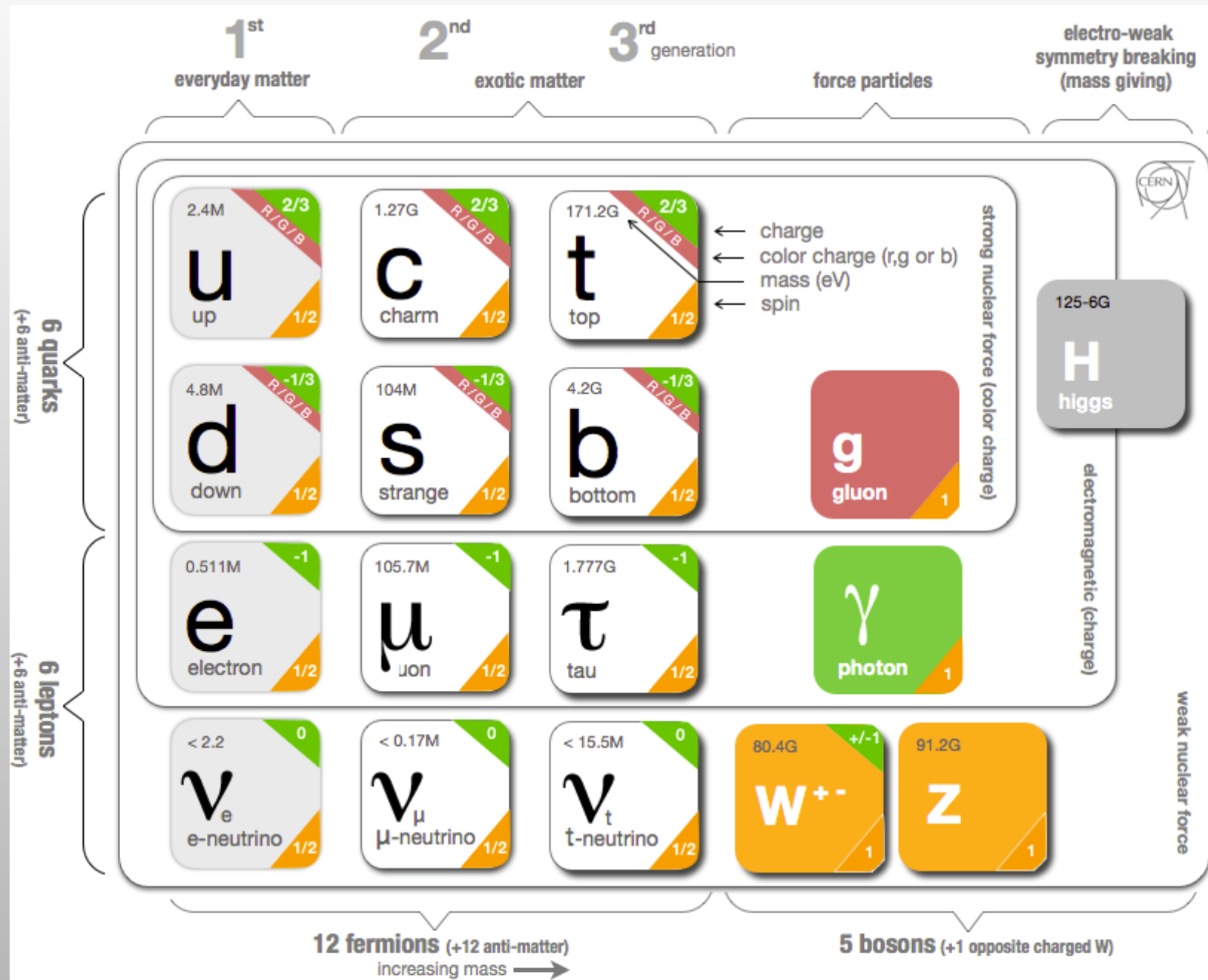


Introducción al detector LHCb y al sistema de *Tracking*

26.09.2016

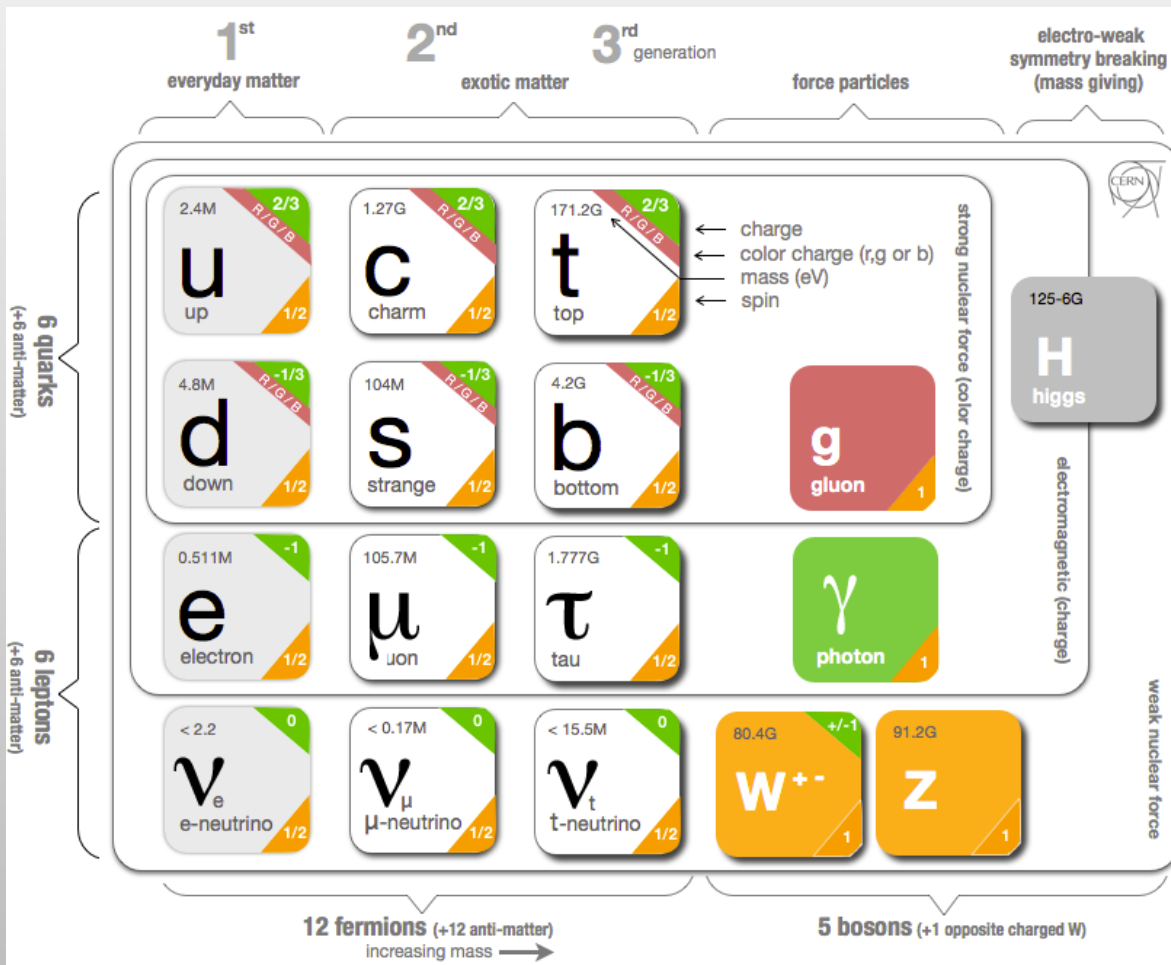
Las partículas elementales

2



Las partículas elementales

3



Ejemplos de partículas compuestas por quarks:

Hadrones

Protón p :	$u u d$	} <i>Bariones</i>
Antiprotón \bar{p} :	$\bar{u} \bar{u} \bar{d}$	
Neutrón n :	$u d d$	
Antineutrón \bar{n} :	$\bar{u} \bar{d} \bar{d}$	
...		
Pión π^+ :	$u \bar{d}$	} <i>Mesones</i>
Pión π^- :	$\bar{u} d$	
Pión neutro π^0 :	$u \bar{u}, d \bar{d}$	
Kaon K^+ :	$u \bar{s}$	
Kaon neutro K^0 :	$d \bar{s}, s \bar{d}$	
...		

