

Estudio de un prototipo de BTI para las cámaras de deriva de muones en CMS

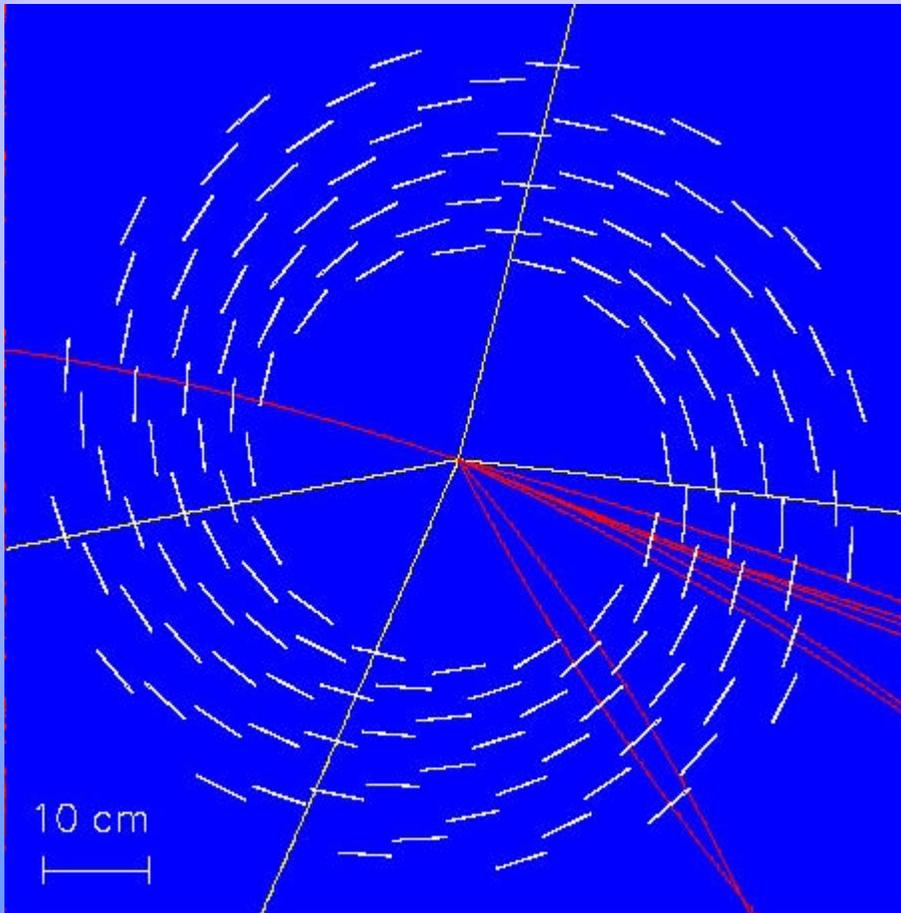
Jesús Puerta Pelayo

12-Marzo-03

Centro de investigaciones energéticas
medioambientales y tecnológicas
CIEMAT, Madrid

Universidad Autónoma de Madrid,
UAM

Introducción



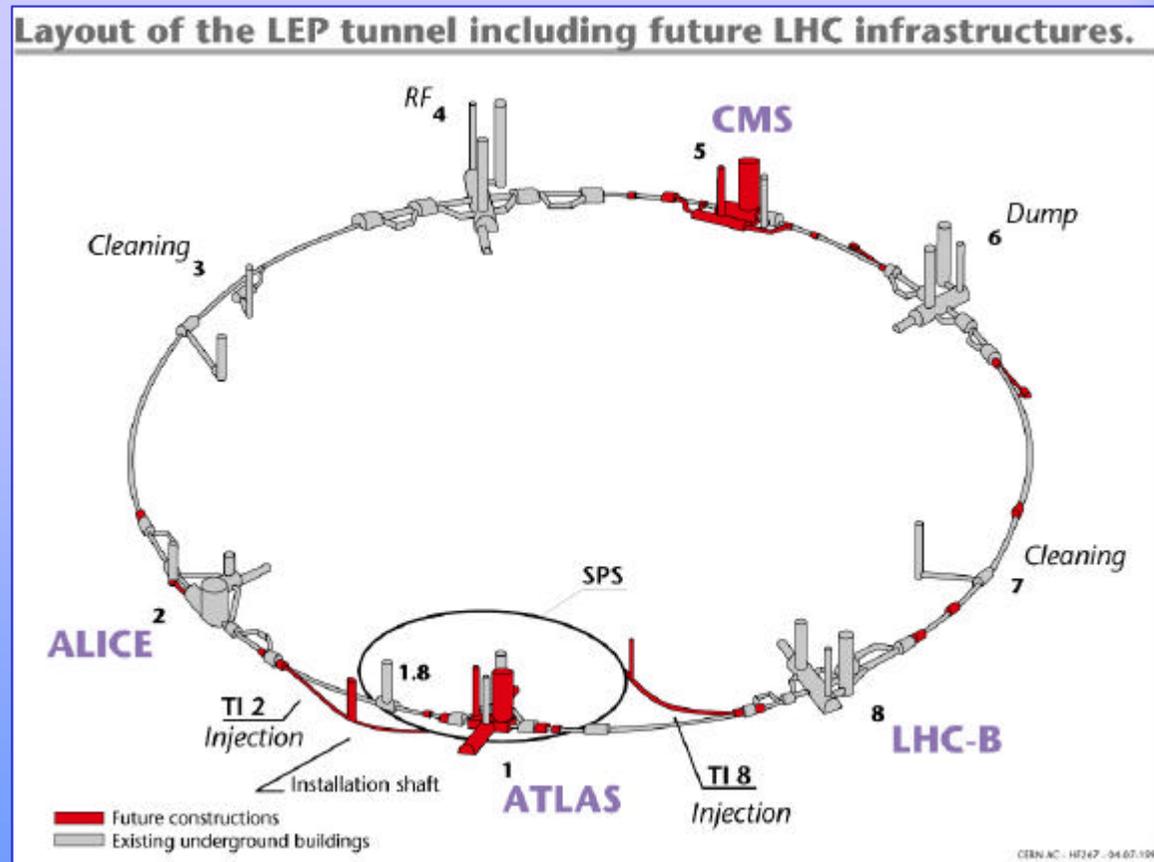
- LHC diseñado para estudiar nueva Física → Procesos de muy baja sección eficaz.
- Alta luminosidad, gran cantidad de información.
- Sistema de discriminación de datos (trigger) es esencial
- El BTI (*Bunch and Track Identifier*) es la primera etapa del trigger local en las cámaras de deriva detectoras de muones en CMS. ~30 % de estas cámaras se construirán en el CIEMAT
- Estudio realizado a partir de los datos obtenidos con un prototipo de BTI en un haz de pruebas.

Contenidos

- **Introducción a LHC y el experimento CMS**
 - **Cámaras de deriva en CMS**
 - **Concepto del BTI**
 - **Resultados**
 - **Conclusiones**

El *Large Hadron Collider* (LHC)

- Colisionador p-p de hasta 7 TeV/haz
- 10^{11} protones cada 25 ns BX
- Alta luminosidad ($10 \text{ nbarn}^{-1}\text{s}^{-1}$) para estudiar procesos baja ó
- Tunel LEP 27 km
- 4 experimentos

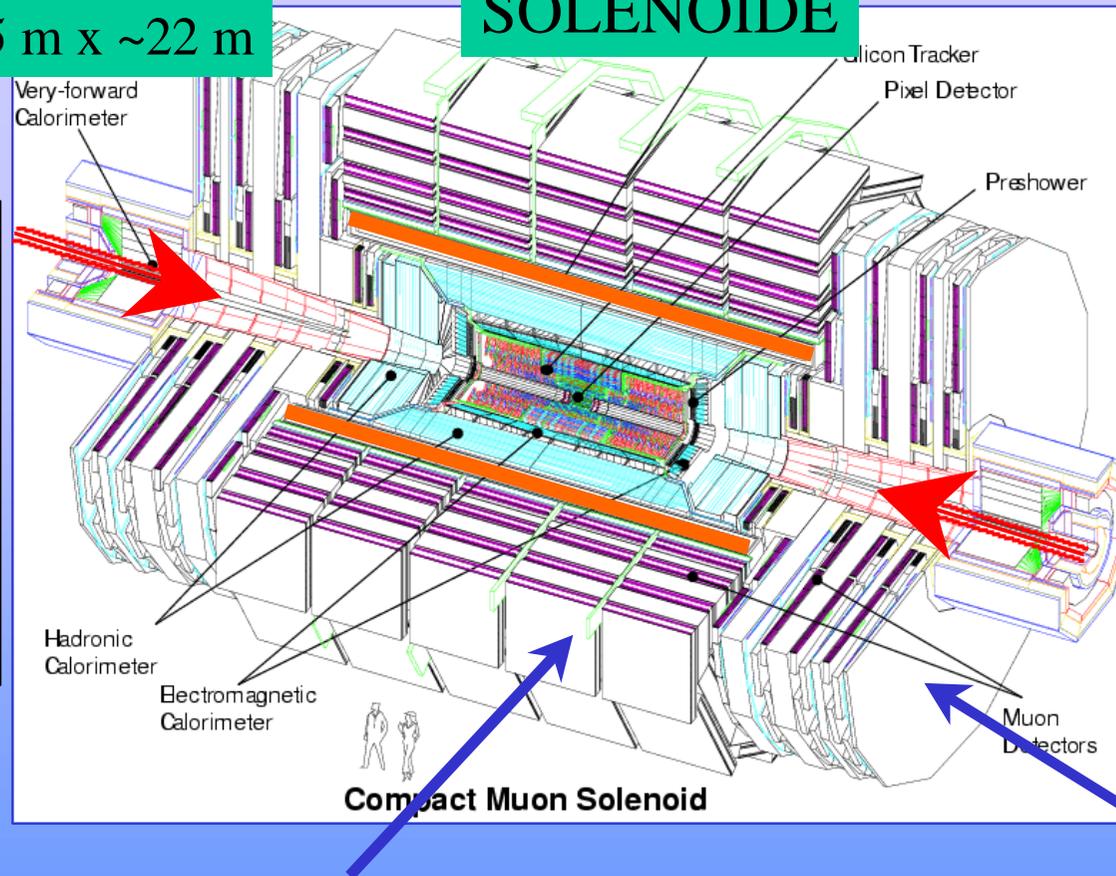


El *Compact Muon Solenoid* (CMS)

