

**Vale, muy bonito  
y ahora,  
¿qué?**

Spanish Teacher Programme  
CERN, 27 June – 2 July 2010

**Follow – up**  
Francisco Barradas-Solas  
Centro de Intercambios Escolares  
Consejería de Educación  
Comunidad de Madrid



Now this is not the end. It is not even the beginning of the end. But it is, perhaps, the end of the beginning.

# Spanish Teacher Programme CERN, 27 June – 2 July 2010



## ¿Y ahora qué...?

- Lo que podemos hacer en el aula
- Colaboración

Francisco Barradas-Solas  
Centro de Intercambios Escolares  
Consejería de Educación · Comunidad de Madrid

# ¡Pero con modestia!

Hay más cosas en el mundo, y en particular en la enseñanza, que la física de partículas...

**Spanish Teacher Programme**  
**CERN, 27 June – 2 July 2010**



## ¿Y ahora qué...?

- Lo que podemos hacer en el aula
- Colaboración

Francisco Barradas-Solas  
Centro de Intercambios Escolares  
Consejería de Educación · Comunidad de Madrid

# Lo que podemos hacer en el aula

1. El *programa mínimo*
2. Adaptarse a la programación
3. Introducirlo en la programación

¡Pero **solos, no!**

Se lo contamos a los **colegas del departamento** (¡como mínimo!) y luego están los **compañeros de estos cursos**.

Podemos empezar por **revisar juntos la programación y la práctica docente** para ver si incluyen (y discutir si deberían hacerlo) los elementos **mínimos** de la física de partículas para todos los niveles y a partir de ahí...

# 1. El *programa mínimo*

Habr  gente que no pueda o no quiera hacer otra cosa, pero ***no se puede*** ignorar lo que hemos aprendido estos días...

Un paso más allá de Rutherford, pero la idea es la misma.

(Friedman, Kendall & Taylor. SLAC – MIT ca. 1970)

Dentro de los protones hay algo duro...

# Elementos *mínimos* de la física de partículas

En grado de profundidad creciente (cada nivel supone el anterior)

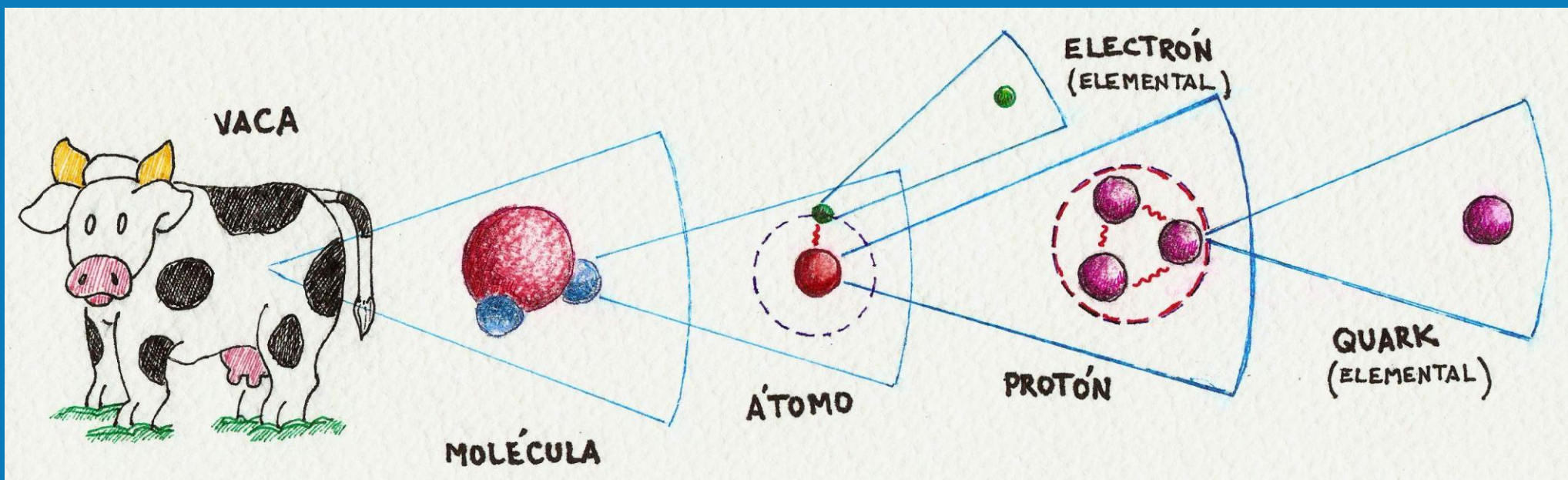
1

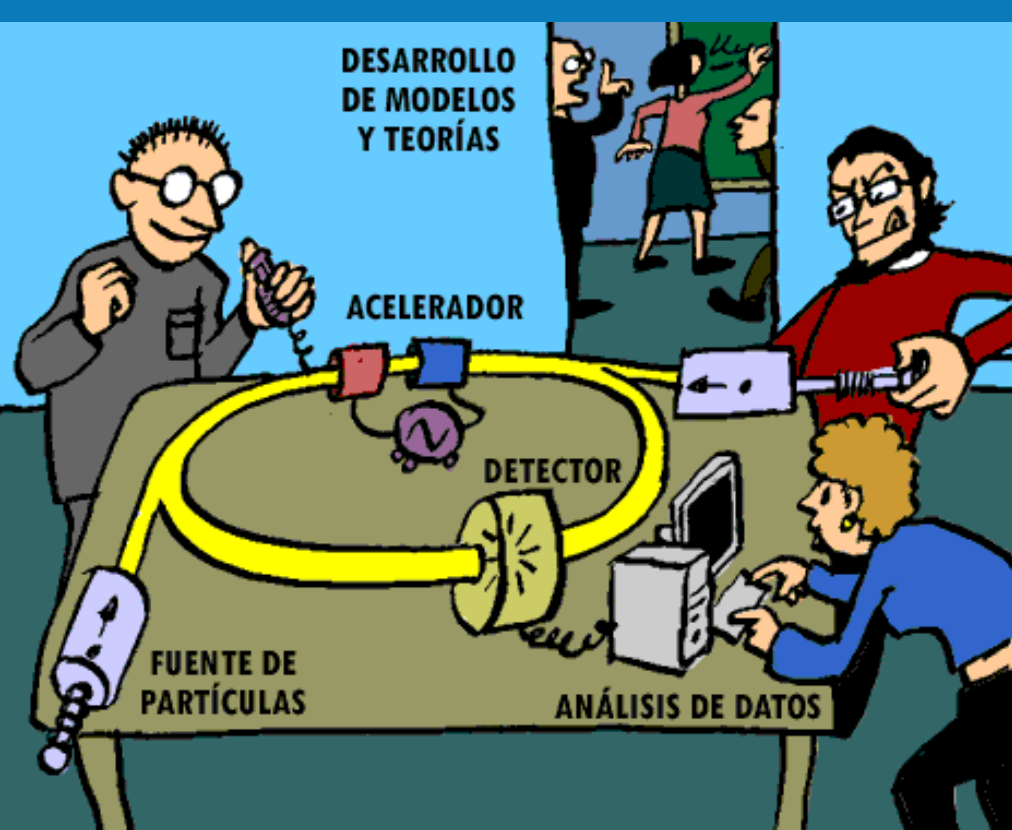
Los **bloques mínimos** (hablando con no mucha precisión) de los que está hecho el todo en el universo son las **partículas elementales**

Muchas de estas partículas **se detectan** rutinariamente no sólo en los laboratorios científicos sino en los hospitales, etc.

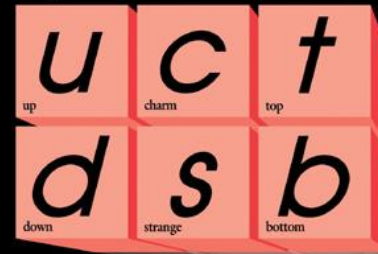
**Todo está hecho de partículas elementales;** no sólo la materia, también la radiación.

Incluso **las partículas son responsables de las interacciones** (mediante el mecanismo de intercambio; las fuerzas electromagnéticas, por ejemplo, se deben al intercambio de fotones).

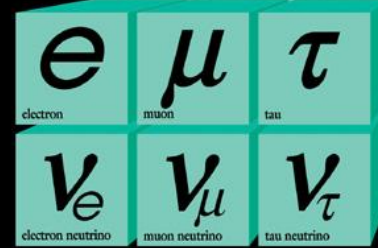
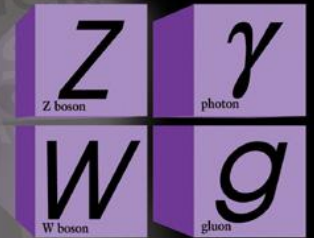




## Quarks

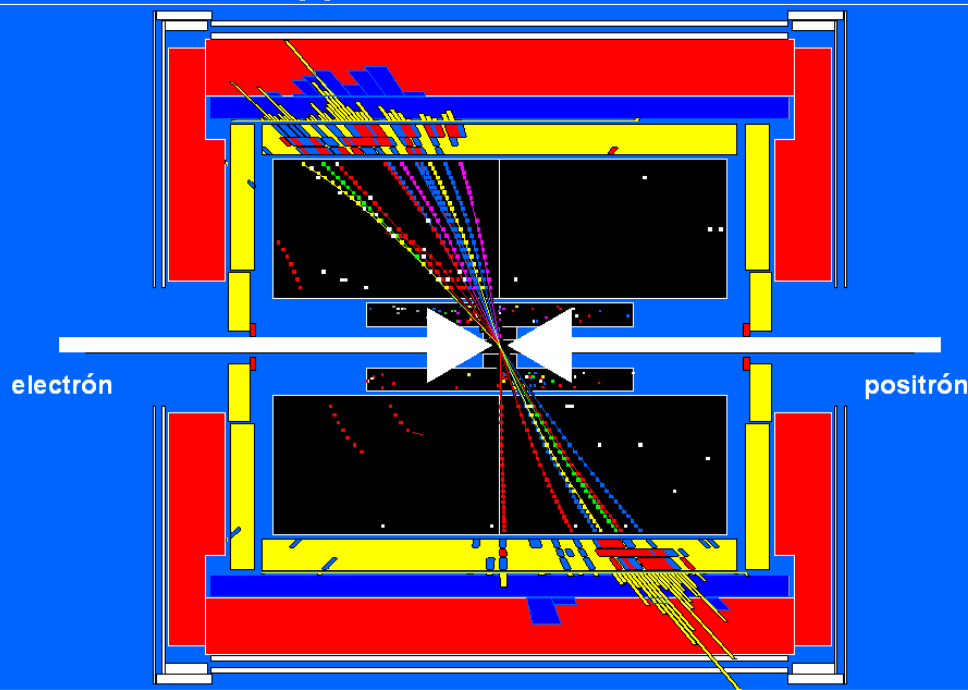


## Forces



## Leptons

ALEPH DALI  $e^+ e^- \rightarrow q \bar{q} \rightarrow \text{hadrons}$  Run=15995 Evt=126



3. Los ingredientes del modelo estándar y el principal método experimental (colisiones)



## 2. Adaptar la programación

Sin necesidad de alterar la programación más allá del programa mínimo se puede conseguir mucho.