Partículas ordinarias

- La materia ordinaria (estable) se compone de 3 partículas: 2 quarks (u, d) y los electrones.
- El fotón: partícula sin masa responsable de la interacción electromagnética.

Partículas no ordinarias

- Los portadores de la fuerza nuclear débil W y Z, los mesones, los hadrones formados por quarks de generación superior (s, c, b, t), son partículas inestables: tienen una vida media muy corta y se desintegran produciendo otras partículas (ej.: $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-$).
- El gluón y todos los quarks no son observables como partículas individuales.
- En las condiciones relativistas de un acelerador de partículas, algunas de las partículas inestables puede volar lo suficiente para dejar trazas de su paso en un detector de partículas (piones, kaones, el muón) .
- Los neutrinos son partículas estables pero tiene una probabilidad tan pequeña de interaccionar con la materia que se consideran indetectables.

Partículas directamente observables en un detector:

-Protón	-Neutrón
-Piones	-Kaones
-Electrón	-Muón
-Fotón	

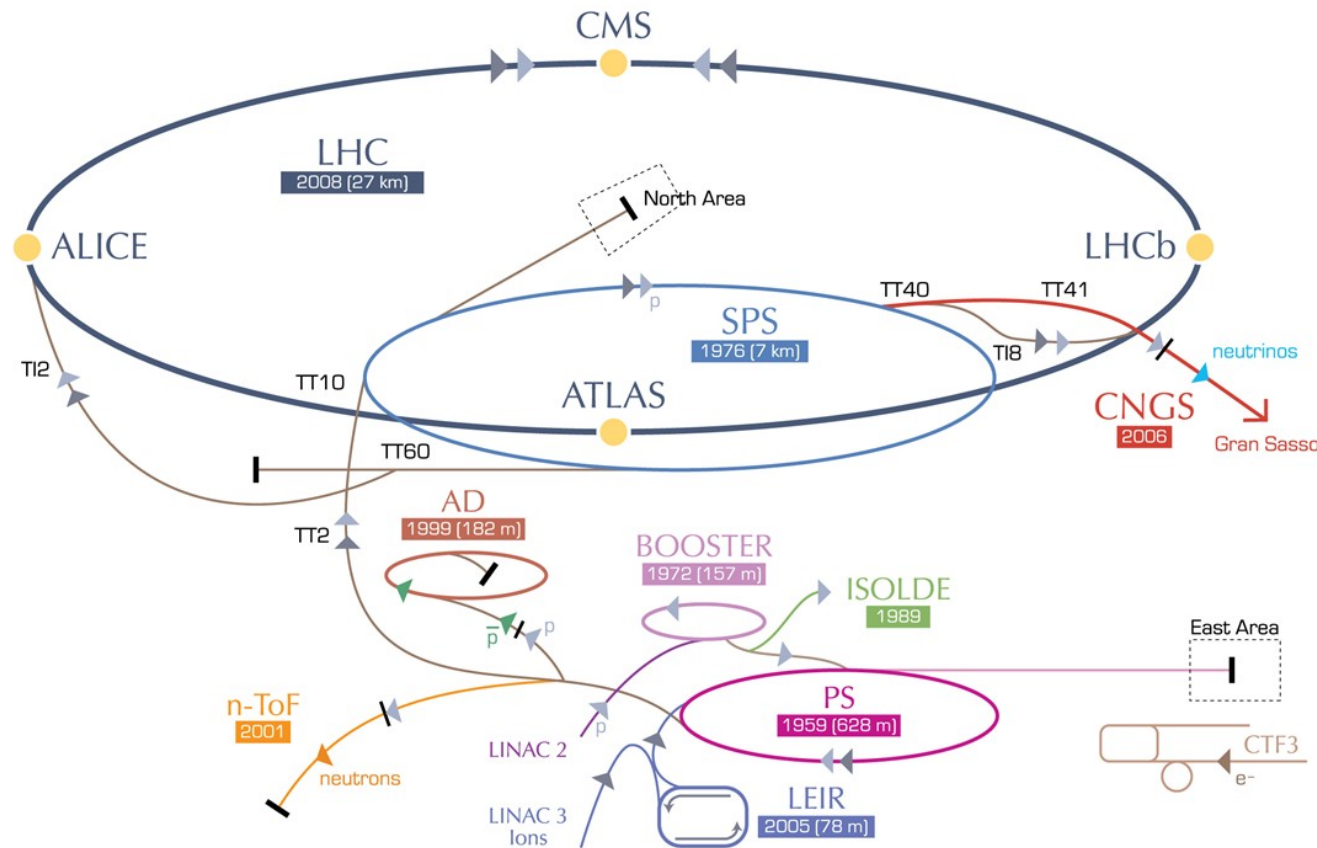
Partículas no observables directamente: *