Dimensiones ~15 m x ~22 m

SOLENOIDE

- $B = 4 \text{ T}$ en el interior
- 5 ruedas de hierro para cerrar líneas de campo



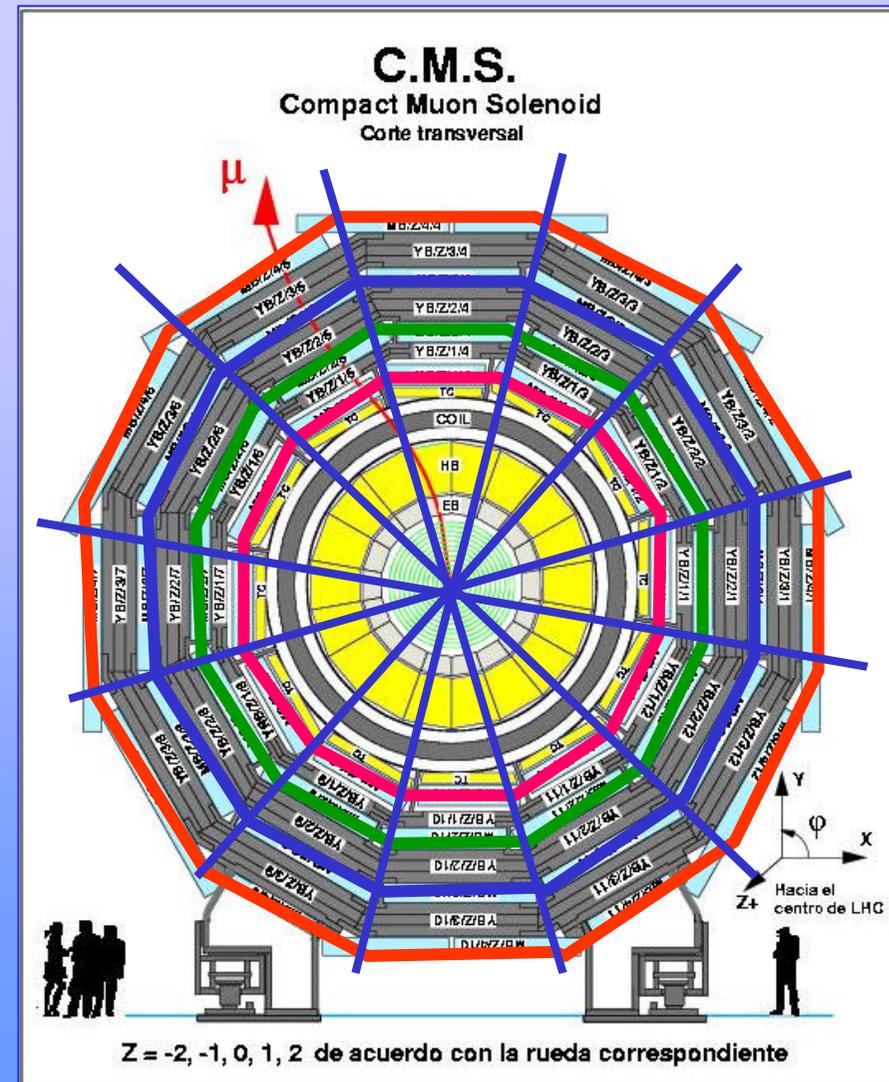
Barril: Simetría cilíndrica

Endcaps

Cámaras de tubos de deriva (DT)

Cámaras de tubos de deriva (DT)

- Encargadas de medida de trayectorias y momentos de muones en barril
- Cuatro estaciones concéntricas (**MB1** - **MB2** - **MB3** - **MB4**)
- CIEMAT construirá estación **MB2** completa y parte de **MB4** (70 cámaras)
 - 12 sectores. 1 cámara por sector/estación



La celda de deriva

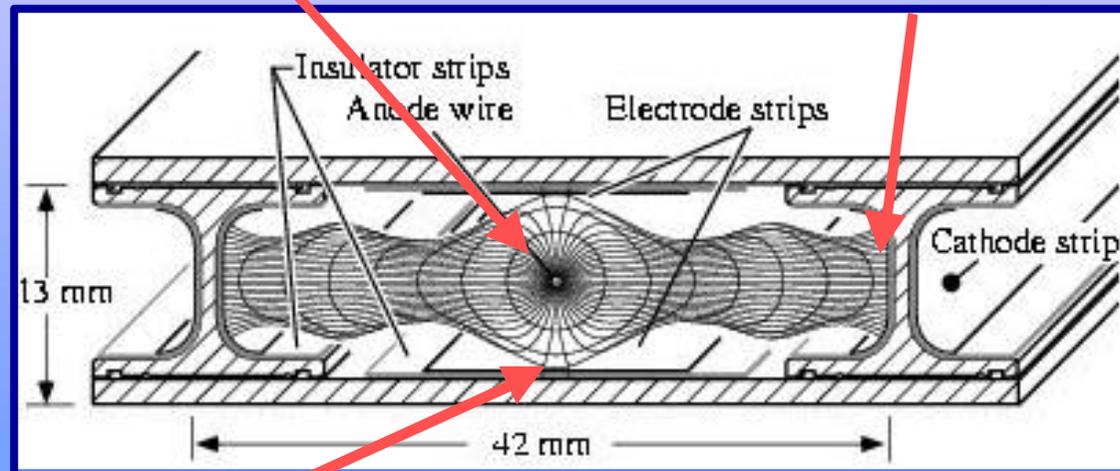
Unidad estructural DT

Tubos de sección rectangular de longitud variable

Ánodo: Hilo detector. 3600 V

Cátodo: Tiras de Al (-1200 V)

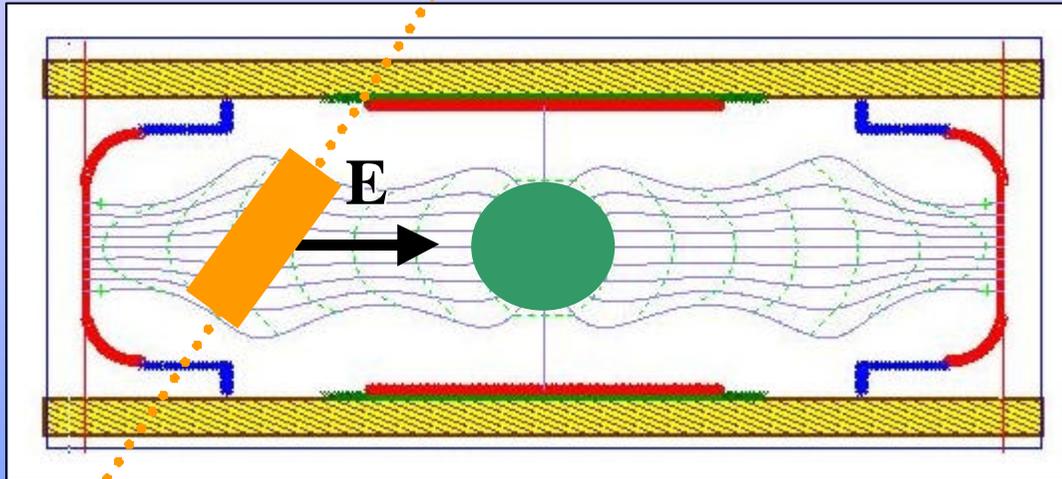
Gas: Ar/CO₂ al
85/15 %



Tiras reguladoras de campo eléctrico (1800 V)

Funcionamiento: *Deriva*

- Partícula cargada
(i) ioniza el gas

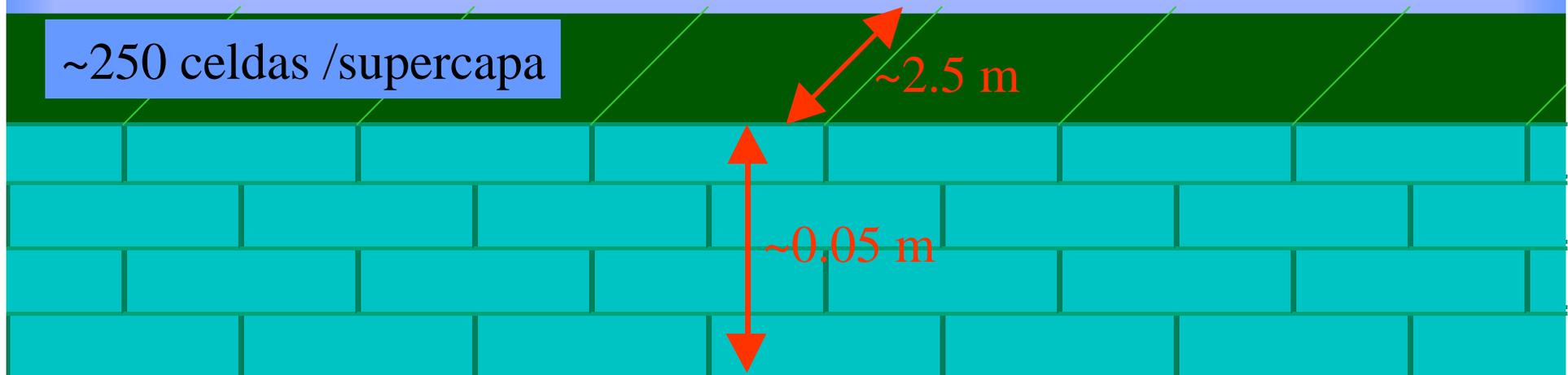


- e^- producidos por ionización comienzan a “derivar” hacia el ánodo por efecto del campo eléctrico

