua acciona cada eje de coordenadas. La transmisión del motor al carro se realiza mediante correa dentada. Un codificador rotatorio (Encoder) acoplado a la correa proporciona la posición para cada una de las coordenadas.

En el cabezal, la mezcla de los dos componentes del pegamento está dentro de una jeringuilla desechable. El dispensado del mismo se realiza mediante un tornillo sin fin que acciona el émbolo de la jeringuilla. El tornillo es movido por un motor controlado remotamente. La mezcla de los componentes del pegamento y el llenado de la jeringuilla se realiza previamente a su implantación en el coordinatógrafo.

El sistema de control está compuesto por un bus VME, un procesador NVME147SA1 insertado en el bus, una tarjeta VME de control con los registros de mando implementados en circuitos FPGA de Actel y una caja con la electrónica de potencia.

Los circuitos FPGA de la tarjeta de control incluyen los contadores que controlan los codificadores y llevan cuenta de la posición del cabezal. También llevan registros que

controlan la velocidad y sentido de los motores.

El control se realiza mediante un programa que corre en el procesador VME. Este programa lee la posición del cabezal en unos registros de la tarjeta de control y de acuerdo con ella dispone en otros registros de la misma tarjeta la velocidad y sentido de los motores.

Para realizar un pegado de vigas o de una chapa, el coordinatógrafo realiza movimientos alternativos (Zig-Zig), sobre los lugares donde se apoyan las vigas o la chapa. En los extremos el cabezal del coordinatógrafo ha de avanzar a la siguiente viga. Para evitar que estos lugares se ensucien de pegamento, se enmascaran con una cinta desechable de protección que se elimina al finalizar el pegado.

### 3.4.2 Peine de montaje de vigas.

La precisión de la posición de los hilos está determinada por la precisión en el montaje de las piezas portavigas. El peine de montaje de vigas garantiza esta precisión.

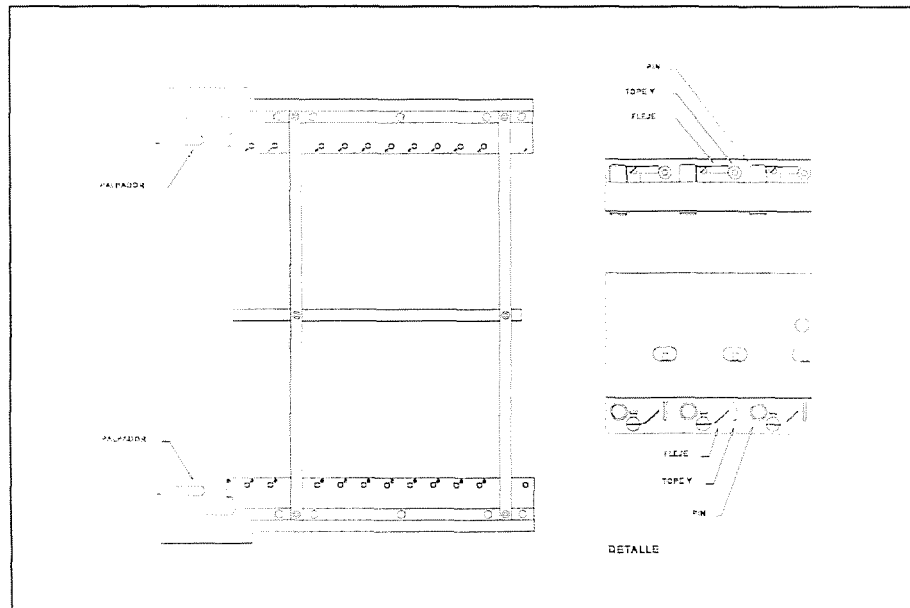


Figura 11  
Útil portavigas

Como se puede ver en la figura 11, el útil de montaje de vigas está compuesto por dos peines unidos por un puente que además de servir de soporte, fija la separación entre los peines. Los peines sujetan las piezas portavigas situadas al extremo de las vigas. Como se puede ver en la ampliación de la figura 11, cada pieza portavigas es presionada lateralmente por un fleje de acero contra una fija de 10 mm insertada a presión en un taladro de precisión. Se ha puesto el máximo cuidado en el mecanizado de estos taladros para obtener la mejor precisión posible en el posicionado de las fijas. El punto de la pieza portavigas que apoya en la fija de precisión es el mismo punto donde se apoya el portahilos, por lo tanto la precisión del posicionado de los fijas se traslada directamente a la posición de los hilos.