-Quarks	-Gluón
-W, Z	-Tau
-Neutrinos	-Higgs
-Hadrones con quarks s,c,b,t (excepto K)	

* El estudio de las partículas no directamente observables se basa en la reconstrucción de las partículas observables que originan de su desintegración.

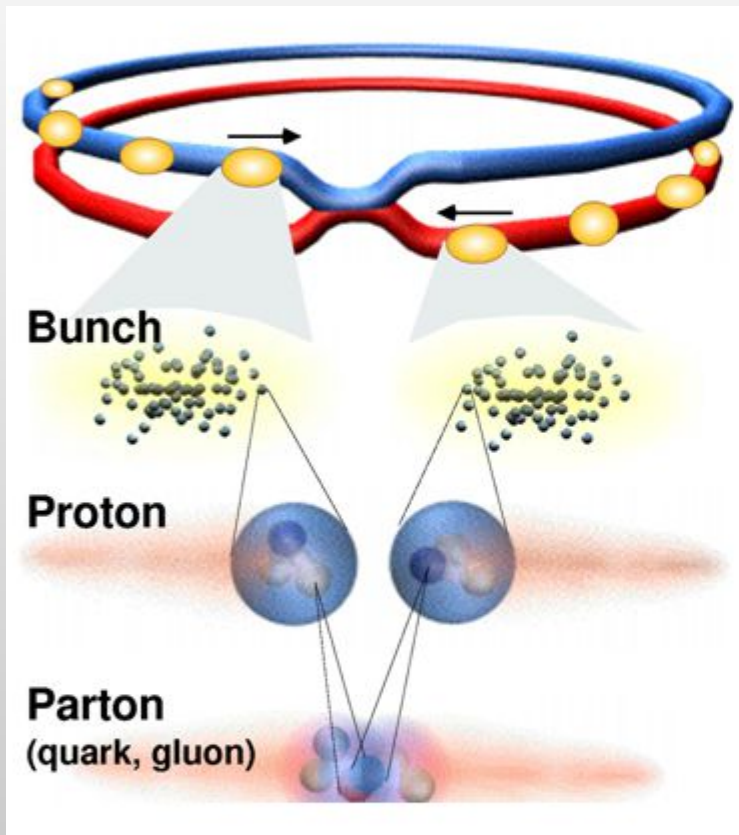
Reconstrucción: reconstrucción de la trayectoria, momento, energía y carga de una partícula en el detector explotando su interacción con el propio detector.

CERN's accelerator complex



El Large Hadron Collider es un colisionador de protones.

- Acelera protones hasta una energía de 13 tera electronvoltios (TeV).
- Proporciona paquete de protones (*bunches*) que circulan a lo largo del anillo de 27 km en dos haces (*beams*): uno en el sentido del reloj, el otro en el sentido contrario.