La consigna es *sustituir los choques de coches por colisiones de partículas...*

Ver, por ejemplo:

*Viaje al corazón de la materia:*

*Física de partículas en el Instituto*

<http://palmera.pntic.mec.es/~fbarrada/>

Acercándonos la LHC

[http://www.lhc-closer.es/pages\\_es/phy\\_1.html](http://www.lhc-closer.es/pages_es/phy_1.html)

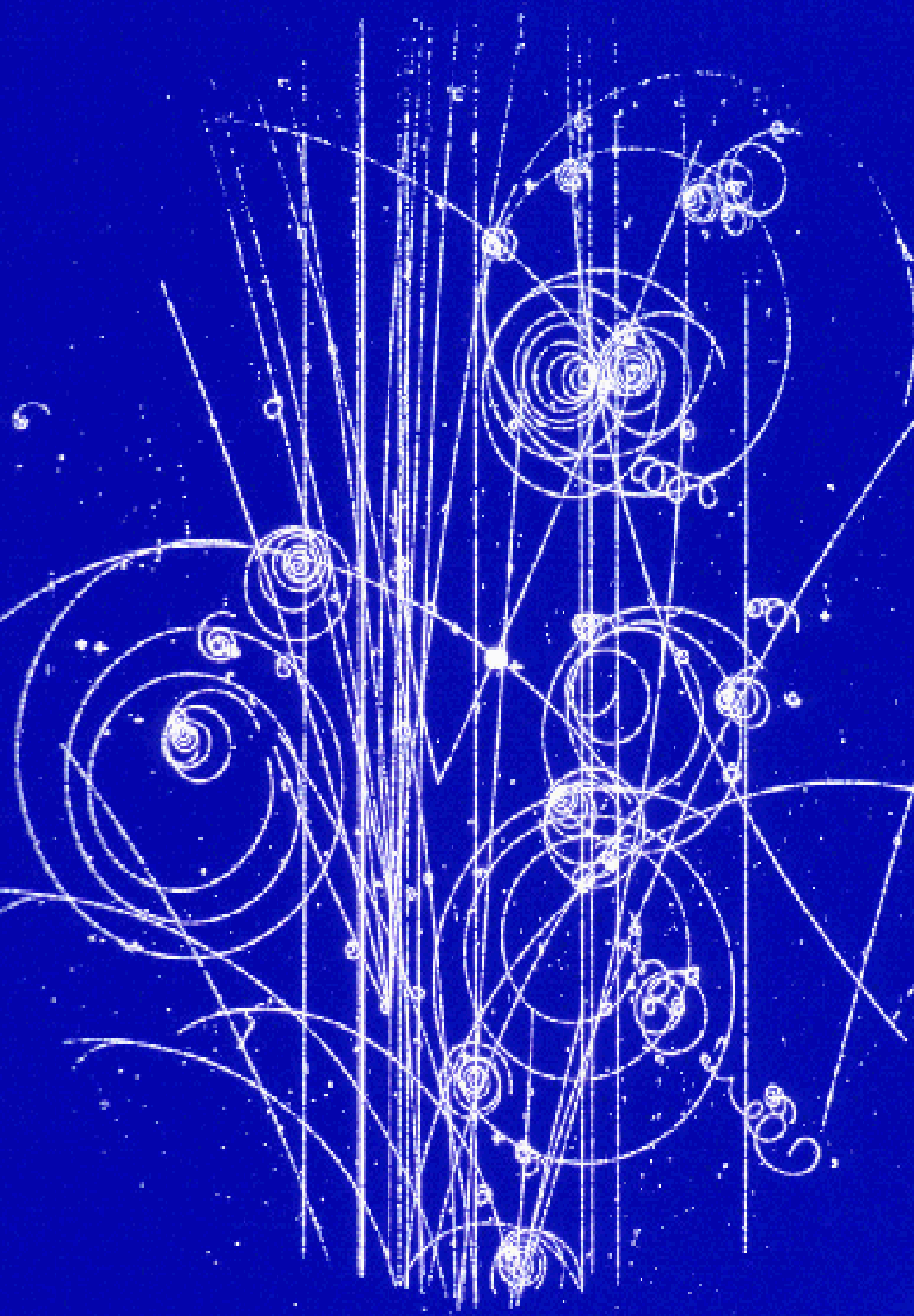
### 3. Introducir la física de partículas en la programación de manera explícita

Lo que no excluye el camino 2.

Hay quien lo hace...

---

**Una propuesta**  
del tipo 2:



# Partículas de verdad

*Ver para  
creer*

**Pero cuidado:  
ni “vemos”, ni  
se trata de  
creer**

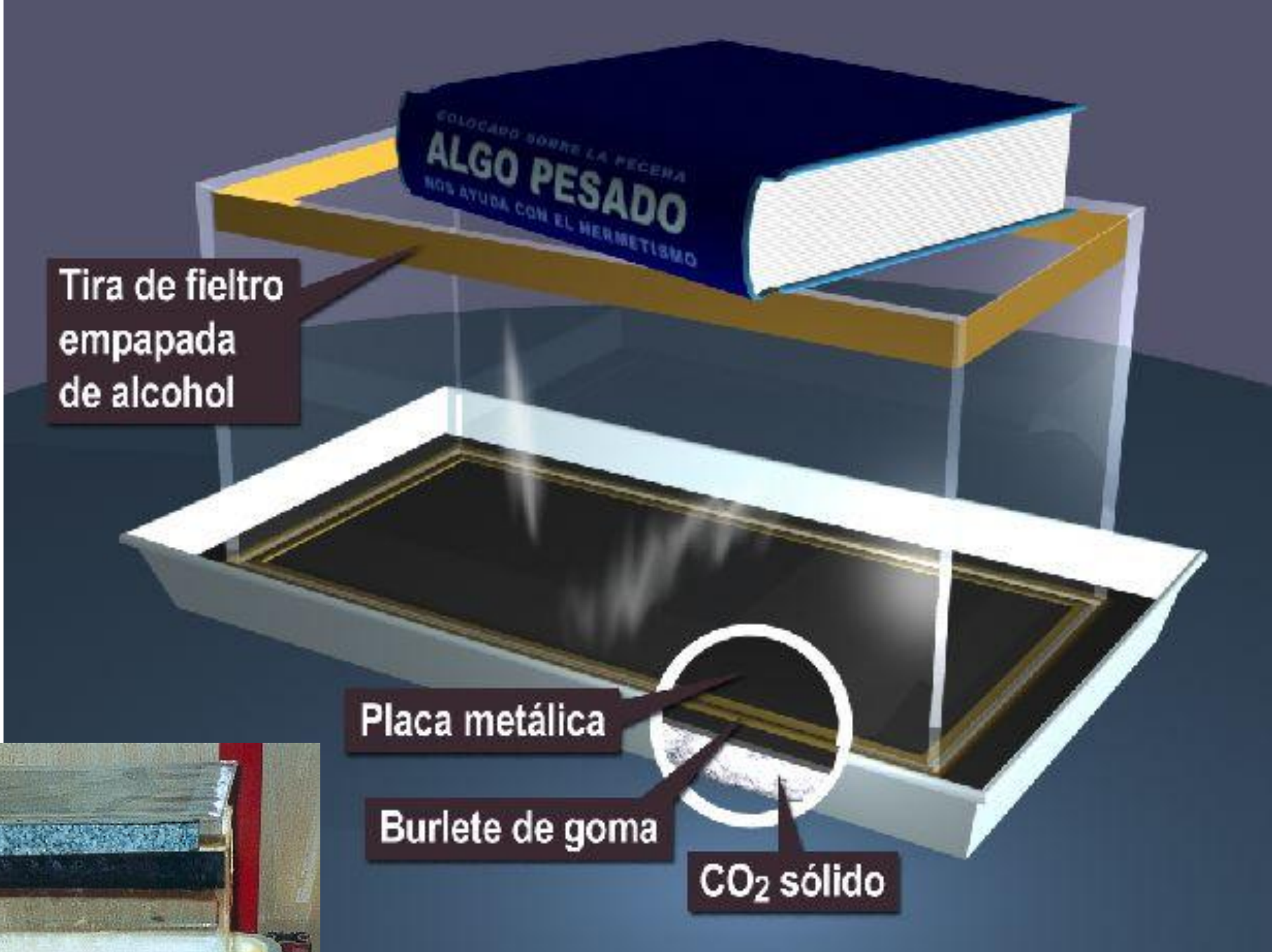
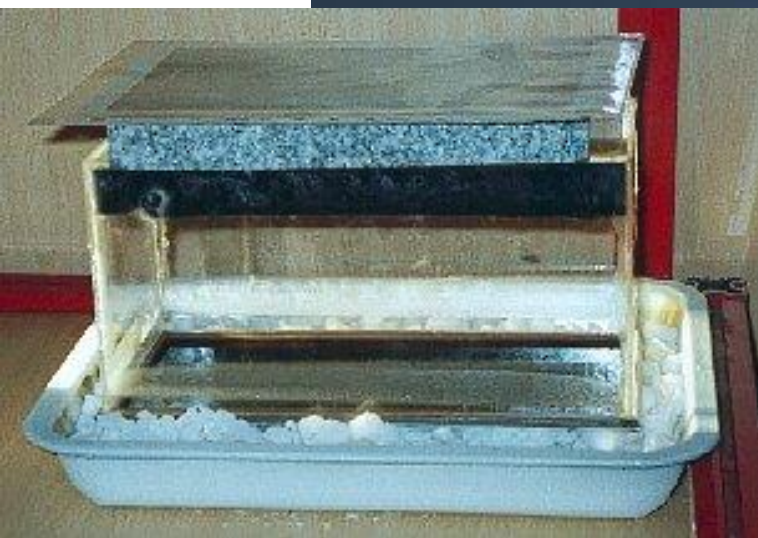
Tira de fieltro empapada de alcohol