Las vigas entran entre los peines con una holgura de 1 mm. Para minimizar el error transversal de posicionado de las vigas, un tope con muelle oculto en el peine opuesto al origen Y, empuja cada viga contra el fondo del peine del lado del origen.



El posicionado vertical de las vigas se realiza mediante los topes verticales de los peines y mediante la pletina soporte central. Las diferentes alturas de montaje para las diversas capas se logran insertando separadores entre los peines y el mármol de montaje.

Dos palpadores en el extremo de los peines apoyan en la referencia externa de la supercapa para situar globalmente las vigas. Hay dos juegos de palpadores con una diferencia de longitud de 20 mm para poder montar capas alternadas de vigas.

### 3.5 Montaje de supercapas.

Como se muestra en la figura 12, el montaje de una supercapa comienza por atornillar las superficies de referencia externas de la supercapa a los bloques de referencia del marmol de montaje.

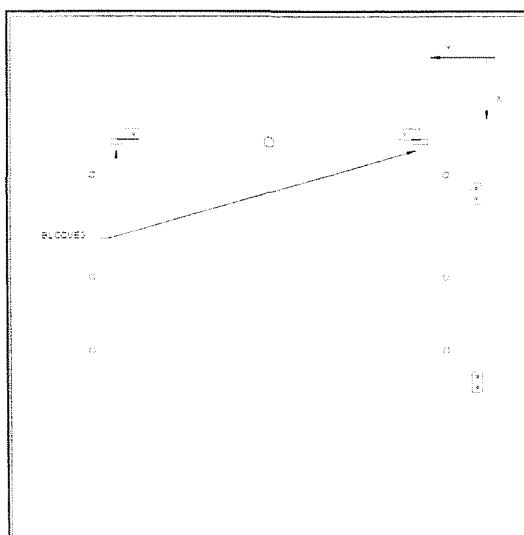


Figura 12  
Atornillado de los bloques de referencia

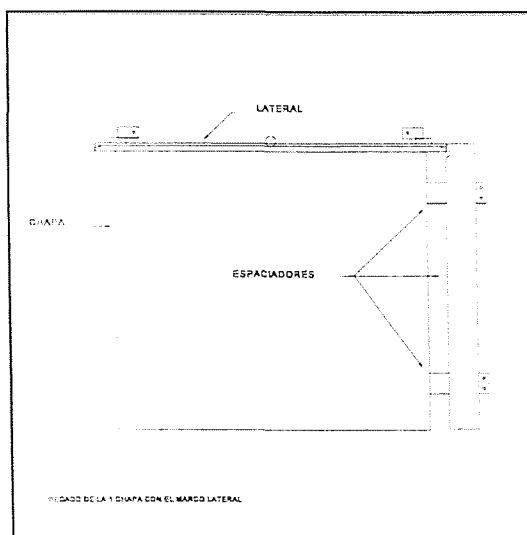


Figura 13  
Pegado del marco lateral y la primera chapa

A continuación se posiciona la plancha inferior, con sus electrodos montados, mediante espaciadores. Se pega entonces, como se observa en la figura 13, un lateral simultáneamente con la plancha inferior y las superficies de referencia. El posicionado del lateral no requiere precisión. El cuerpo de la supercapa queda, de aquí en adelante sujeto por las superficies de referencia.

La figura 14 muestra el pegado de la primera capa de vigas. Se enmascara con cinta de protección el borde de la plancha y la zona del marmol contigua. Se dispensa pegamento sobre la plancha y se retira la cinta. Se coloca el peine cargado de vigas apoyado directamente en el marmol de montaje. Los palpadores cortos se apoyan en las superficies de referencia X y la posición ortogonal del peine se define mediante separadores apoyados en las referencias Y. El peine se atornilla sobre el marmol forzando al pegamento a extenderse bajo las vigas.