- En las inmediaciones del hilo se multiplican los electrones de señal (avalancha)

Supercapas

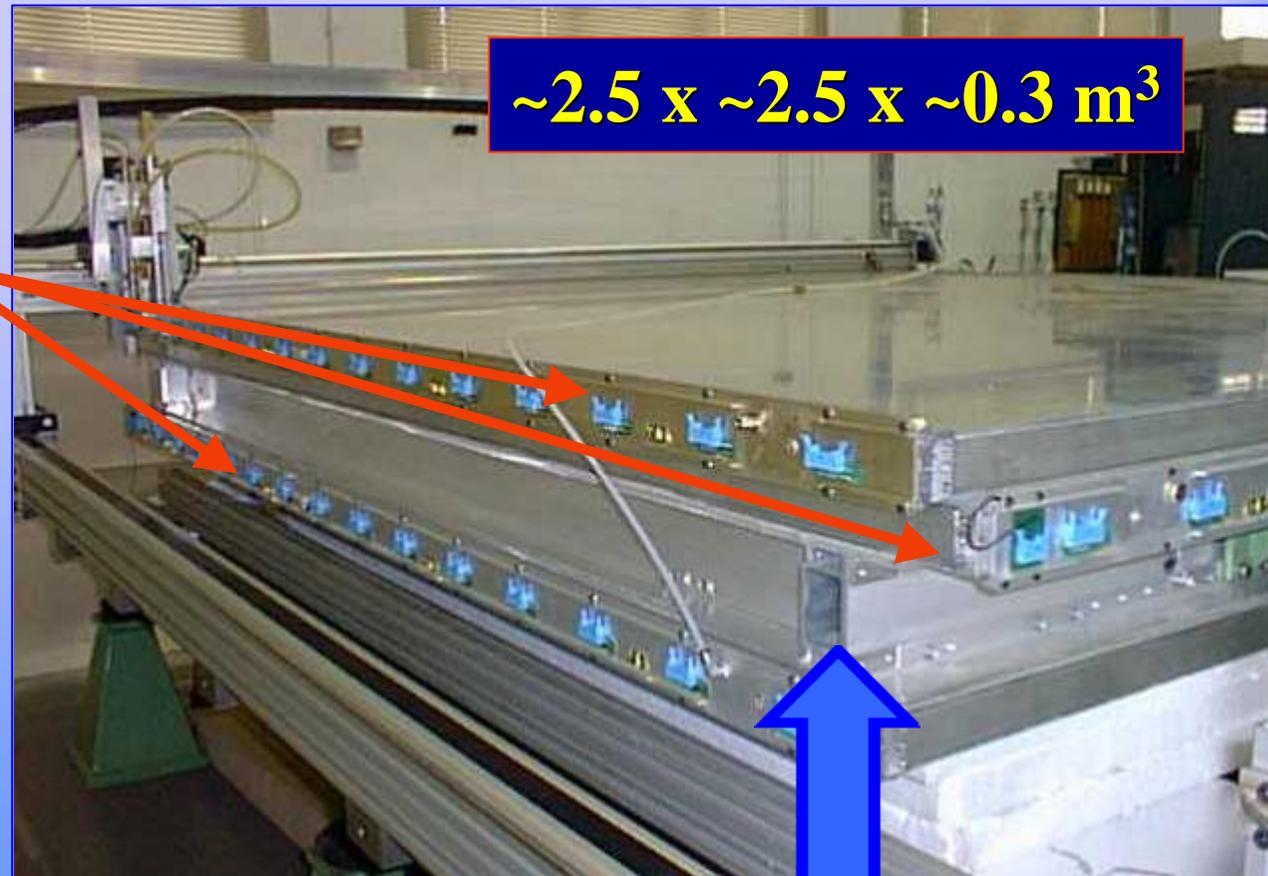
- 4 planos de celdas de deriva rectangulares decaladas entre sí por media celda para evitar indeterminación izda-dcha y cubrir ineficiencias causadas por cátodos. El cuarto plano es redundante.
- Medida proporcionada: 4 puntos de la traza en 2D.
- Supercapas son unidades independientes y estancas.



Cámaras

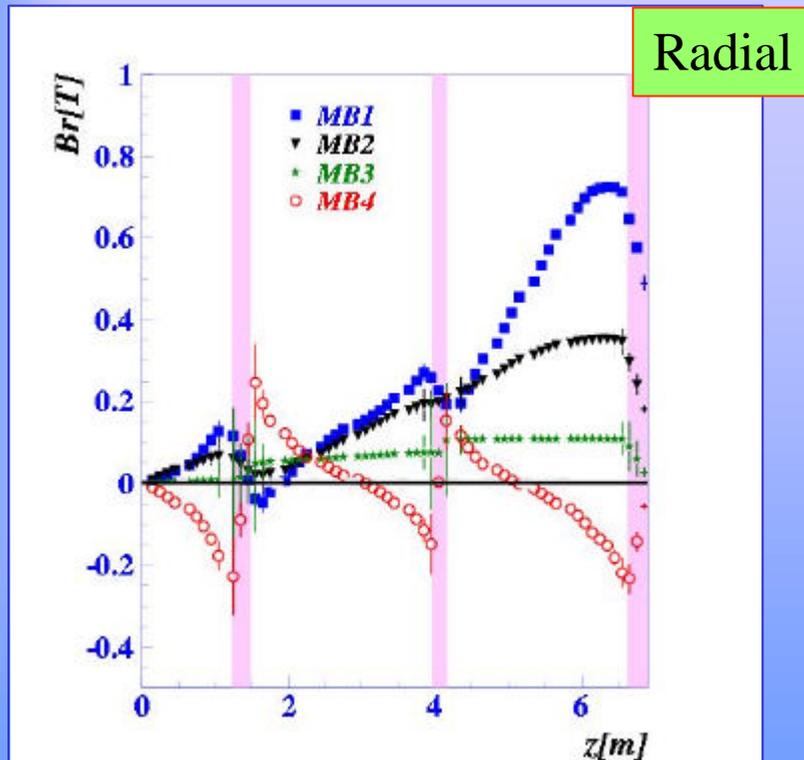
Compuestas por tres
SUPERCAPAS
+ panel honeycomb

- Cada supercapa proporciona medida en 2D, 2 en plano $r-\theta$ y una en plano $r-z$