Placa metálica

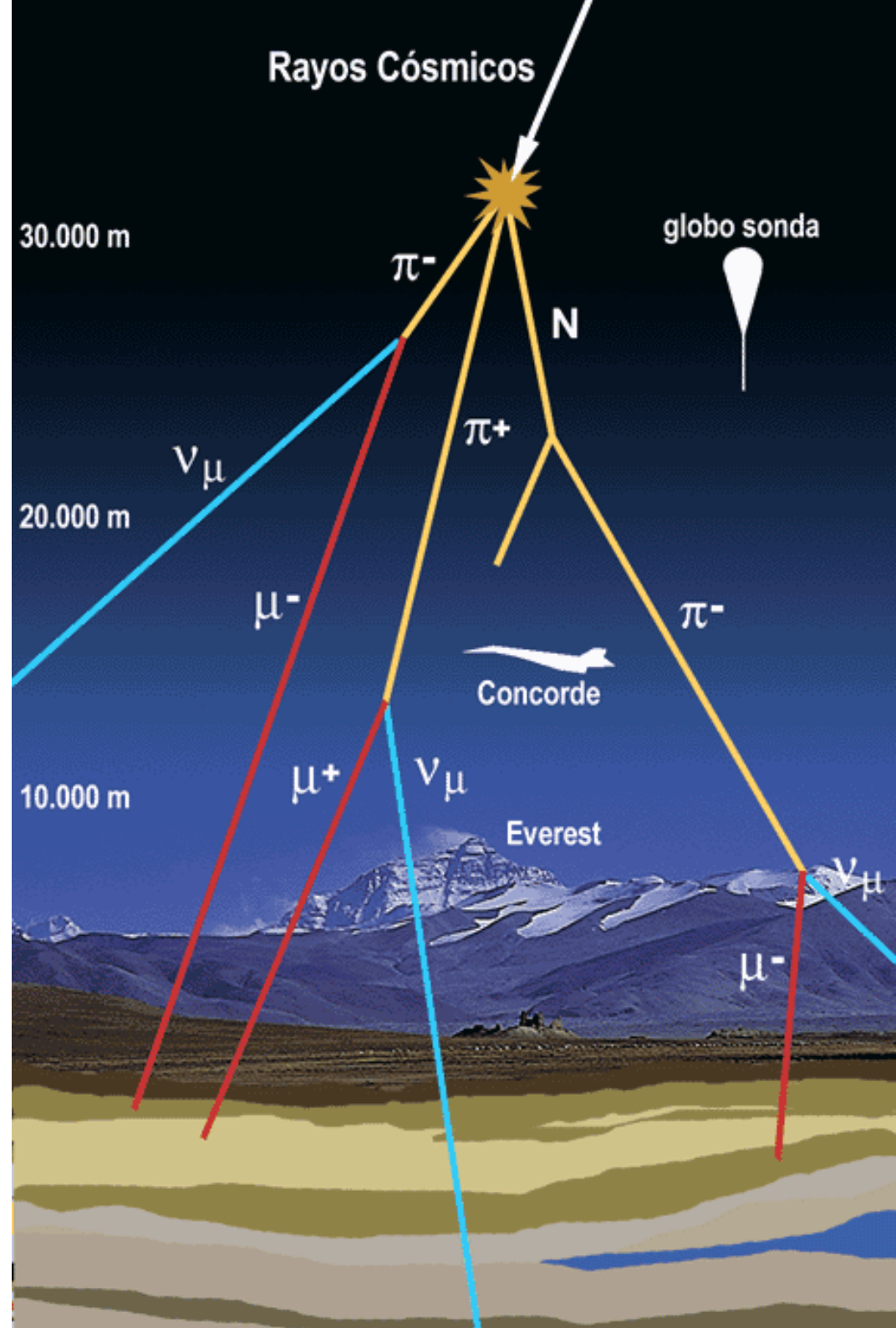
Burlete de goma

CO<sub>2</sub> sólido

*La cámara de niebla*

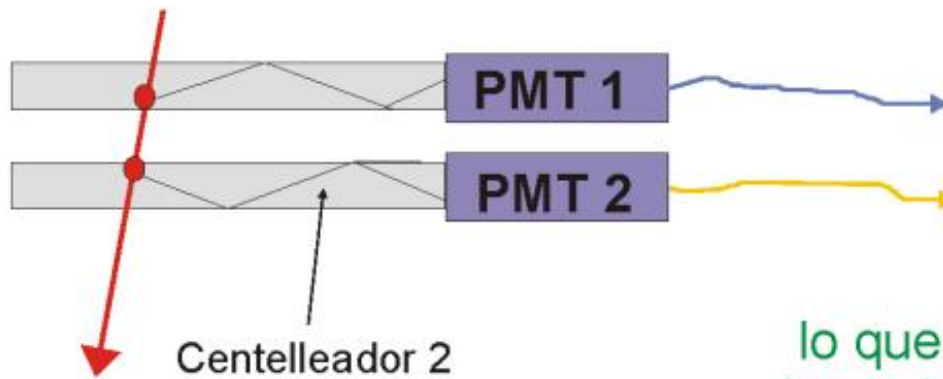


Se puede comprobar  
(**¡vaya frase!**)  
que la mayoría  
de las  
partículas  
detectadas son  
**muones ( $\mu$ )**  
de los rayos  
cósmicos  
secundarios



# Nuestro detector de rayos cósmicos

Se basa en el modelo que el LBNL (Laboratorio Nacional Lawrence de Berkeley, en los Estados Unidos de América) ha desarrollado para que pueda ser construido (¡con ayuda!) por profesores de Instituto y usado por sus alumnos.



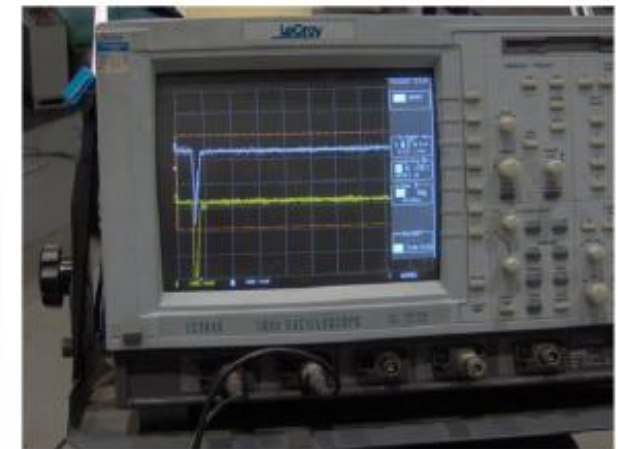
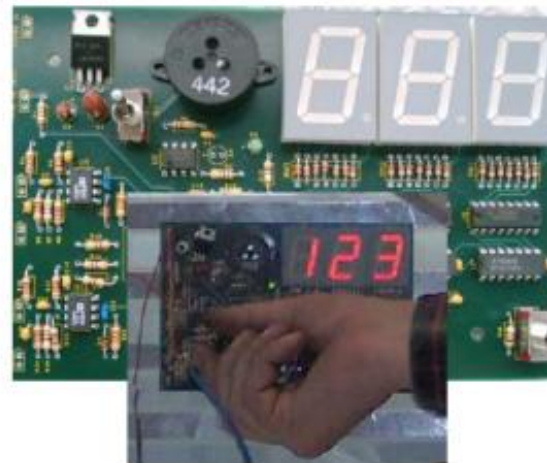
Las señales eléctricas pueden verse en un osciloscopio

...o se pueden llevar a un circuito para procesarlas,

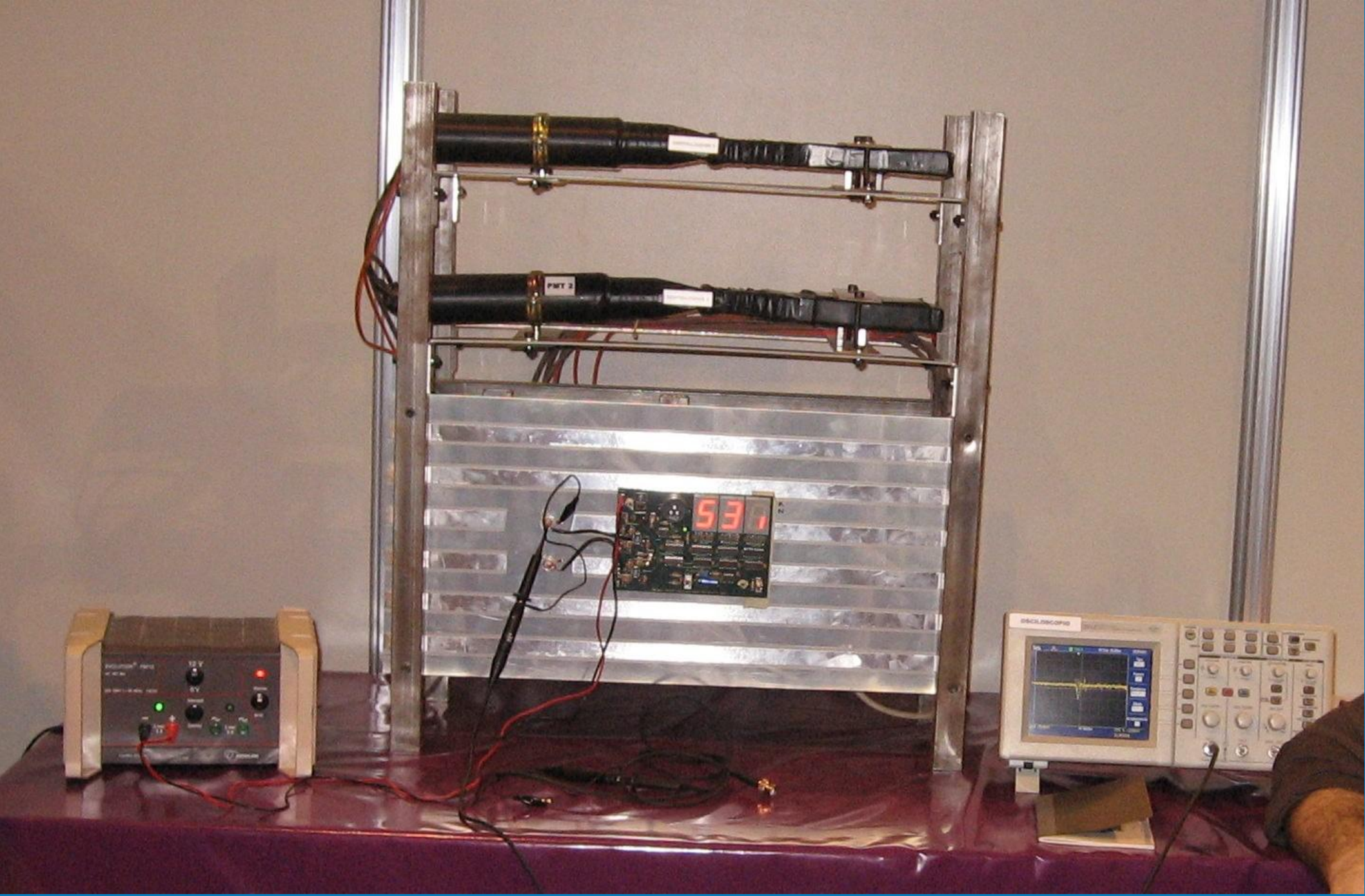
lo que permite contar las coincidencias y así poder estudiarlas.

Una **partícula** cargada de alta energía atraviesa dos “plásticos centelleadores” y produce en cada uno de ellos un pequeño destello de luz (●) que los “fotomultiplicadores” (PMT) transforman en una señal eléctrica (una corriente)

Exigir la coincidencia entre dos detectores para registrar una partícula nos ayuda a descartar “falsos positivos”.



donde es fácil ver cuándo hay una coincidencia.



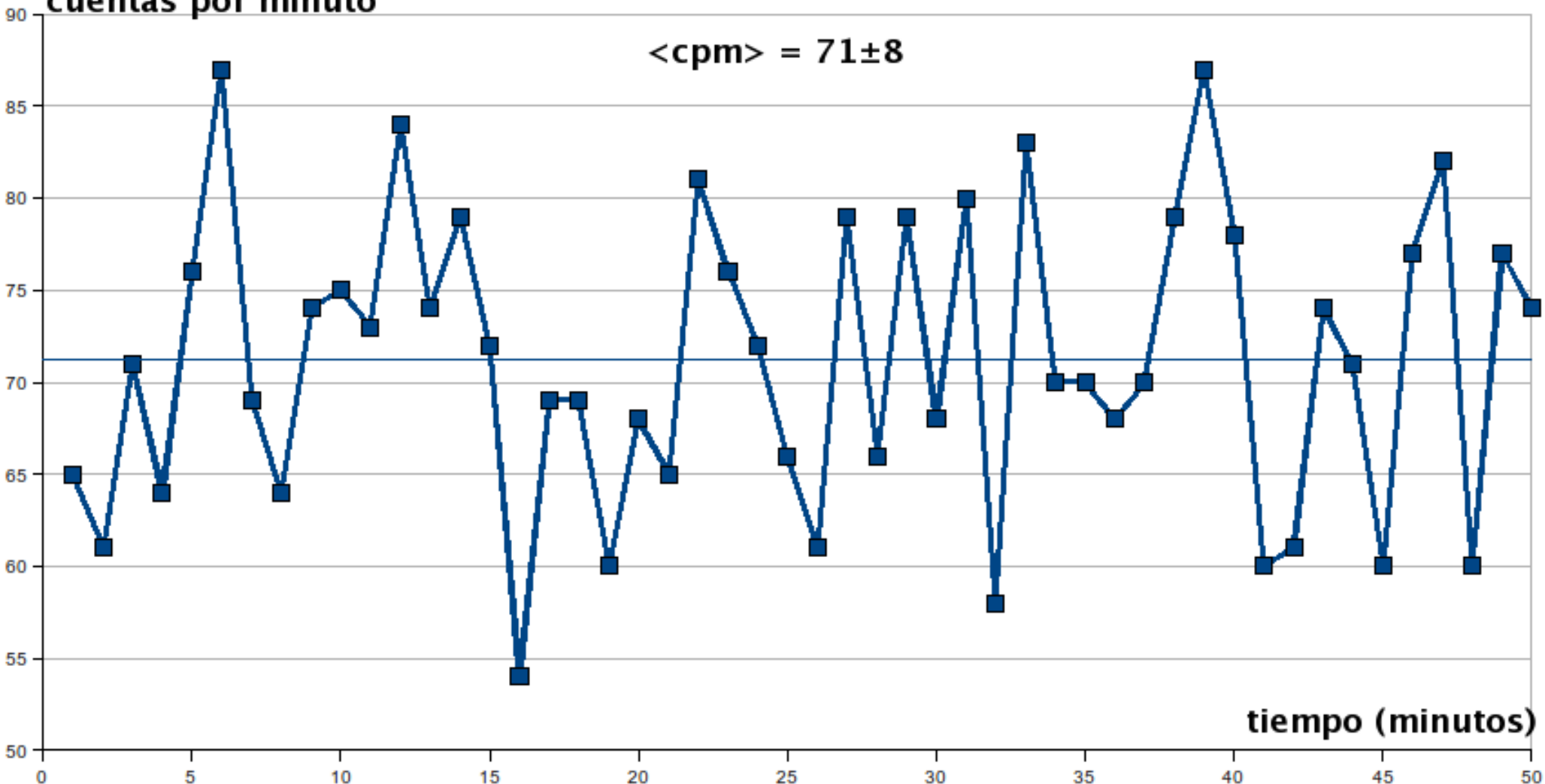
¡Gracias a Luciano Romero (CIEMAT, Madrid)!  
y a Antonio Ferrer del IFIC, Valencia.