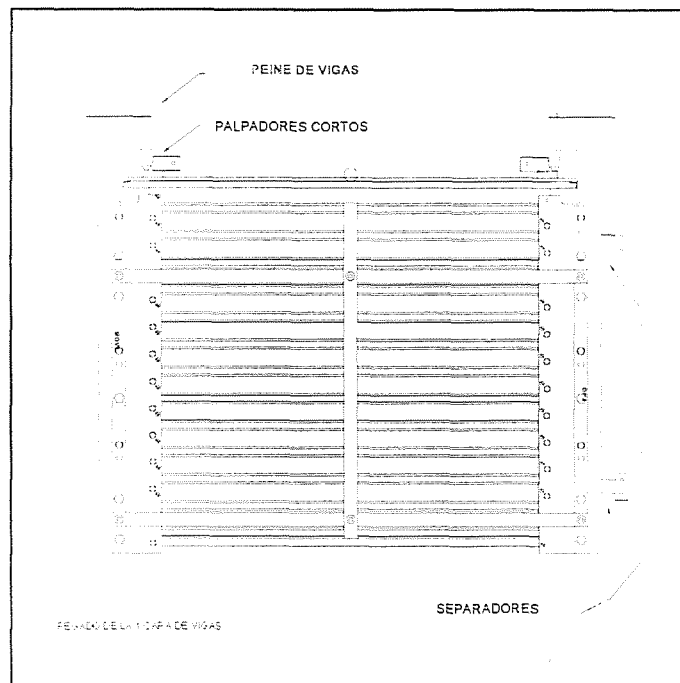


Figura 14  
Pegado de la primera capa de vigas

Se deja fraguar el pegamento con el peine puesto, al menos durante una noche. Se retira el peine y se pega manualmente la varilla de refuerzo del lateral opuesto como muestra la figura 15.

A continuación se montan los hilos previamente atenazados a los bloques de latón, insertando dichos bloques en las piezas portahilos y posicionando éstas entre las piezas portavigas. Se montan también los muelles de electrodos. La primera capa queda como muestra la figura 15.

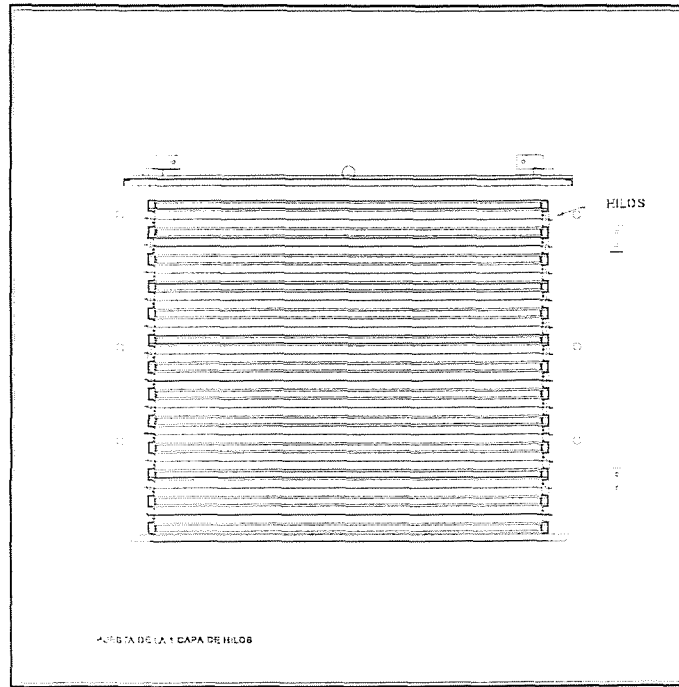


Figura 15  
Puesta de la primera capa de hilos

Para pegar la segunda chapa se enmascaran con cinta de protección los extremos de las vigas y se dispensa pegamento sobre ellas. Se instalan separadores apoyados en la referencia Y. Se coloca la chapa con sus electrodos puestos. La chapa se carga con peso (vigas de hierro) para extender el pegamento. Entre el peso y la supercapa se pone un plástico de protección y una pletina de aluminio de 20 mm de espesor para repartir el peso uniformemente.

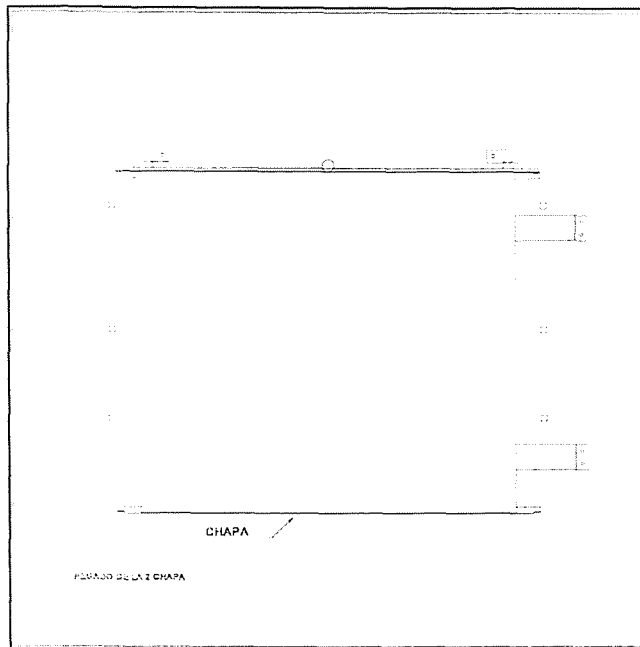


Figura 16  
Pegado de la segunda chapa

Se deja fraguar el pegamento durante una noche. Al retirar el peso la supercapa queda como muestra la figura 16.