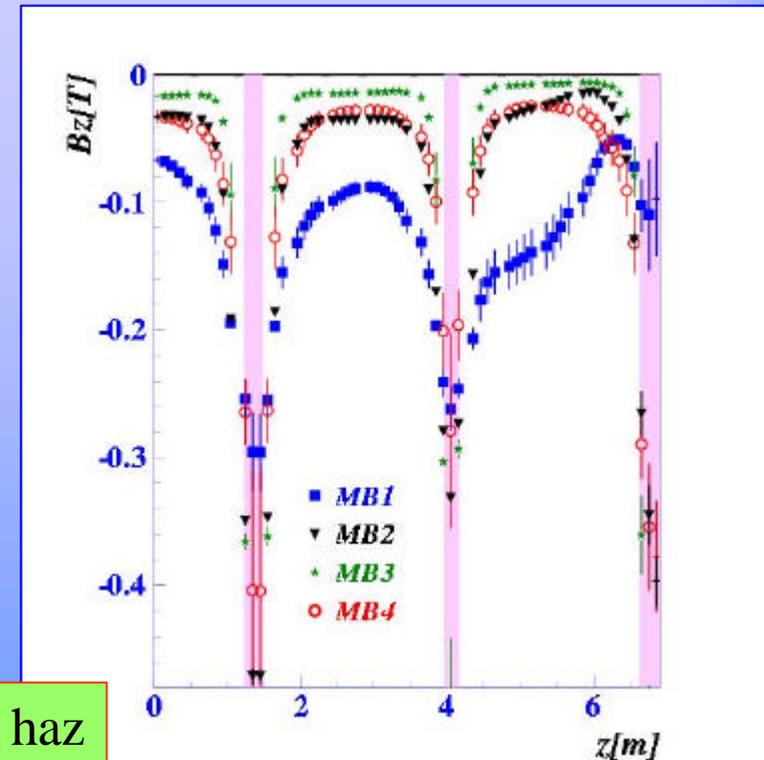


Condiciones en zonas DT

- Campo magnético en el entrehierro del imán



Paralelo al haz



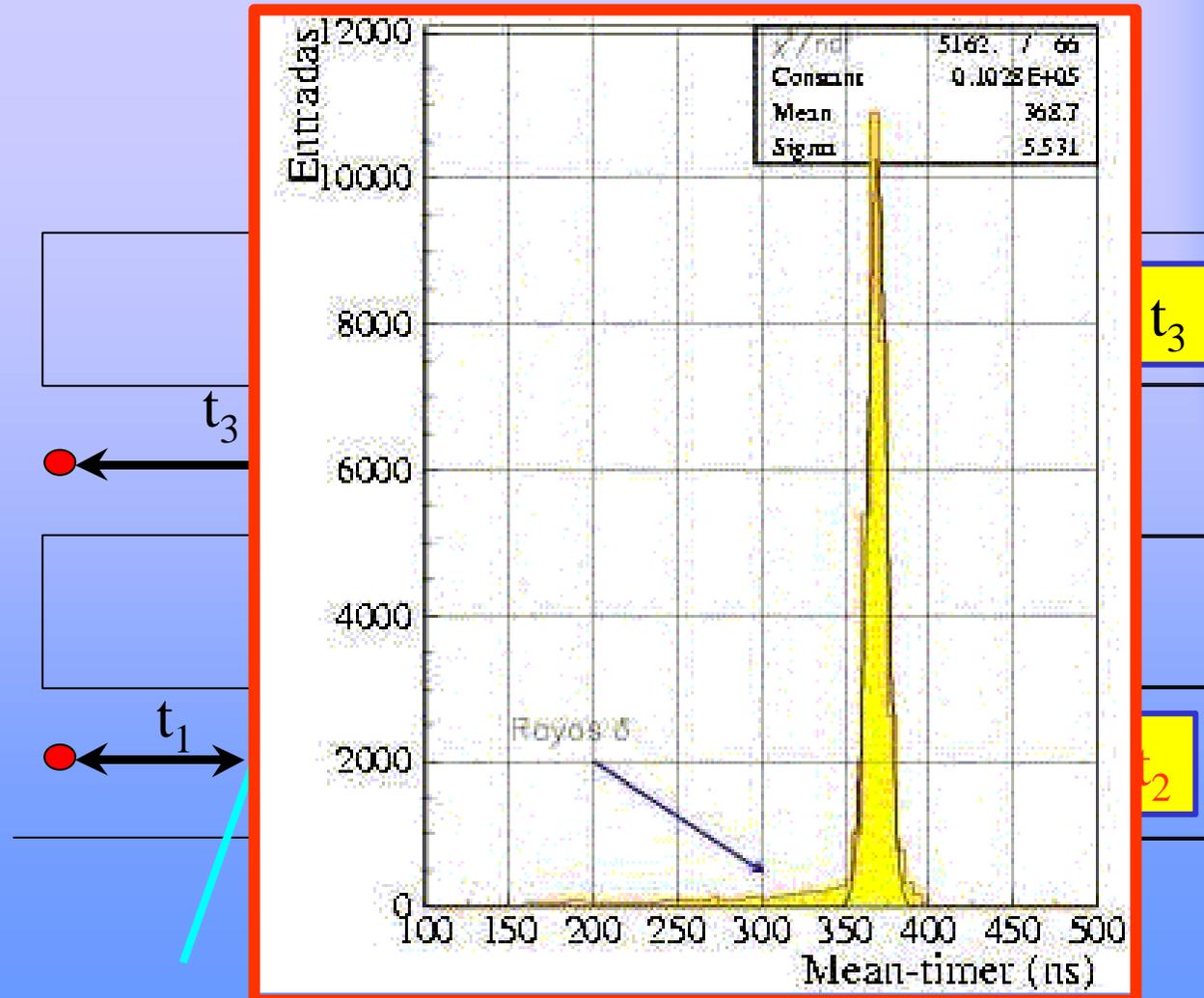
Flujo de partículas en DT del barril < 10 Hz/cm². (Endcap > 100 Hz/cm²)

Meantimer

- Variable que proporciona el tiempo máximo de deriva para cualquier traza (indep. ángulo)

- Utilidad:

- Cálculo v_d aparente
- Trigger

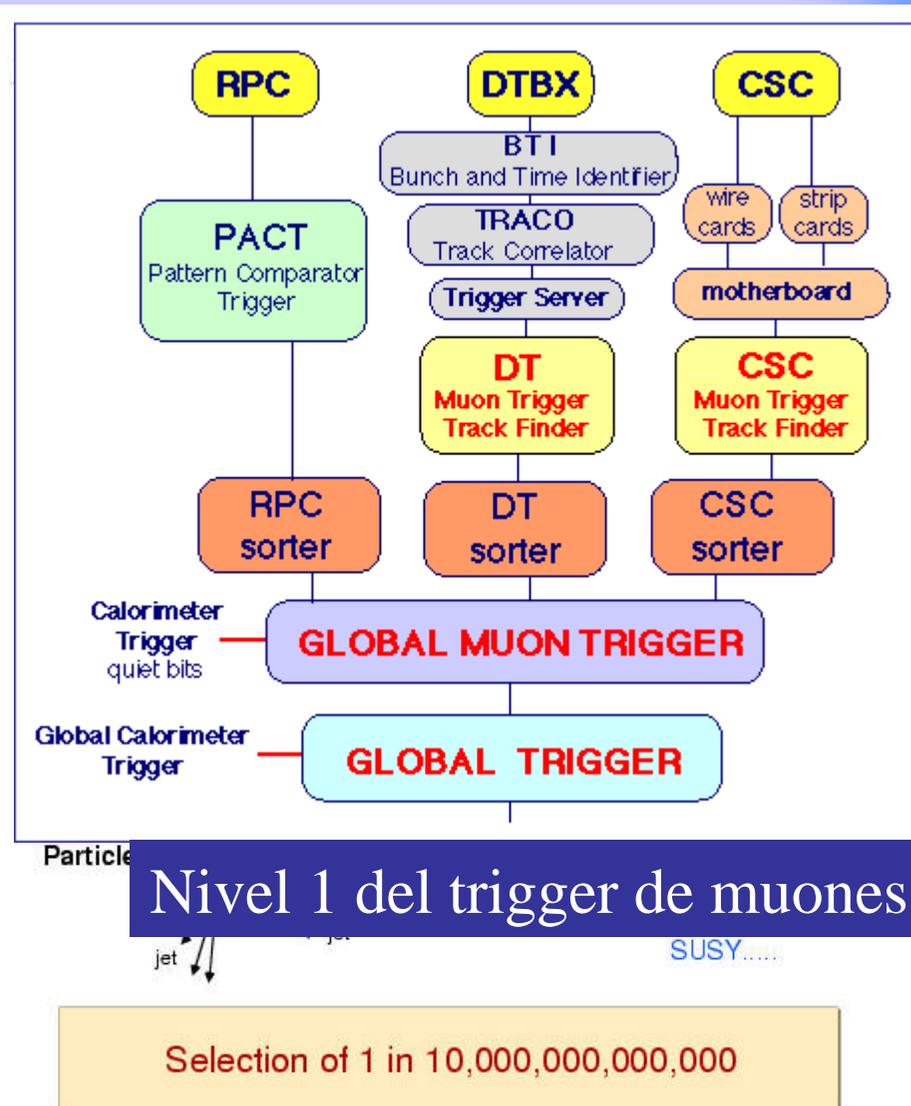


El sistema de trigger en CMS

- Reconstrucción y decisión rápida sobre el suceso recogido.

Estructurado en dos niveles. El primer nivel se lleva a cabo por los subdetectores. El segundo por procesadores comerciales

- Objetivo del 1º nivel: Reducción del flujo de sucesos de 40MHz (recogidos por los detectores) a 100 Hz (para el nivel 2).



E1 Bunch and

Track

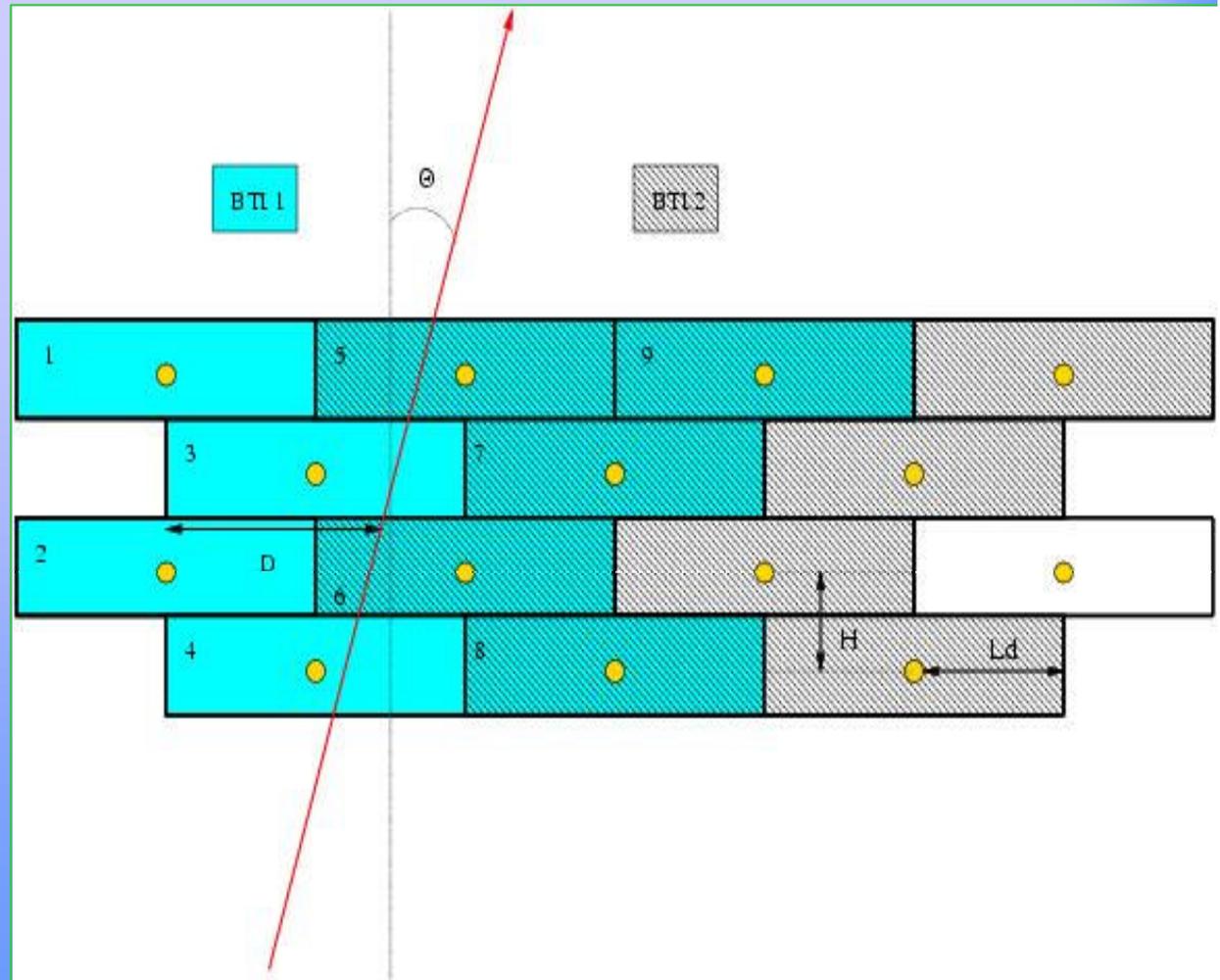
Identifier (BTI)