# Datos tomados por alumnos de 2º de Bachillerato del I. E. S. "Alpajés" de Aranjuez (Madrid)

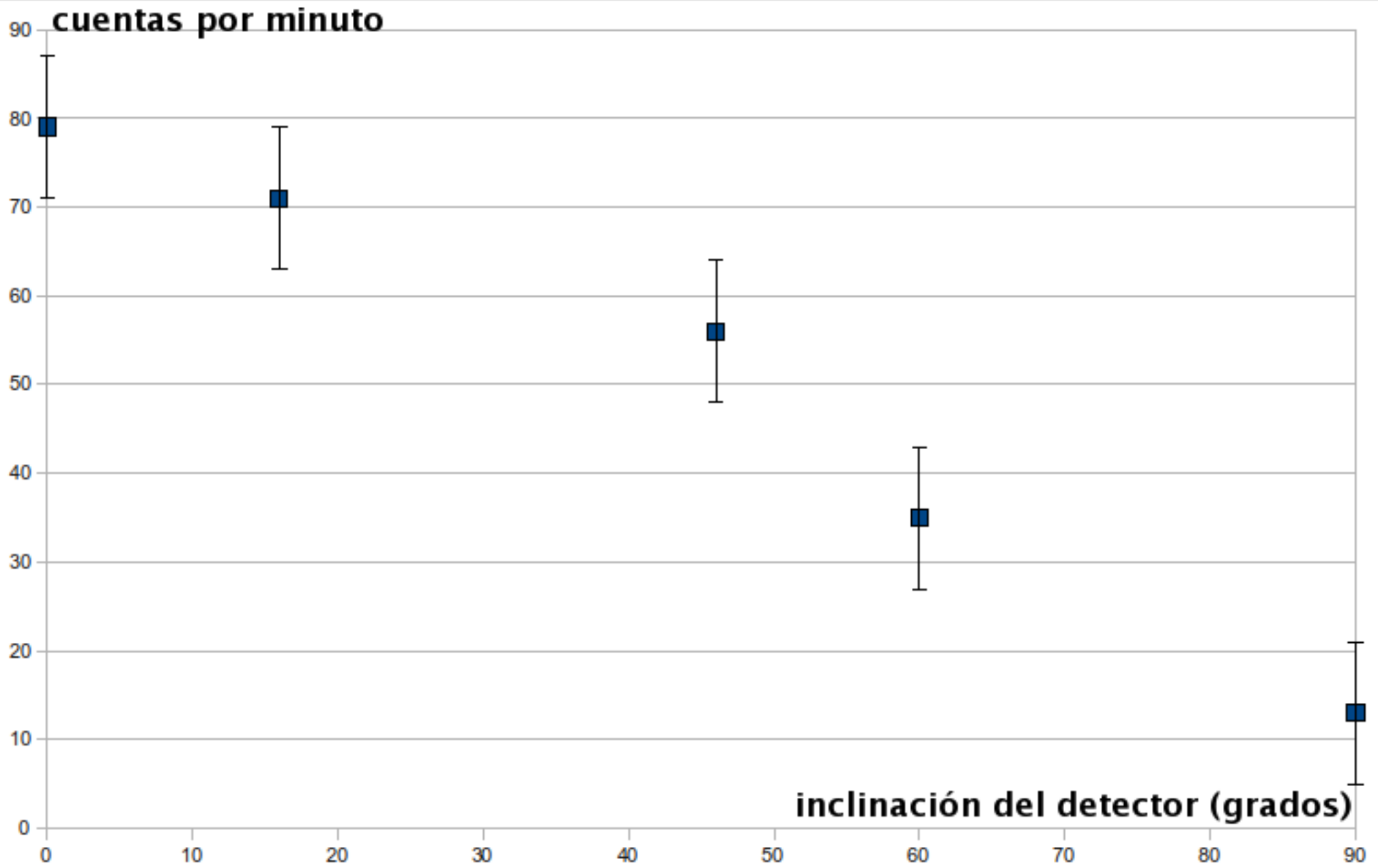
cuentas por minuto

$\langle \text{cpm} \rangle = 71 \pm 8$

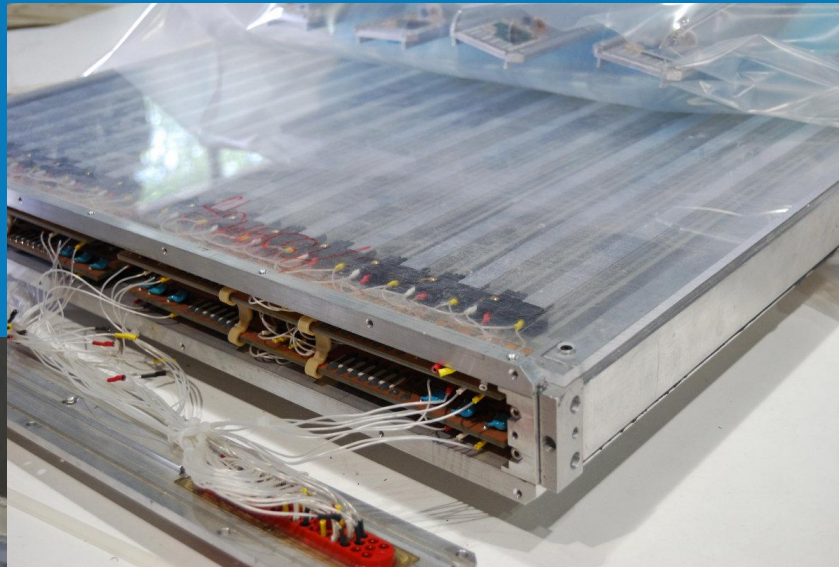
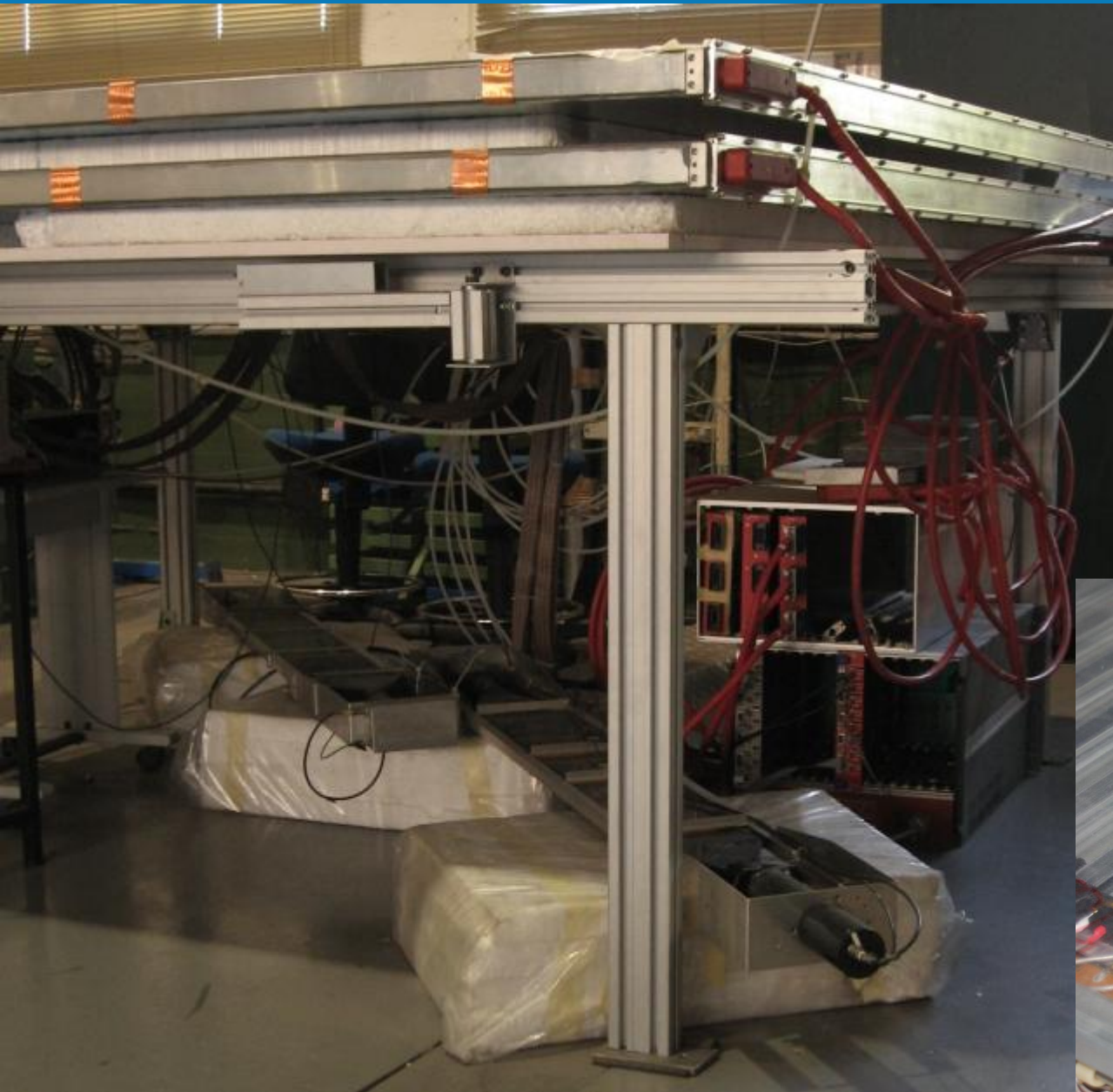
tiempo (minutos)







# Cámaras de deriva del detector CMS. CIEMAT - Madrid



Detalle de los  
hilos





Estación de muones  
cósmicos hecha con los  
mismos ingredientes:

Dos camaritas arriba  
(para medir el paso de  
las partículas cargadas  
en dos dimensiones) y  
otras dos abajo, para  
buscar coincidencias

CIEMAT, Madrid

¿Se podrá acceder a los  
datos *remotamente*?

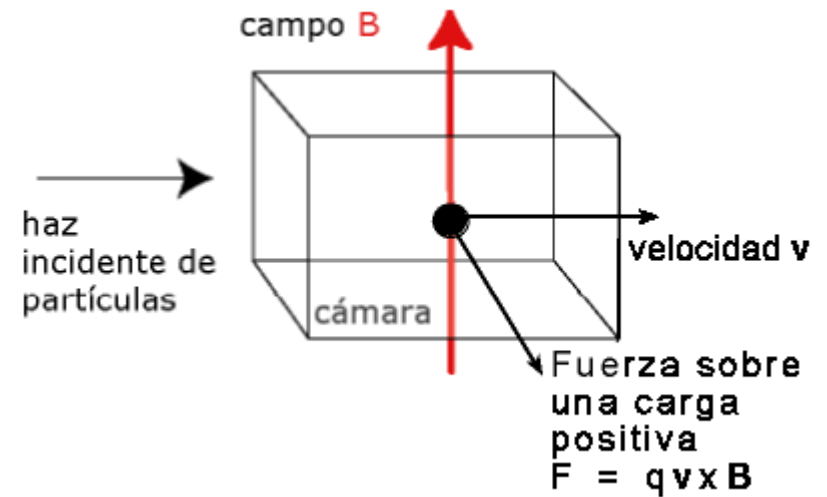
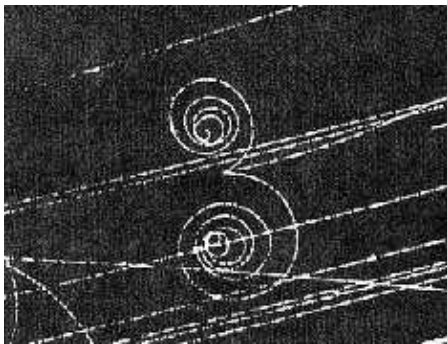
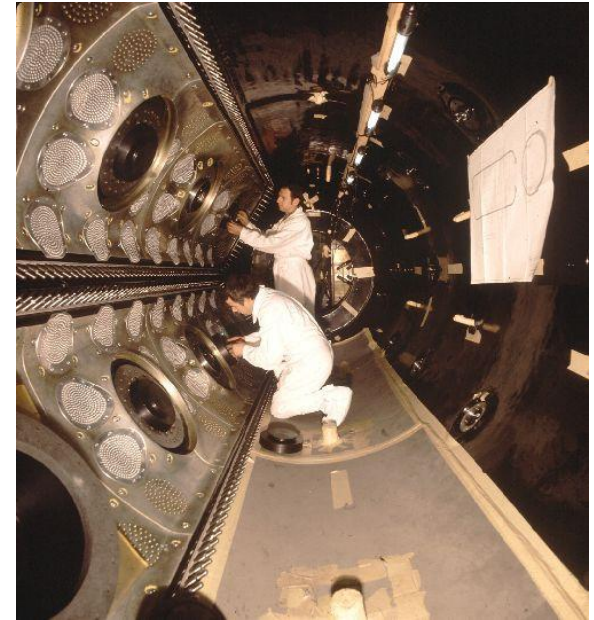
# Partículas de verdad ¿para qué?