El pegado de la segunda capa de vigas es análogo al de la primera capa, con la salvedad de que en el peine ha de ser instalados los palpadores largos en vez de los cortos. La figura 17 muestra este pegado.

Después de una noche de fraguado se ponen los hilos de la segunda capa y se pega la tercera plancha de una forma análoga a como se ha especificado anteriormente para la primera capa.

El montaje de la supercapa se continúa pegando la tercera capa de vigas de igual forma que la primera capa y posicionando la tercera capa de hilos. El pegado de la cuarta plancha, y el montaje de la cuarta capa de vigas e hilos es similar al de la segunda capa. El procedimiento utilizado en cada uno de los pasos es igual a lo descritos en detalle más arriba.

Antes de cerrar la supercapa se procede a pegar el perfil lateral opuesto a los bloques de referencia a la varilla de refuerzo mostrada en la figura 15. Hecho esto, se pega la quinta y última plancha a las vigas y a los perfiles laterales.

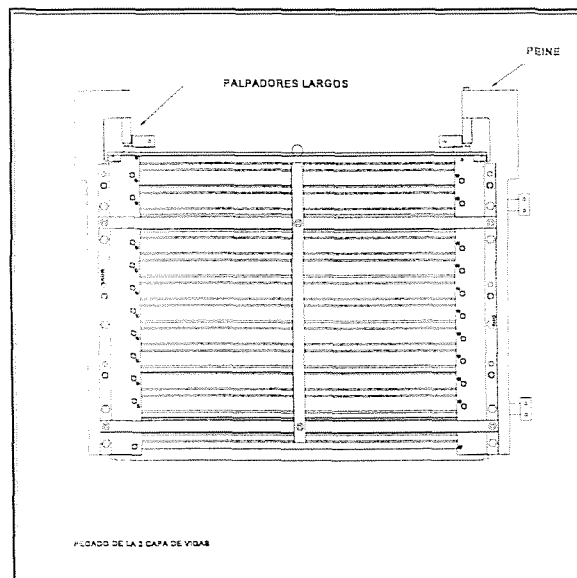


Figura 17  
Pegado de la segunda capa de vigas

La supercapa se retira entonces de la mesa de montaje y, en una mesa auxiliar, se procede a su terminación.

Para ello se pegan en ambos frontales las tuberías de gas y sus terminaciones a las chapas y a los extremos de las varillas laterales. Se instalan las tomas de tierra en las planchas intermedias y se procede al montaje de los circuitos impresos de señal y de los circuitos impresos de distribución de alta tensión a vigas y electrodos.

Por último se realiza el pegado de los perfiles frontales con las ventanas. Una vez fraguado el pegamento, se conexionan los pasamuros de alta tensión a los circuitos impresos y la masa del perfil a las chapas intermedias y al blindaje de la señal.

## 4 Medidas de la posición de los hilos.

Uno de los requisitos más importantes de este prototipo era que el posicionado de los hilos anódicos debía ser conocido con mucha precisión. Este objetivo se tuvo muy en cuenta a la hora de diseñar tanto los componentes de la cámara, en particular las piezas portahilos y portavigas, como los útiles y procedimientos de montaje, en particular el peine de montaje de vigas. La idea es garantizar por construcción que las posiciones de los hilos en la coordenada crítica, esto es la X tal como viene definida en la figura 12, no difieran de los valores nominales en más de 100 micras.