El BTI: Concepto

- Dispositivo electrónico que constituye la primera etapa del trigger local de muones
- Basado en algoritmos inspirados en el meantimer
- Objetivos
 - Determinar si un grupo de señales de los DT procede de una traza y reconstruir dicha traza
 - Asignar el cruce de haces asociado
- Requerimientos CMS:
 - Eficiencia de trigger $1 - \epsilon > 94\%$ para trigger total DT
 - Resolución espacial $< 1.4\text{ mm}$

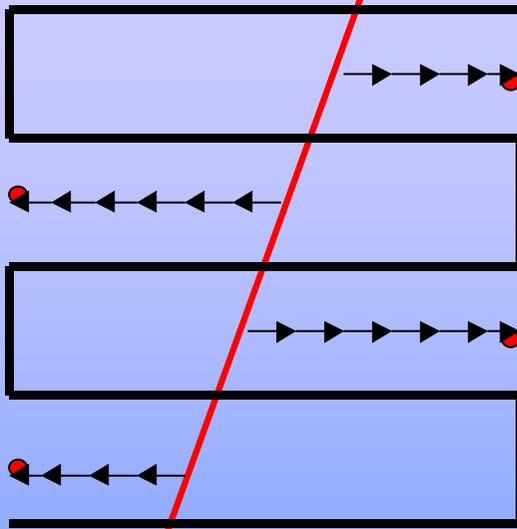
El BTI: Concepto

- Actua sobre 9 celdas de una supercapa (contienen todos los posibles patrones de traza)
- Toma los tiempos cada *slot* de 25 ns y los introduce en un buffer (*registros*)

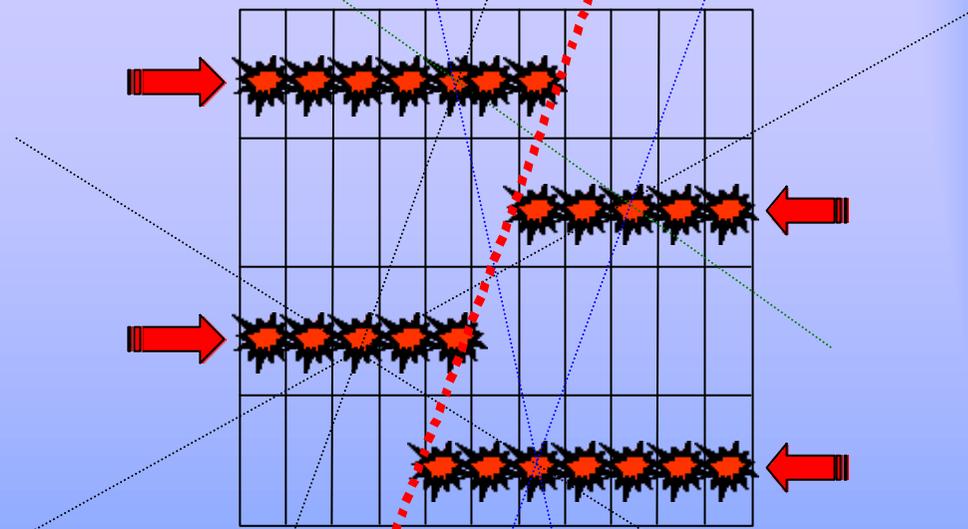


Descripción conceptual

Supercapa



Registros del BTI



$t = 275 \text{ ns}$

Pasado un tiempo = T_{\max} todos los segmentos calculados por el BTI para cada pareja de celdas coinciden y reproducen la traza original

Ejemplo

Registros

Cuando se produce la coincidencia en las 6 ecuaciones el BTI proporciona un *High level TRiGger* (**HTRG**) (Señales en 4 celdas)

Si no más de tres ecuaciones coinciden, el BTI da un *Low level TRiGger* (**LTRG**) (Señales en 3 celdas)

Para este patrón de traza:

$$k_{43} = 350 \text{ ns}$$

$$k_{42} = 362.5 \text{ ns}$$

$$k_{41} = 358 \text{ ns}$$

$$k_{32} = 375 \text{ ns}$$

$$k_{13} = 362.5 \text{ ns}$$

$$k_{12} = 350 \text{ ns}$$

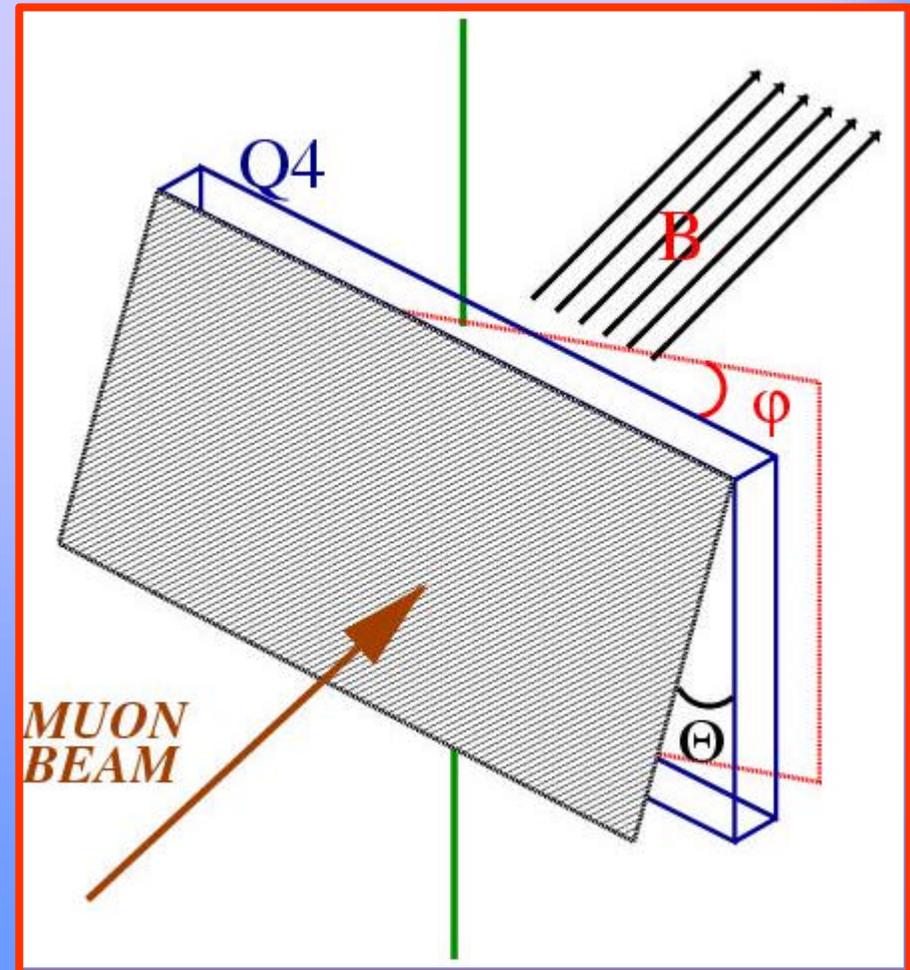
Coincidencia de valores en $\pm 25 \text{ ns}$

$$T_{\max} = 375 \text{ ns}$$

Resultados

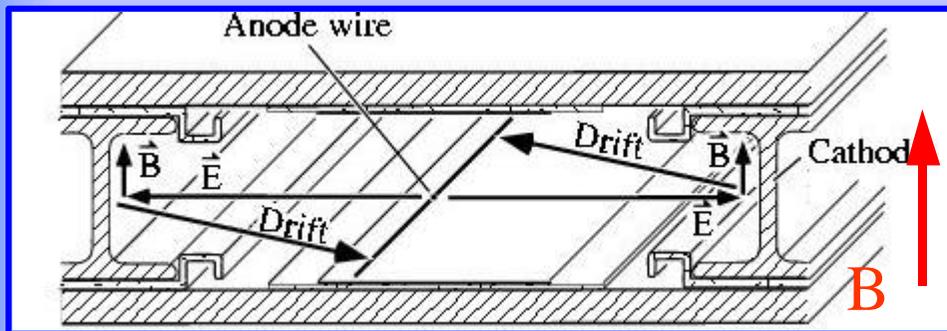
Dispositivo experimental

- Datos tomados en un haz de pruebas (\hat{i}) en Julio de 2000 en el CERN
- Prototipo de supercapa con 16 celdas (Q4) construido en el CIEMAT.
- Equipado con 6 BTIs
- B hasta 1.2 T perpendicular hilos
- Ángulos de incidencia hasta 35°