- Ver para creer... (bueno, con precaución)
- Aprender Física:
  - **Mecánica clásica**
  - **Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos**
  - **Leyes de conservación**
  - Relatividad especial
  - Mecánica cuántica
  - Antimateria
  - Incluso, claro, Física de partículas...

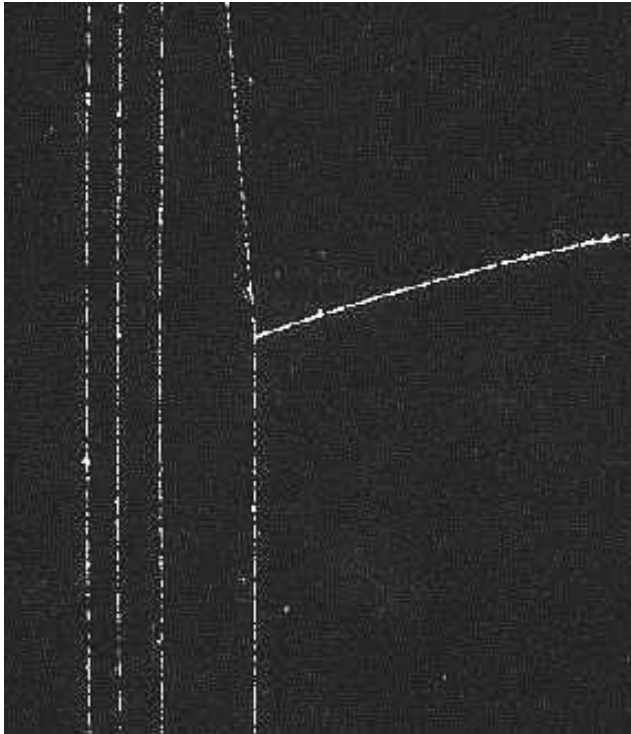
# ¿Cómo?

Con imágenes y datos de ***cámaras de burbujas*** u otros detectores

Una cámara de burbujas es el inverso de una de niebla: en una cámara llena de un líquido sobrecalentado, las partículas cargadas dejan trazas de burbujas



# Mecánica clásica (billar subatómico)

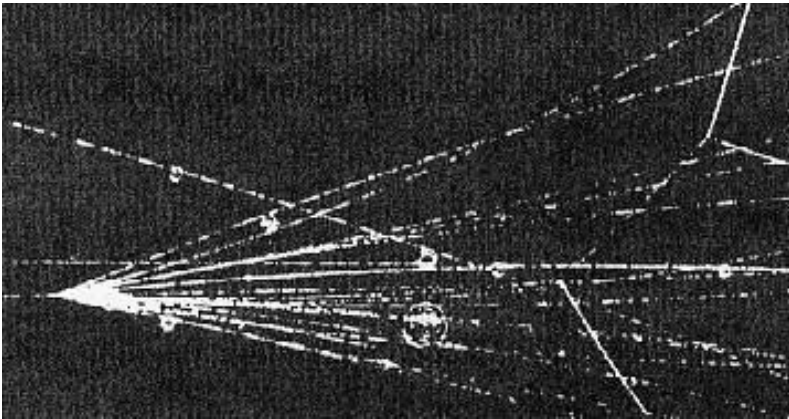


Cuatro protones entran en una cámara de burbujas llena de hidrógeno líquido (van de abajo hacia arriba).

Uno de ellos choca con un protón estacionario del líquido y lo pone en movimiento.

La colisión se puede analizar mediante la mecánica clásica: es un choque elástico en el que se conservan el momento y la energía.

Pero no siempre es billar...  
( $E = mc^2$  en acción)



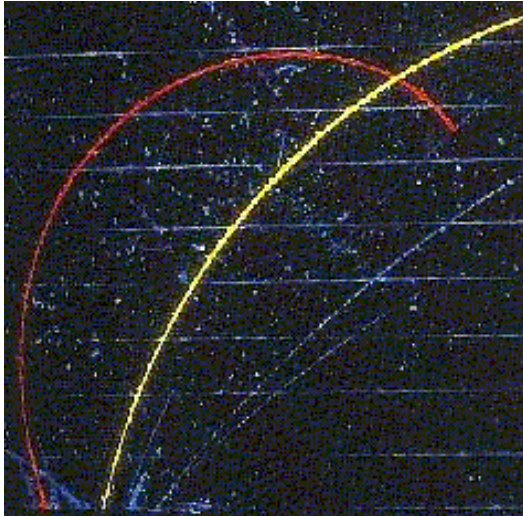
Ahora en el choque se han "producido" al menos dieciséis partículas que no existían antes de la colisión.

Es un caso claro de "conversión" de energía cinética en masa.

Pero hay más; otra partícula (la que entra oblicuamente por arriba) sí se comporta como una bola de billar. Todo depende de la energía...

# La fuerza de Lorentz

(movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos)

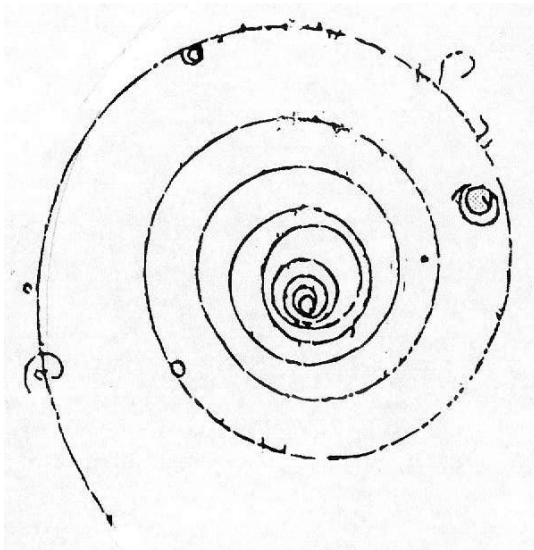


Cuando una partícula cargada entra en un campo magnético con una velocidad perpendicular a él, comienza a describir una trayectoria circular de radio

$$R = p/qB,$$

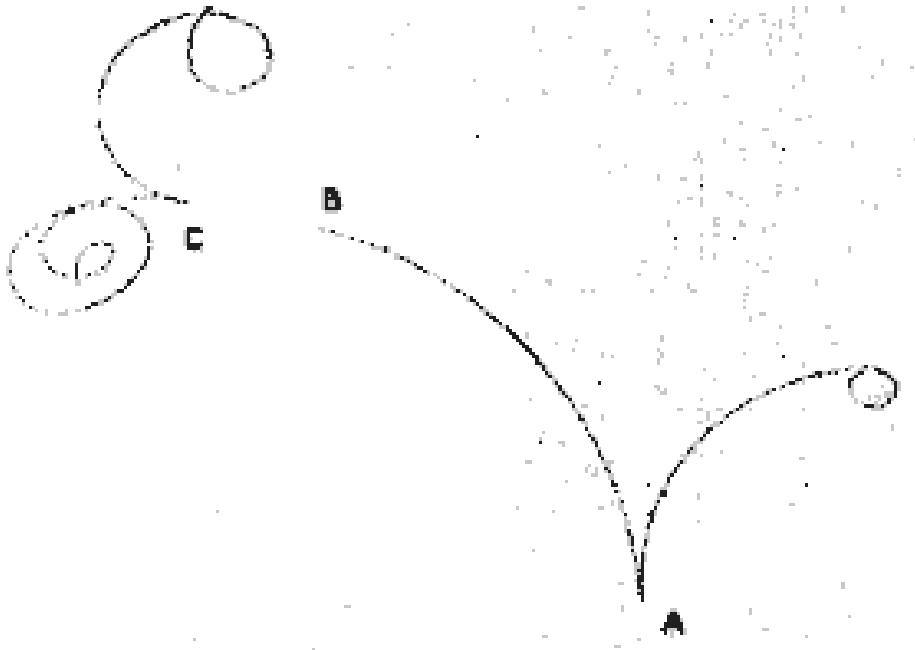
donde  $p$  es el momento lineal,  $q$  la carga eléctrica y  $B$  el campo.

En una cámara, las partículas van perdiendo energía y momento,  $R$  disminuye...





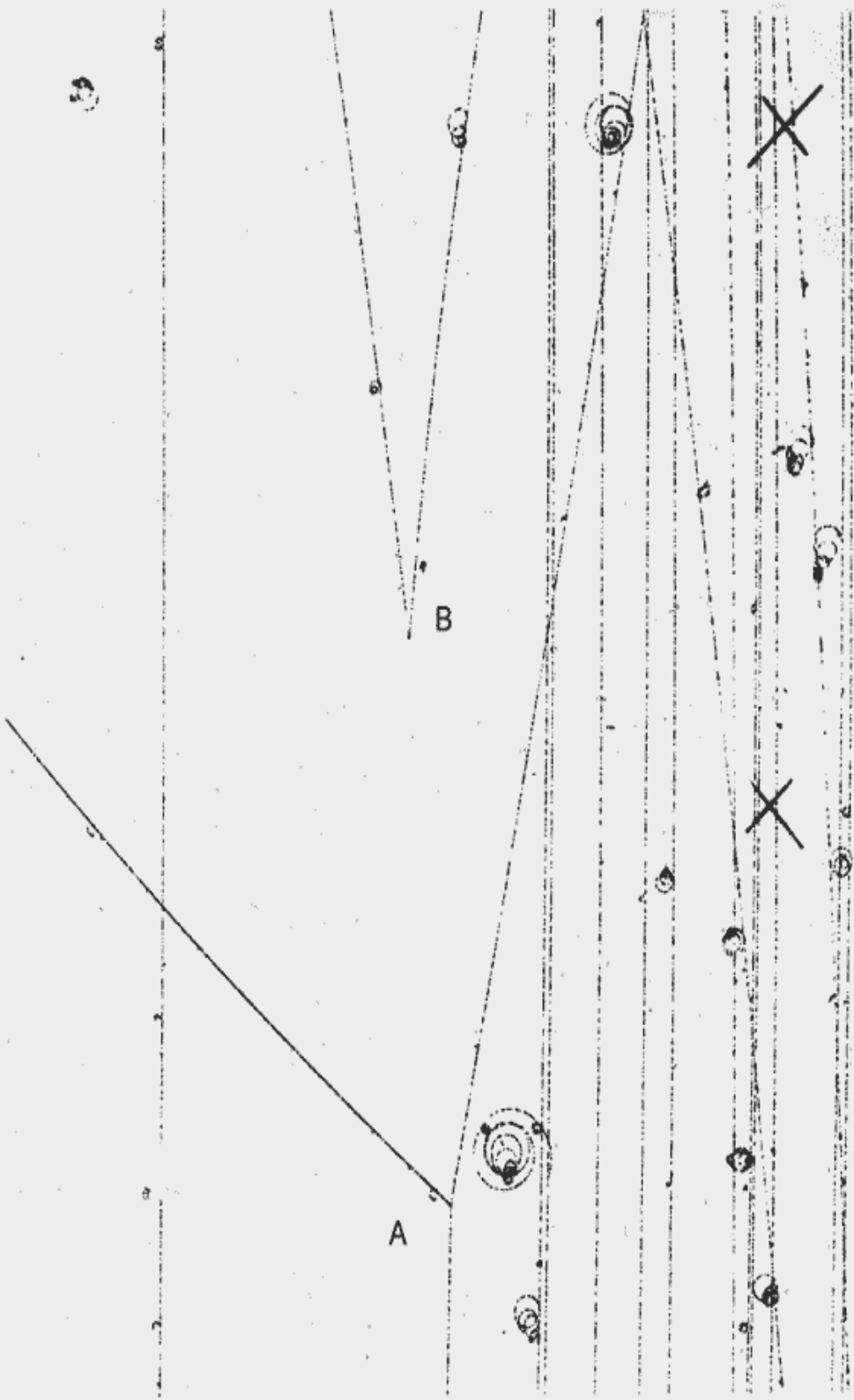
# Antipartículas y conservación de la carga y el momento lineal



Por debajo entra un fotón que la cámara no registra (ino tiene carga!) que en *A* da lugar a un par  $e^+ - e^-$  que giran en sentidos opuestos.