La verificación a posteriori de la precisión alcanzada en el posicionado de los hilos ha sido realizada utilizando un sistema de interferometría láser [4]. El proceso de medida tenía lugar una vez puestos los hilos en una capa, y antes de cubrir con la chapa de aluminio para montar la capa siguiente. El emisor láser y el interferómetro permanecían fijos, mientras que el espejo reflector, montado en una pieza junto con un pequeño microscopio que permitía ver el hilo con nitidez, se desplazaba por un carril fijo al mármol de montaje, cercano al extremo de los hilos y en dirección perpendicular a los mismos. El error de medida es inferior a 30 micras y proviene fundamentalmente del proceso de visualización del hilo por el operador que realiza la verificación. La medida de la posición de los hilos en cada capa se hizo a lo largo de los dos lados extremos de las celdas. En la figura 18 se muestran, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos en una de las capas. Lo que aparece en la figura, para cada hilo, es el valor del residuo que se define como la diferencia entre el valor nominal y el valor medido con el interferómetro láser. Puede observarse que en todos los casos el residuo está dentro del rango permitido de las 100 micras.

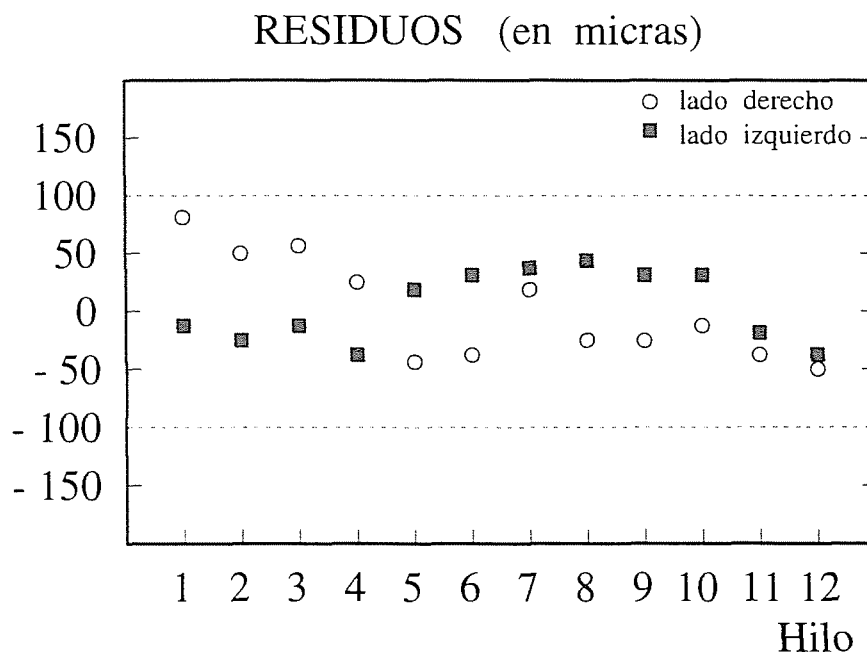


Figura 18  
Residuos obtenidos para los 12 hilos de una chapa

Resultados similares a éstos fueron obtenidos para todas las capas del prototipo. Esporádicamente alguno de los residuos resultó estar bastante fuera del rango de las 100

micras. En todos los casos se comprobó que la pieza de latón que atenazaba al hilo en uno de sus extremos estaba mal colocada en la correspondiente pieza portahilos, problema que pudo corregirse inmediatamente.

## **5 Conclusiones.**

La construcción de un prototipo de cámara de deriva, a pequeño tamaño, ha permitido en primer lugar contribuir a la fase de diseño que aún está en marcha con vistas a las cámaras que formarán parte del detector central de muones de CMS. Ha sido además de gran utilidad para probar posibles herramientas y evaluar procedimientos diversos de ensamblaje. Este informe describe en detalle las características generales del prototipo y su proceso de construcción. El prototipo construido cumple los requisitos mecánicos de precisión, en particular el de posicionado de los hilos, y ha pasado satisfactoriamente las pruebas de estanqueidad y alta tensión realizadas antes de su envío al CERN donde ha sido expuesto a un haz de muones de alta energía.

## **Agradecimientos**

Los autores de este informe quieren manifestar su agradecimiento a los técnicos de la Unidad de Física de Partículas que han participado muy activamente en el proceso de construcción del prototipo. Asimismo agradecen el apoyo recibido por parte del Área de Tecnología, y muy en particular de los Talleres Generales del CIEMAT.

## Referencias

- [1] "CMS Technical Proposal", CERN/LHCC 94-38, LHCC/P1 Diciembre 1994
- [2] Las características del LHC vienen descritas en "Yellow Report on LHC Conceptual Design", CERN/AC/95-05, 1995
- [3] Información General del CERN y sus actividades accesible en INTERNET:  
"http://www.cern.ch/"
- [4] Hewlett Packard, Sistema de medida Láser modelo HP 5528 A.