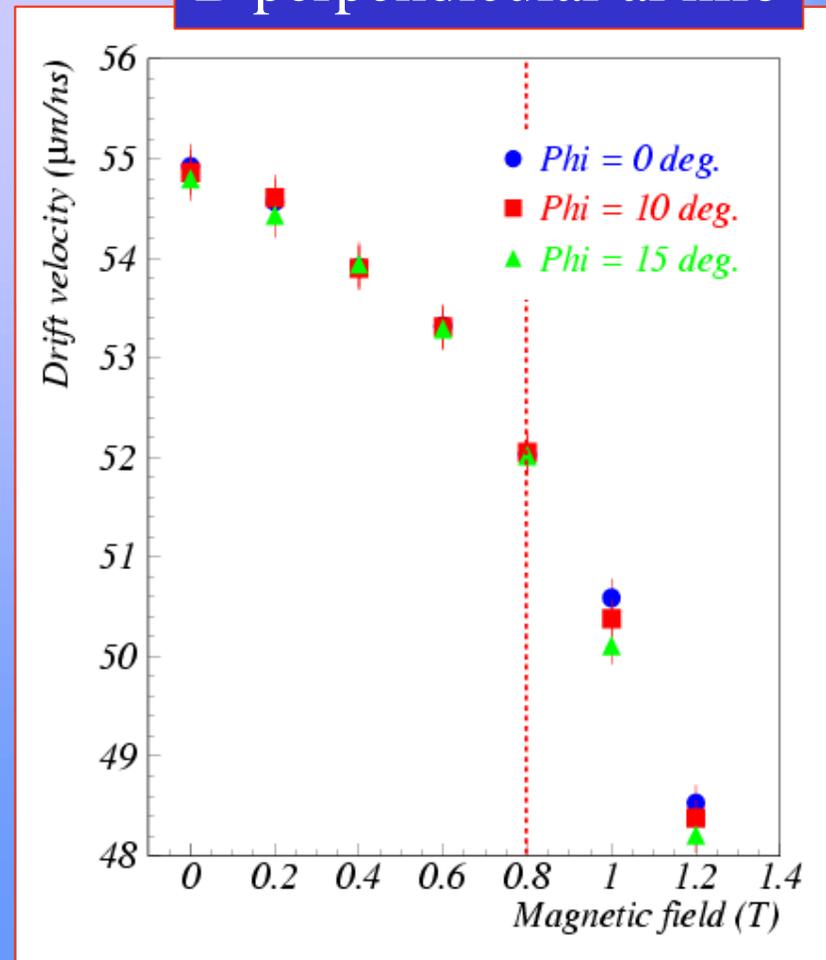
Efecto de B en los DT

El campo magnético provoca una variación en las trayectorias de deriva de los electrones



Variaciones en la velocidad de deriva aparente $\sim 5\%$ en el peor de los casos en CMS

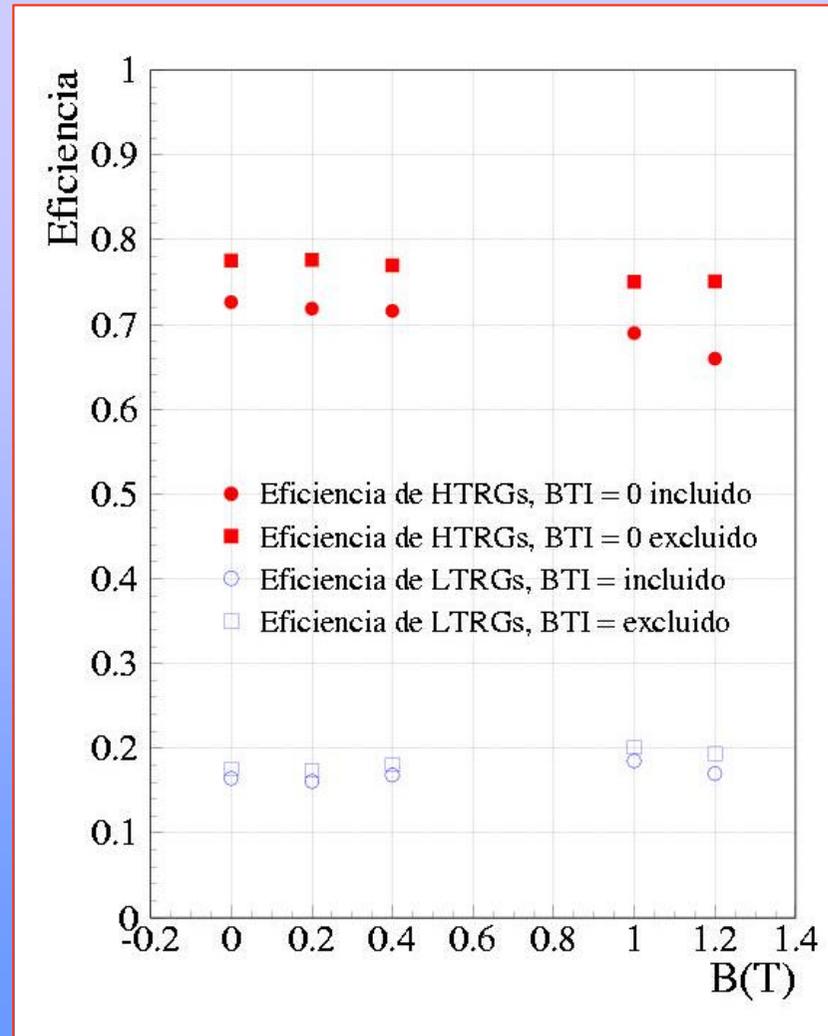
B perpendicular al hilo



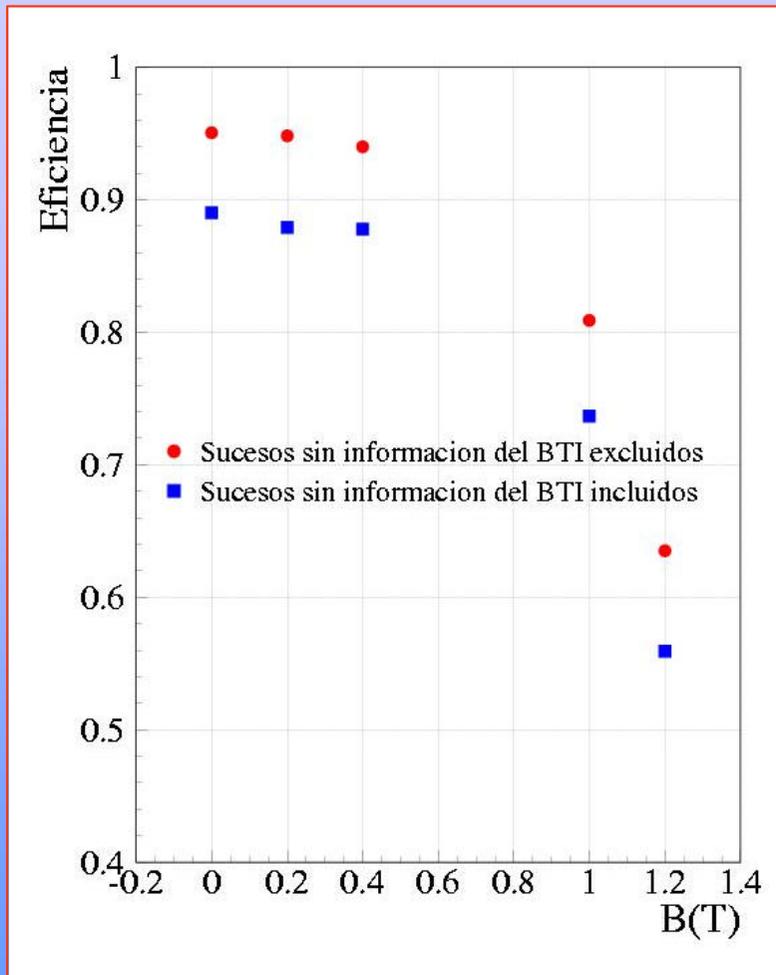
BTI como trigger vs B

La eficiencia del BTI para proporcionar señal de trigger en el slot adecuado no presenta variaciones significativas independientemente del campo magnético