El positrón se aniquila en *B* con un electrón atómico. Uno de los fotones producidos da lugar en *C* a otro par electrón - positrón.

Y así podríamos seguir...



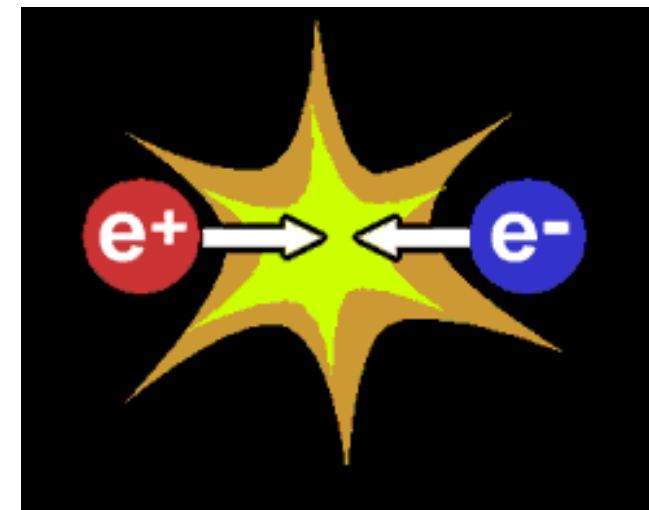
**Un haz de *kaones* negativos entra en una cámara de burbujas de hidrógeno líquido.**

**¿Qué podemos hacer con esta imagen y los datos (momentos y energías de las partículas registradas) que la acompañan?**

**Ahora imaginad que tenemos en nuestras manos un trozo de película en la que se ha registrado una imagen como esta.**

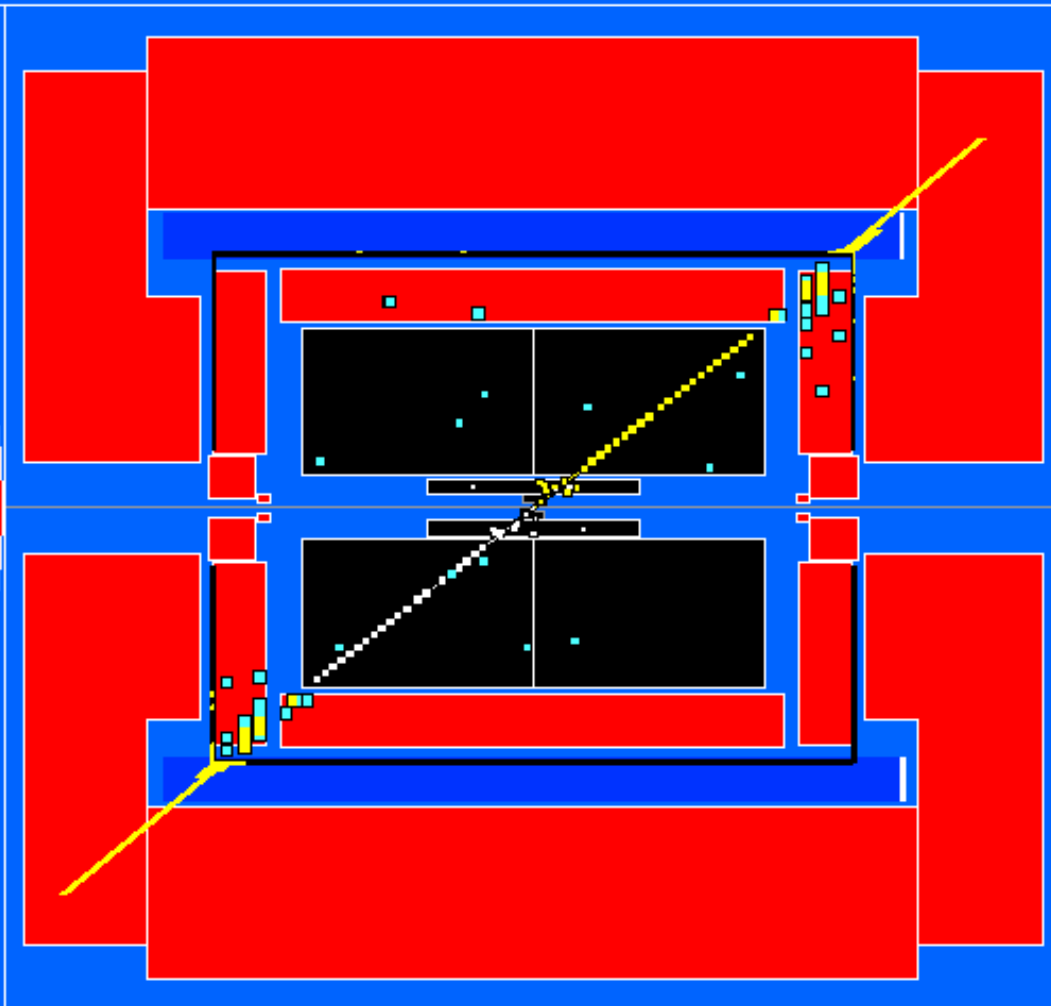
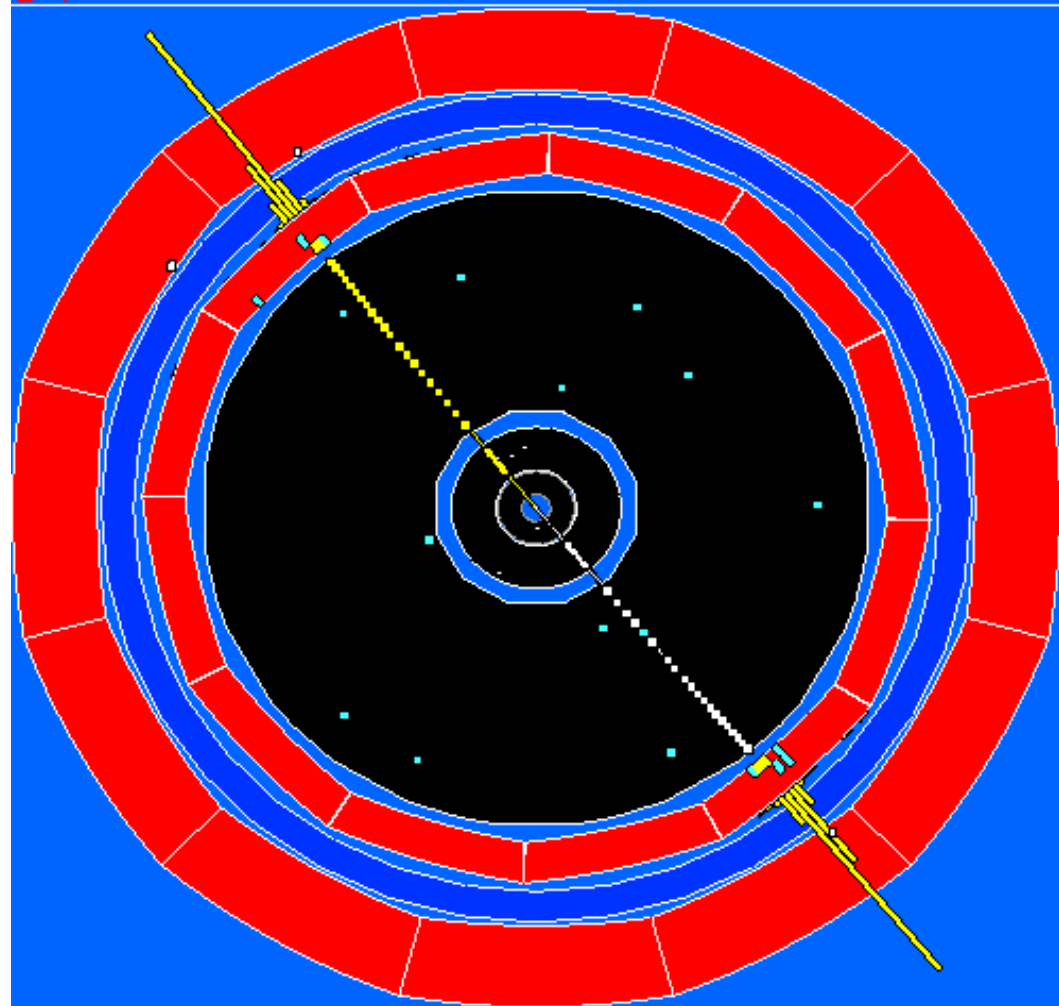
**¡No es imposible!**

# Conservación del momento lineal. Detector ALEPH, LEP

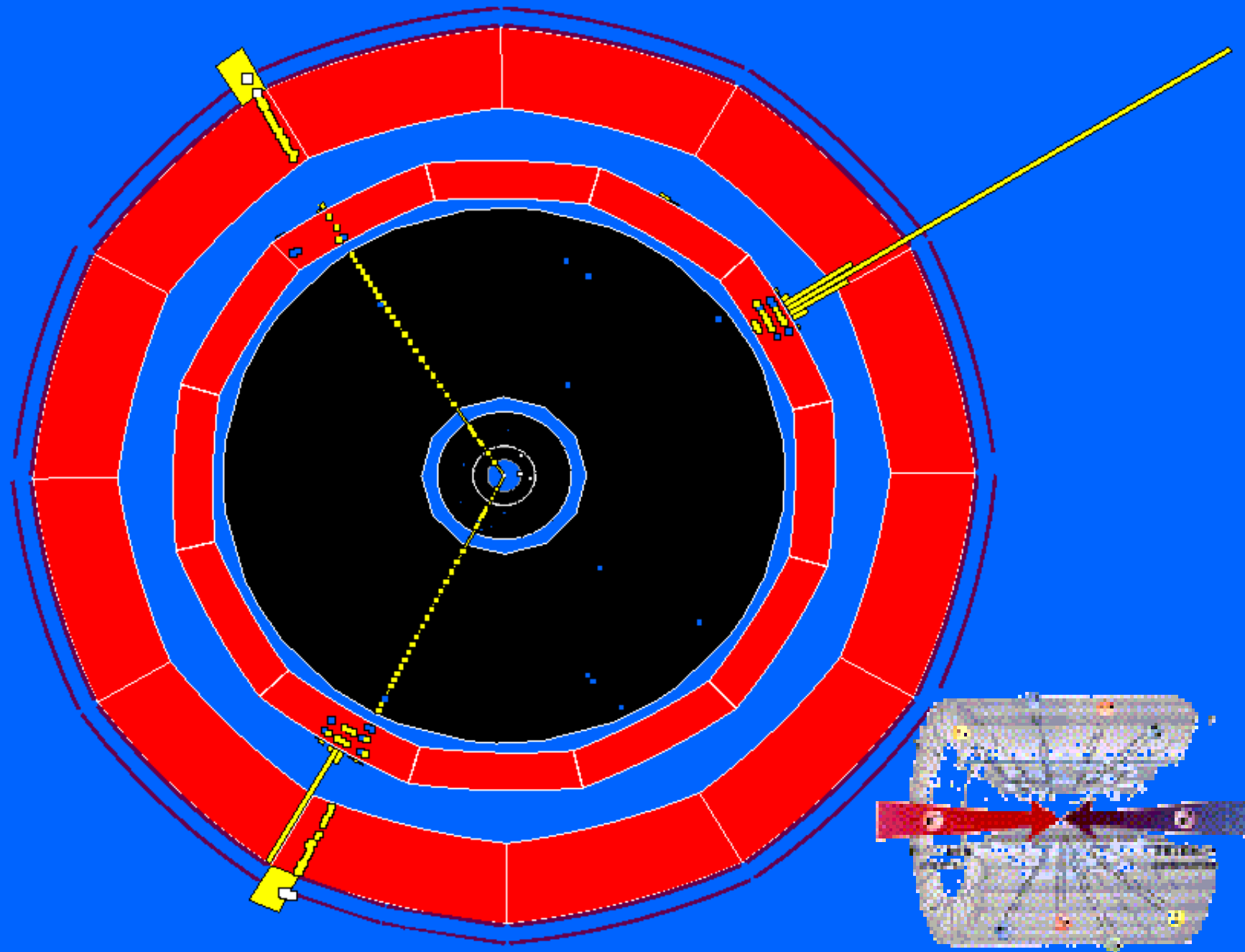


 ALEPH DALI

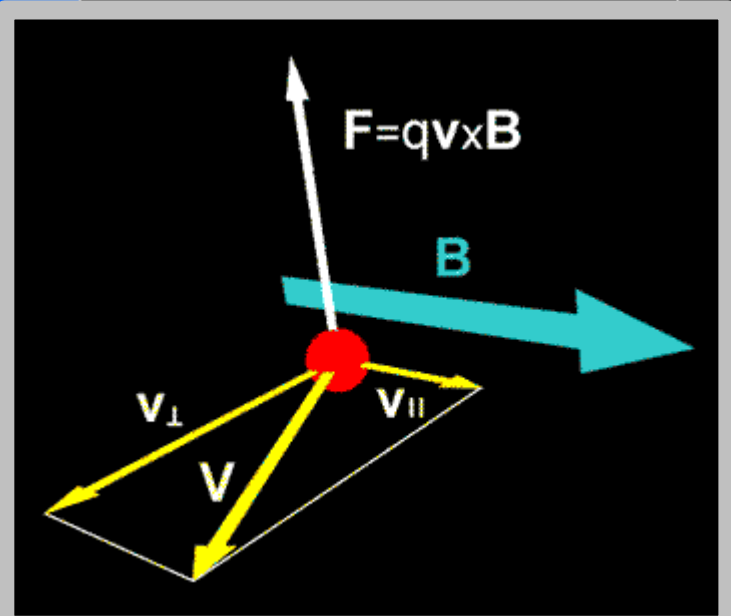
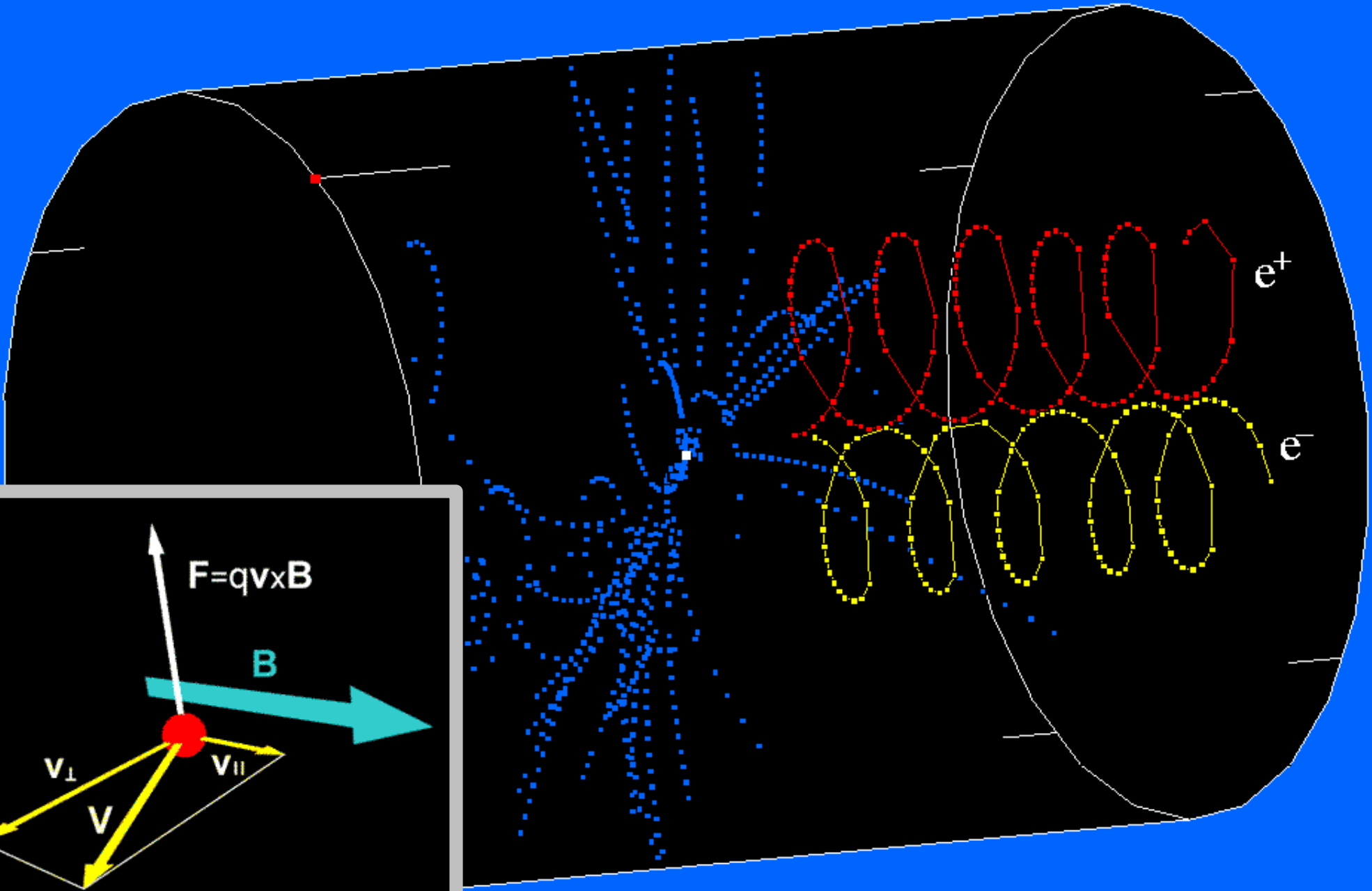
Run=15995 Evt=5435



# Otra de conservación del momento lineal



# Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos



# Materiales:

**HST:** [teachers.web.ch](http://teachers.web.ch)

**CERN:** [www.cern.ch](http://www.cern.ch) (*Aleph*, CDS...)

**QuarkNet:** [quarknet.fnal.gov](http://quarknet.fnal.gov)

[www.interactions.org](http://www.interactions.org)

**Acercándonos al LHC:**

[http://www.lhc-closer.es/index\\_es.html](http://www.lhc-closer.es/index_es.html)

**Moi - même**

<http://palmera.pntic.mec.es/~fbarrada/>

# Otros enfoques: Ciencia y ficción:

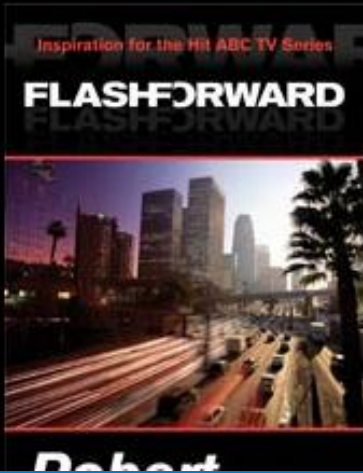
European Organization for Nuclear Research

## SCIENCE AND FICTION: FLASHFORWARD



CERN > FlashForward

Two minutes and seventeen seconds  
that changed the world...



Robert Sawyer's novel FlashForward is currently being transformed into a big budget *ABC TV series*. Sawyer's story follows a research team using the particle accelerator at CERN in pursuit of the elusive Higgs Boson, a theoretical subatomic particle. But instead of finding the Higgs, the consciousness of the entire human race is thrown ahead by twenty-one years.

Chapter excerpts:

Chapters 1 and 2  
Chapter 12

### SCIENCE BEHIND THE STORY



CERN physicist John Ellis talks about the science behind the FlashForward story.

[http://www.uslhc.us/lhc\\_in\\_flashforward](http://www.uslhc.us/lhc_in_flashforward)

<http://flashforward.web.cern.ch/flashforward/>

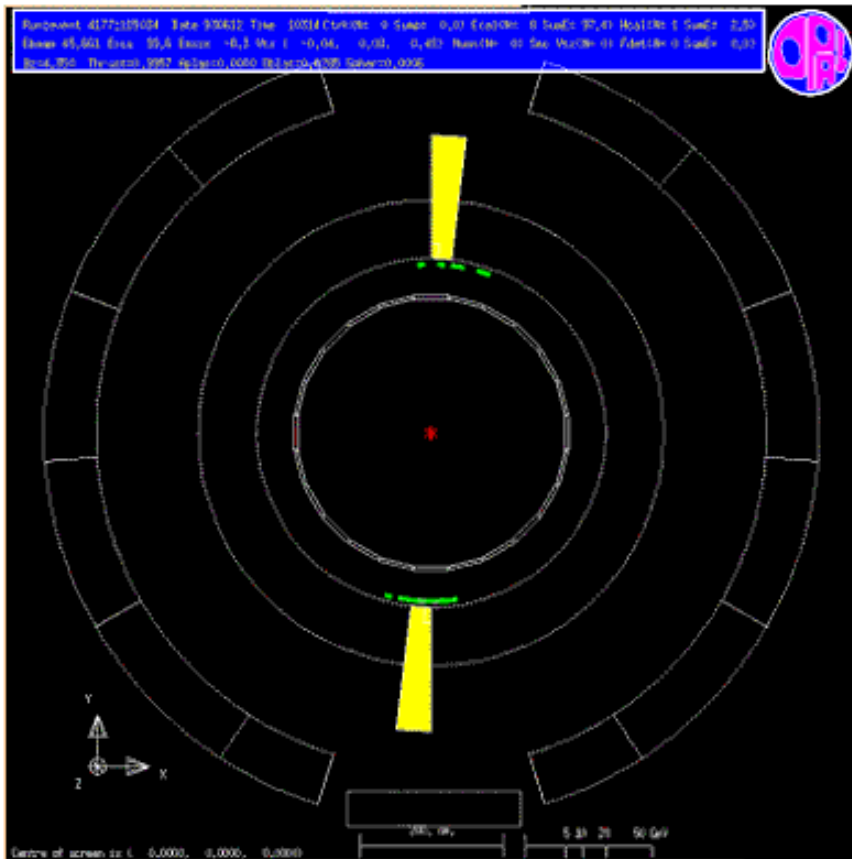
<http://newscenter.lbl.gov/feature-stories/2009/09/17/flashforward/>

# Física de partículas y medicina:

<http://palmera.pntic.mec.es/~fbarrada/aula/aula0.htm>

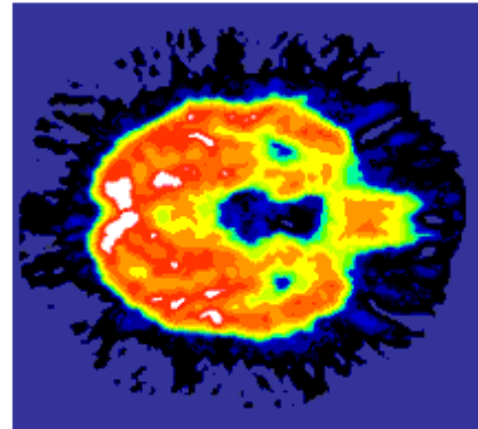
## – Física de partículas y medicina

Se trata de encontrar la relación entre una noticia de prensa que habla de la extensión de la tomografía de emisión de positrones como técnica diagnóstica y las dificultades que supone su alto coste con la imagen de un suceso en el colisionador LEP del CERN.