BTI = 0 incluido: cota inferior a la eficiencia



BTI como trigger vs B



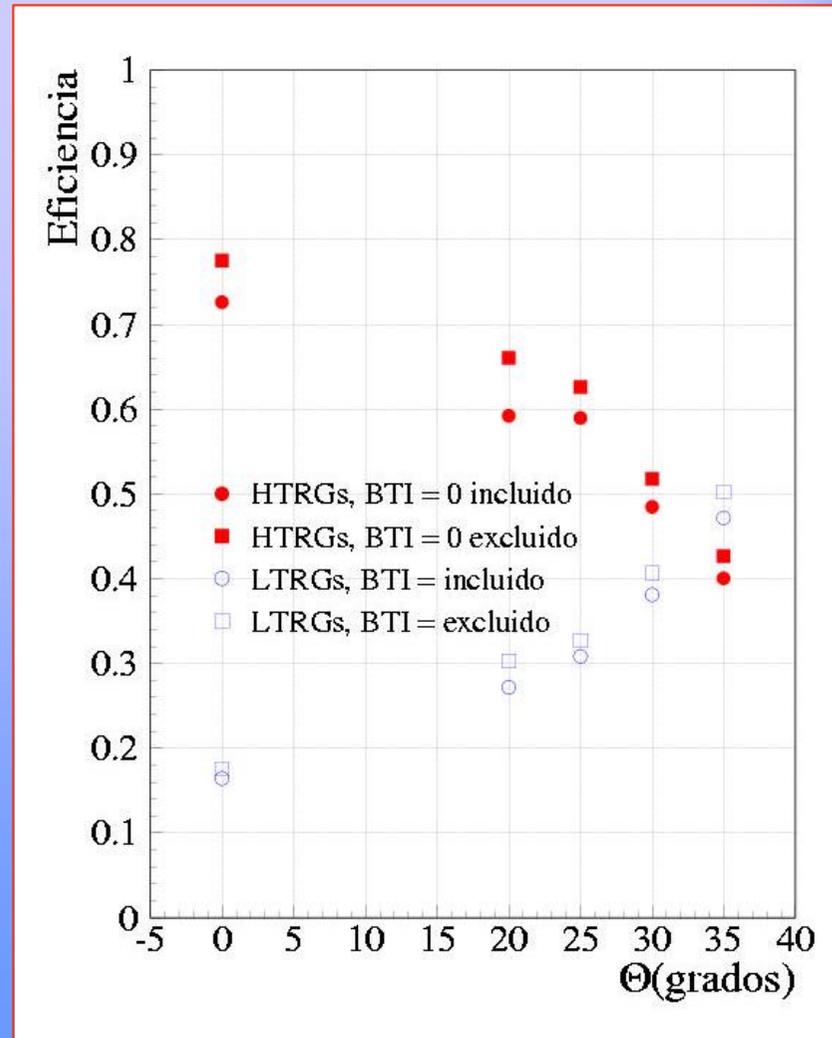
La V_d ha de ser fijada a priori para cada configuración de campo magnético

Si esa V_d se mantiene constante el BTI es ineficiente a altos valores de campo.

BTI como trigger vs ángulo

El ángulo de incidencia del muon tampoco afecta a la eficiencia global del BTI

Sin embargo la calidad del trigger empeora para ángulos altos por las características del algoritmo

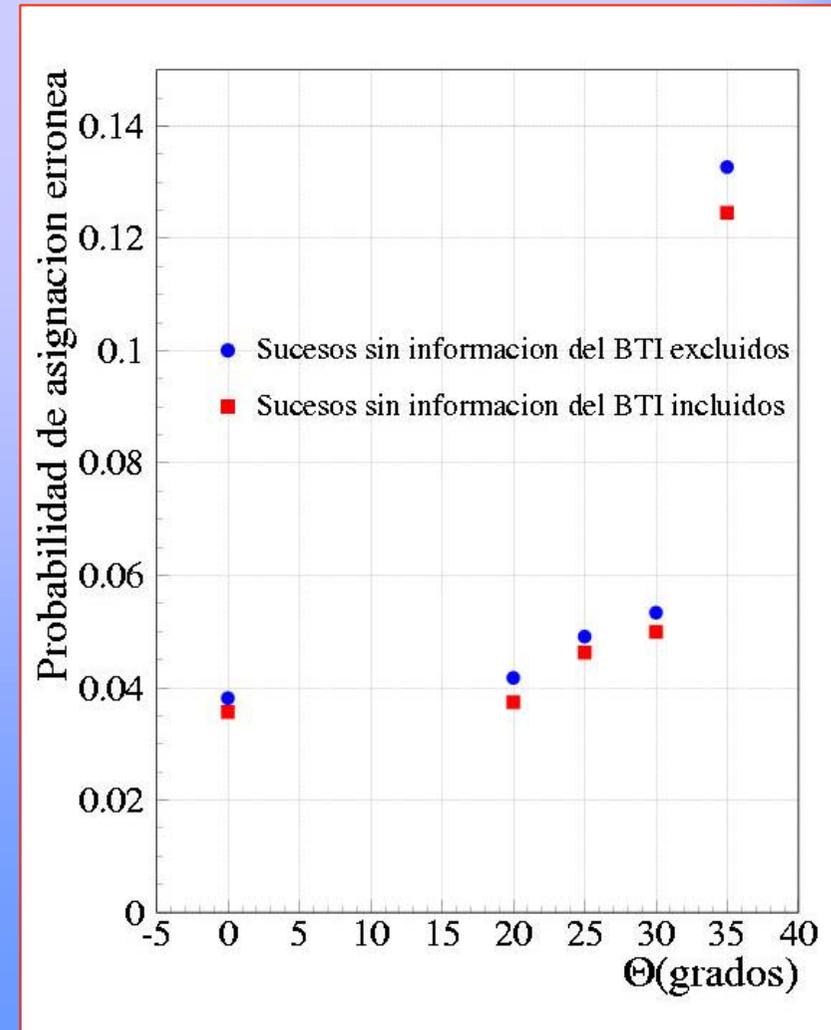


BTI como trigger vs ángulo

- Probabilidad de asignación errónea de cruce de haces:

Sucesos cuyos HTRG han sido asignados a cruces de haces contiguos

El algoritmo no es capaz de reconocer el cruce de haces cuando la traza empieza a atravesar celdas consecutivas por el mismo lado



BTI como reconstructor de trazas

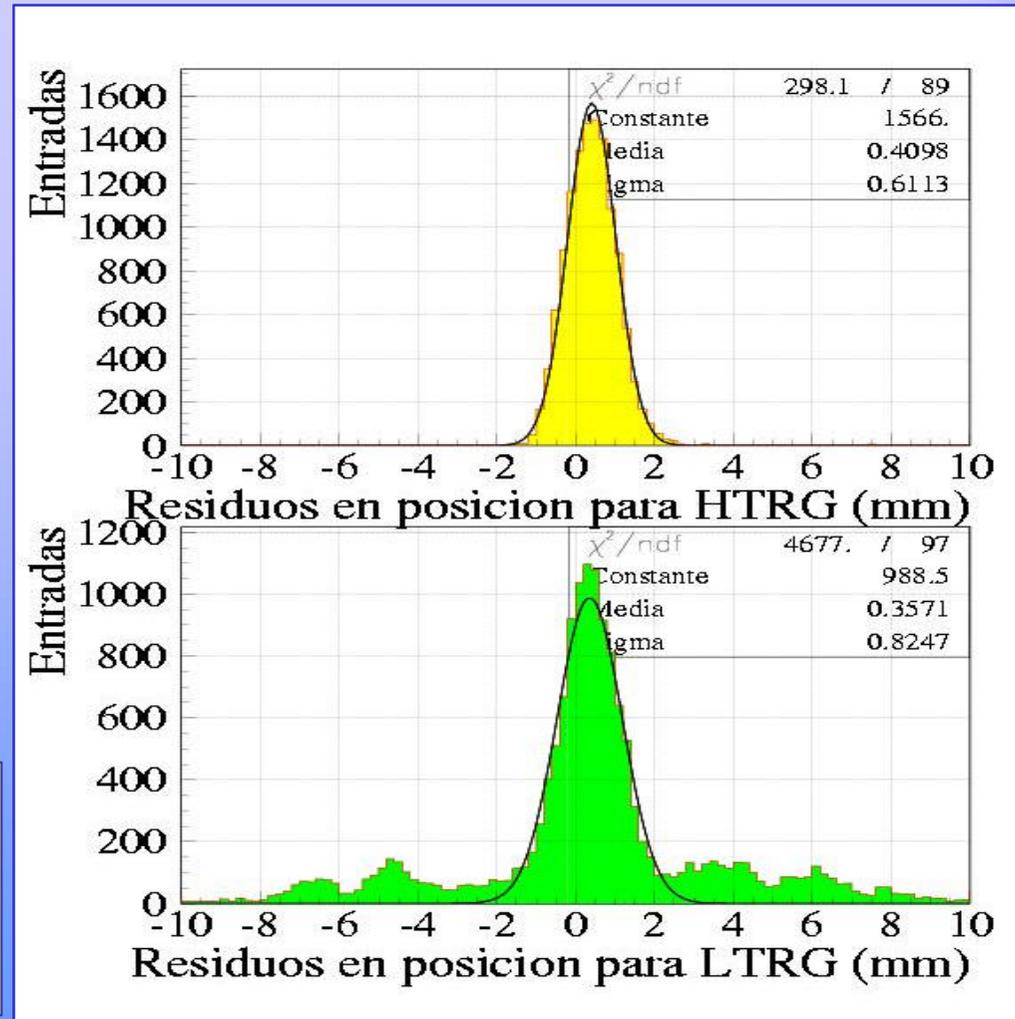
Relación entre las posiciones reconstruidas por el BTI y por los DT (HTRG)

La dispersión para los LTRG es mayor que para HTRG

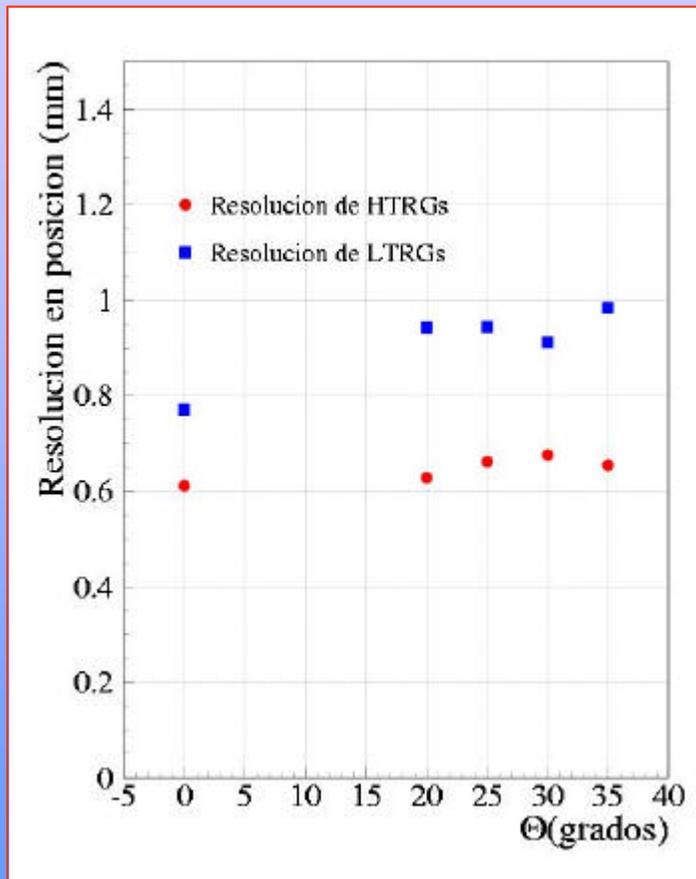
Resolución requerida

<

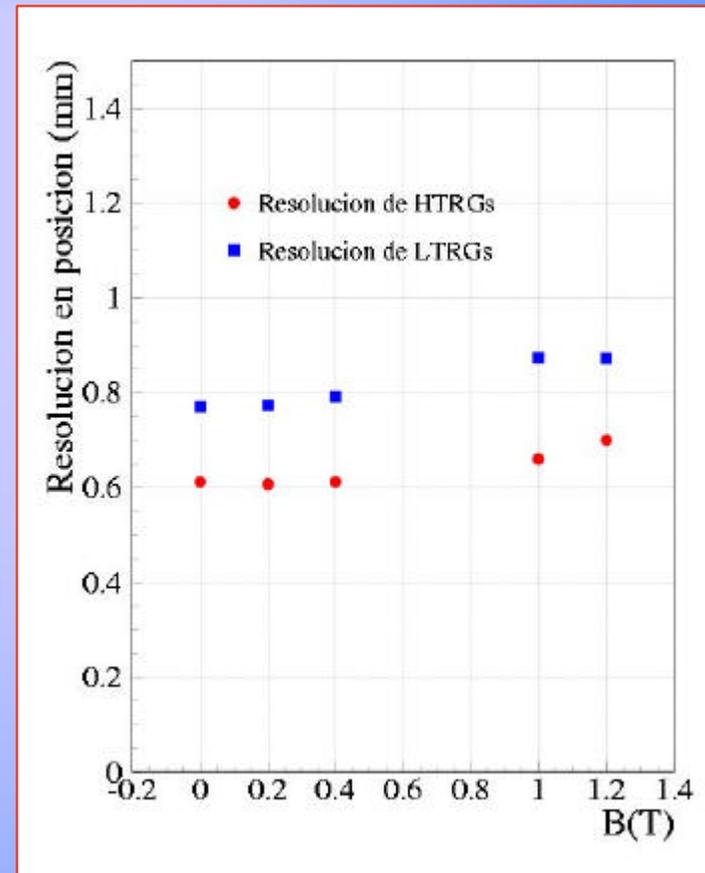
$$25 \text{ ns} \cdot V_d \sim 1.4 \text{ mm}$$



Resolución espacial

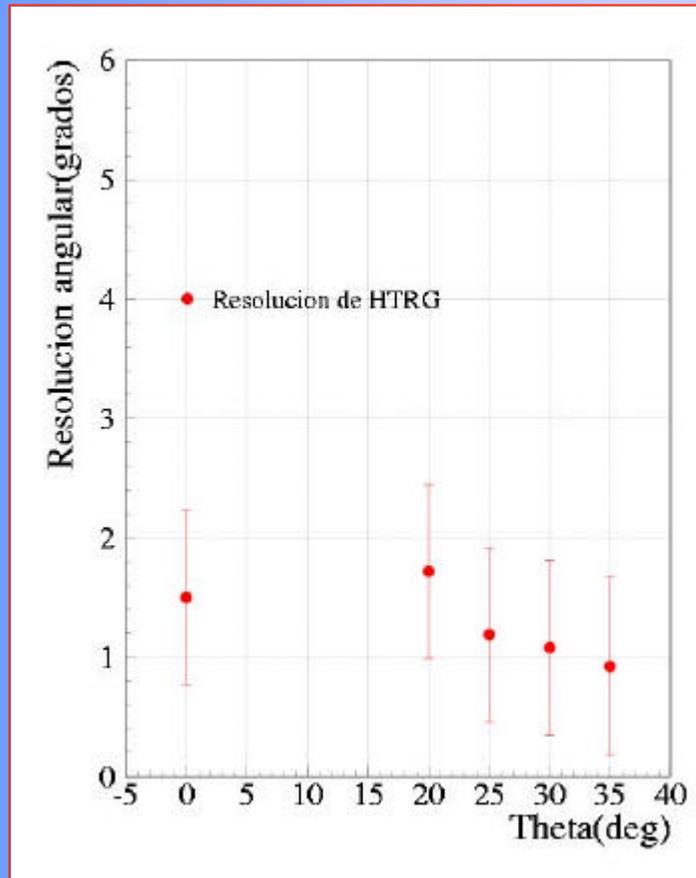


Mejor en **HTRG**
que en **LTRG**



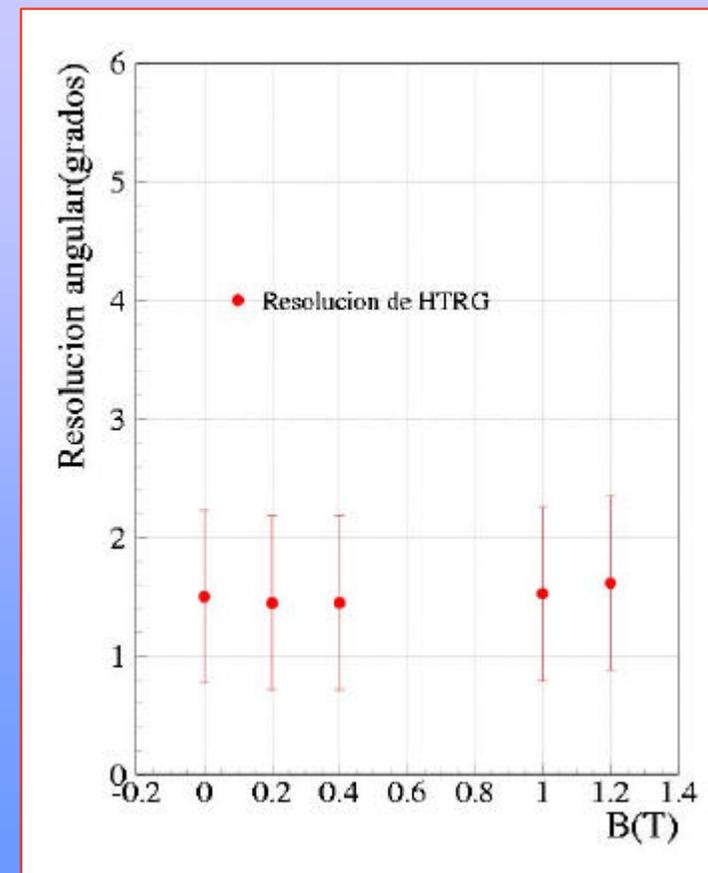
La resolución espacial proporcionada por el BTI no varía significativamente con B ni ángulo. Se mantiene muy por debajo de 1.4 mm en todos los casos.

Resolución angular



Los errores obtenidos son del mismo orden de la medida -> El ángulo es una medida indirecta de baja precisión

Resolución ~ 1.5 grados



Conclusiones

- **El BTI cumple su función como dispositivo de trigger, manteniendo eficiencias superiores al 90%, no viéndose dramáticamente afectadas por el campo magnético perpendicular al hilo, siempre que la calibración y sincronización del BTI se realicen adecuadamente.**
- **El ángulo de incidencia empeora la calidad del trigger pero mantiene constante la eficiencia global.**
 - **Salvo para ángulos muy altos, en no mas de un 5% de sucesos se produce un error en la identificación del cruce de haces.**

Conclusiones

- **Las eficiencias superiores al 90% están de acuerdo con anteriores tests realizados con otros prototipos de BTI y cubren las expectativas requeridas para el trigger global de muones en CMS. La eficiencia de la cadena total de trigger junto con etapas posteriores del trigger en DT junto con las RPC aseguran eficiencias superiores al 94%, como se requiere en CMS.**
- **En Mayo de 2003 se realizará un nuevo test del BTI con dos cámaras completas y un haz de 25 ns para dar validez al trigger global de los DT.**