### Foto CERN

Reconstrucción de un suceso en el colisionador LEP del CERN. En el punto rojo del centro se han hecho chocar un electrón y un positrón.



### Foto Brunel University

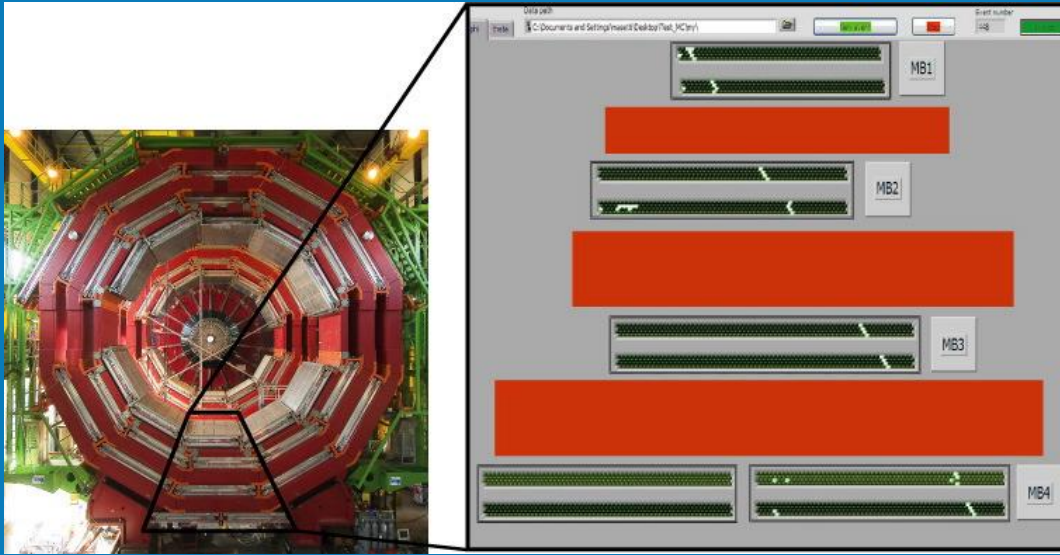
Imagen del cerebro por escáner PET. Se usan para el diagnóstico médico y para investigar, por ejemplo, cómo cambia cuando se piensa o se lee...

Y quien dice medicina dice tecnología o informática o tantas cosas...

A primera vista, la relación puede no existir, pero cuando se rasca un poco la superficie, sí aparece un enlace directo y natural... Tal como se empleó en el aula, los alumnos sabían interpretar las imágenes del detector (ver la sección 2.4 de la Introducción para alumnos y las secciones 4.2.2b y 3.2 de la Introducción para profesores)



**Otras cosas en  
las que podéis  
participar al  
volver**



# Visitas al CIEMAT, donde hay un grupo que trabaja en CMS

y además está  
encantado de  
echar una mano  
en la divulgación



También tenemos otros contactos; en  
Madrid se hace física de partículas...

Se pueden buscar charlas, incluso videoconferencias ...de teóricos y de experimentales

**EVO**  
The Collaboration Network

Home Español Wiki Administración Acerca de EVO

**Registrarse**

**Perfil**

**Empezar**

[¿Usuario/Contraseña olvidado?](#)

**EVO Player** BETA

**Video Tutorials**

**INFO - HELP**

[Documentación](#) [FAQ](#)  
[Hardware Recommendation](#)  
[Comentarios/Ayuda](#) [Phone bridge](#)

Currently Active:  
Users 252 Meetings 40

[LHC Meetings](#) in September 2009:  
CMS 909 ATLAS 541  
ALICE 116 LHCB 86

**NEWS**

- Oct 2: Release of Koala 1.5.1, new

How to reach us | Contact

**Ciemat**  
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

**CMS group website**

Home | CIEMAT | CIEMAT directory | CIEMAT mail | CIEMAT linux | Spanish version | EVO

CERN | iCMS | CMS agendas | CMS-CIEMAT agendas | CERN directory | CERN mail | CMS hypernews | CMS Twiki

**Group activities**

- DT assembly
- DT electronics
- DT commissioning
- DT DPG
- Analysis
- EW POG
- MC production

**Group news** 01/08/08

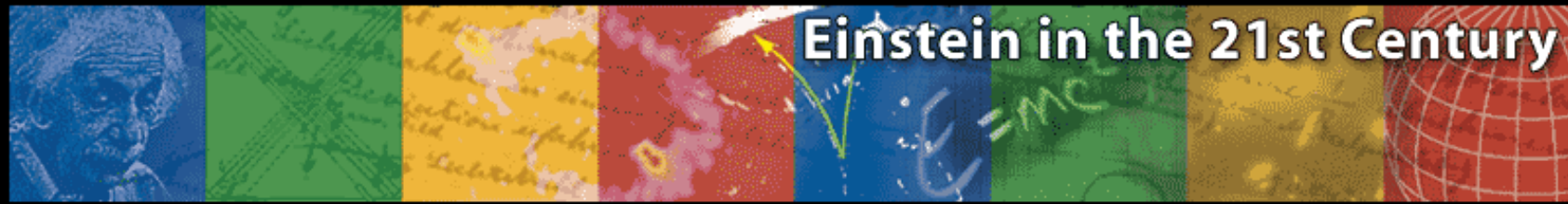
Search

**CIEMAT Basic Research Department - High Energy Physics Division - CMS experiment group**

**Members**

Physicists

Y un día de estos podremos analizar datos reales de rayos cósmicos



# Hands on Particle Physics

International Masterclasses for High School Students

- Home
- Participate!
- **Masterclasses**
  - News
  - Schedule
  - Agendas
  - Organisation
  - Resources
- Physics
- Links
- Press
- Institutes
- Imprint

## EPPOG Masterclasses

5<sup>th</sup> International Particle Physics Masterclasses 2009

### Discover the world of Quarks and Leptons with real data

- What are the fundamental building blocks of matter?
- How can I identify them?
- Which forces hold them together?
- How do these forces work?
- How far have the secrets of forces and matter been understood so far?

Each year about 5000 high school students in 22 countries come to one of about 80 nearby universities or research centres for one day in order to unravel the mysteries of particle physics. Lectures from active scientists give insight in topics and methods of basic research at the fundamentals of matter and forces, enabling the students to perform measurements on real data from particle physics experiments themselves. At the end of each day, like in an international research collaboration, the participants join in a video conference for discussion and combination of their results.

Vosotros, y luego vuestros alumnos, hacéis física de partículas con vuestras propias manos. ¡Con datos reales!



**Algunos fotos de la edición de 2009/2010.**

**El año próximo vuestros alumnos podrían participar**

**<http://www.wae.ciemat.es/masterclasses/>**

# Otros programas del CERN para profesores



**Pht@CERN2009/1**

from **Thursday 26 March 2009**  
(15:50)  
to **Sunday 29 March 2009**  
(21:45)  
Europe/Zurich  
at **CERN ( 593-R-010 )**  
chaired by: **Mick Storr**  
support: [mick.storr@cern.ch](mailto:mick.storr@cern.ch)



**High School Teachers 2009**

from **Sunday 28 June 2009**  
(09:00)  
to **Saturday 18 July 2009**  
(09:00)  
Europe/Zurich  
at **CERN ( 593 R-010 )**  
chaired by: **Mick Storr CERN**  
support: [mick.storr@cern.ch](mailto:mick.storr@cern.ch)



News

HST2010 will take place from  
4 - 24 July. Applications will  
open in December.

**El programa HST 2010 tendrá  
lugar del 4 al 24 de julio.**

**¡Solicitudes desde diciembre!**

# Visitas al CERN con alumnos



The screenshot shows the 'Come to CERN' website. The browser address bar displays 'http://outreach.web.cern.ch/outreach/visits/'. The page features the CERN logo and the title 'Come to CERN'. A search bar is located in the top right corner. Below the title, there are navigation tabs for 'Events and exhibitions', 'Visits', 'The Globe', and 'Contact'. A large banner image shows a group of people in hard hats and safety vests standing near a large orange industrial machine. The word 'VISITS' is overlaid on the bottom of the banner. On the left side, there is a vertical menu with the following items: 'General information', 'Itineraries', 'Safety', and 'Booking form'. The main content area on the right contains the heading 'General information' and the sub-heading 'Organising a tour of an experiment'. Below this, the text reads: 'CERN's Visits Service organises tours of its experimental areas and facilities, which are free of charge. Tours in several languages are organised on Mondays to Saturdays starting at 9'.

Solicitud  
Alojamiento y transporte  
Posibles visitas en la zona

Podemos preguntar a Esperanza G. C.  
Pondré en la wiki su presentación...

# Colaboración a distancia

## Grupo de Google

<http://groups.google.com/group/fisica-de-particulas-en-el-instituto>

Google grupos



## Física de partículas en el instituto


Busca

Página principal

Nuevo desde la última vez: [7 mensajes](#)

Este grupo pretende ser una herramienta de colaboración para profesores interesados en introducir -de forma razonable- la física de partículas en el Instituto.

[\[editar mensaje de bienvenida\]](#)

 **Debates** 7 de 59 mensajes [ver todos»](#)

[+ nueva entrada](#)

### [Gracias](#)

De ROSA.PENABANOBR@telefonica.net - 11 jun - 5 autores - 6 respuestas

[Curso "FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES Y COSMOLOGÍA" del CRIF Las Acacias, Madrid](#)

De Cuerdoso - 6 abr - 1 autor - 0 respuestas

[Segunda edición del curso de formación en el CERN](#)

De Paco B - 23 mar - 1 autor - 0 respuestas

[Publicación en la web del insti Pradolongo de la masterclass con opinión de los alumnos](#)

De Pablo - 20 mar - 2 autores - 1 respuesta

[masterclasses en el Ciemat 23 febrero](#)

De ROSA.PENABANOBR@telefonica.net - 26 feb - 4 autores - 3 respuestas

[Resumen de correo con resúmenes de fisica-de-particulas-en-el-instituto@googlegroups.com - 3 mensajes en 2 temas](#)

De Esperanza García-Carpintero - 25 feb - 1 autor - 0 respuestas

["International Masterclasses on Particle Physics" en el CIEMAT](#)

De Pablo - 24 feb - 2 autores - 1 respuesta



# Colaboración a distancia

Wiki de Google (google sites)

<http://sites.google.com/site/particulasenelinsti/home>

## Física de partículas en el instituto

Buscar en este sitio

### Presentación y anuncios

Archivos

Cosas útiles (recursos)

Madrid@CERN\_2010

Preguntas y respuestas

Profesores en el CERN

Sitemap

[Editar barra lateral](#)

### Presentación y anuncios

[Enlace al Foro de debates "Física de partículas en el instituto"](#)

**2º curso de formación en el CERN**

**para profesores de Física y Química**

**de Institutos de la Comunidad de Madrid**

**Información (pública) para los participantes en la convocatoria de 2010**

*Este enlace* lleva a la convocatoria en formato *pdf* y *aquí* está el impreso de solicitud en formato *MS Word*.

El programa, que empieza el 27 de junio y termina el 2 de julio, incluye visitas, conferencias y talleres y se desarrolla íntegramente en castellano (como muestra, *aquí* está el de la primera edición). Los participantes recibirán una ayuda de 700 euros.

¿Queréis participar?

# Algunas preguntas

1. ¿Merece la pena este programa? (que lo organice la Comunidad de Madrid y venir; personal y profesionalmente)
2. ¿Qué os ha parecido? ¿Qué cambiaríais?
3. ¿Tenéis intención de cambiar **algo** de lo que hacéis en el aula? ¿de hacer algo nuevo?  
¿Os puedo preguntar dentro de unos meses?

**Os pediría por favor que os tomárais un rato para contestar.**

**¡Gracias!**