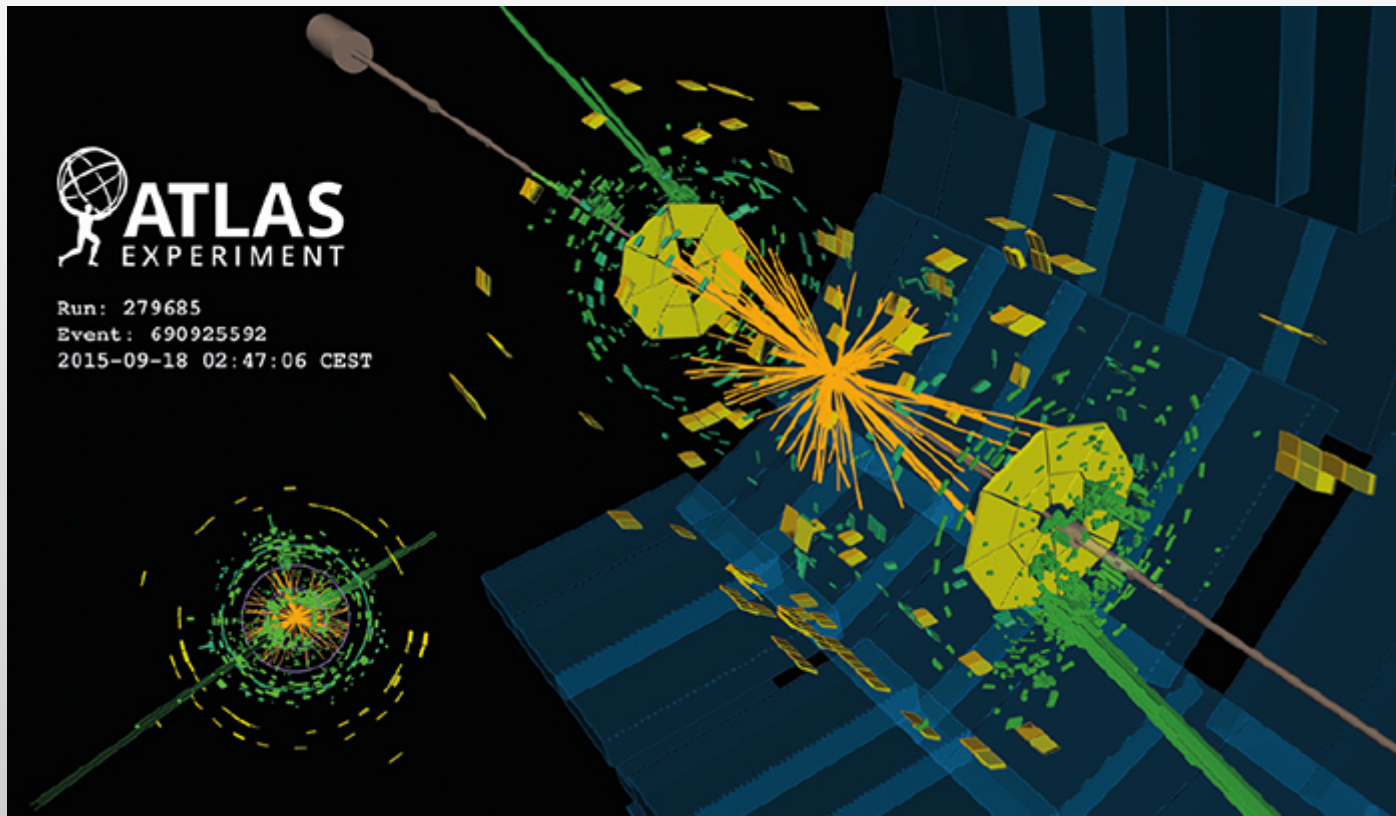


Cada *bunch* contiene $\sim 10^{11}$ protones.

Los dos haces de protones circulan a lo largo del anillo inicialmente sin cruzarse. Cuando alcanzan la energía de 13 TeV y sean estables, se hacen cruzar en 4 puntos del anillo acelerador. En cada uno de ellos está instalado un detector de partículas (ATLAS, CMS, LHCb, ALICE).

Cada vez que dos paquetes de protones que viajan en sentido contrario se cruzan (*bunch crossing*), hay una cierta probabilidad que dos protones (uno de cada bunch) colisionen, produciendo una cascada de partículas.

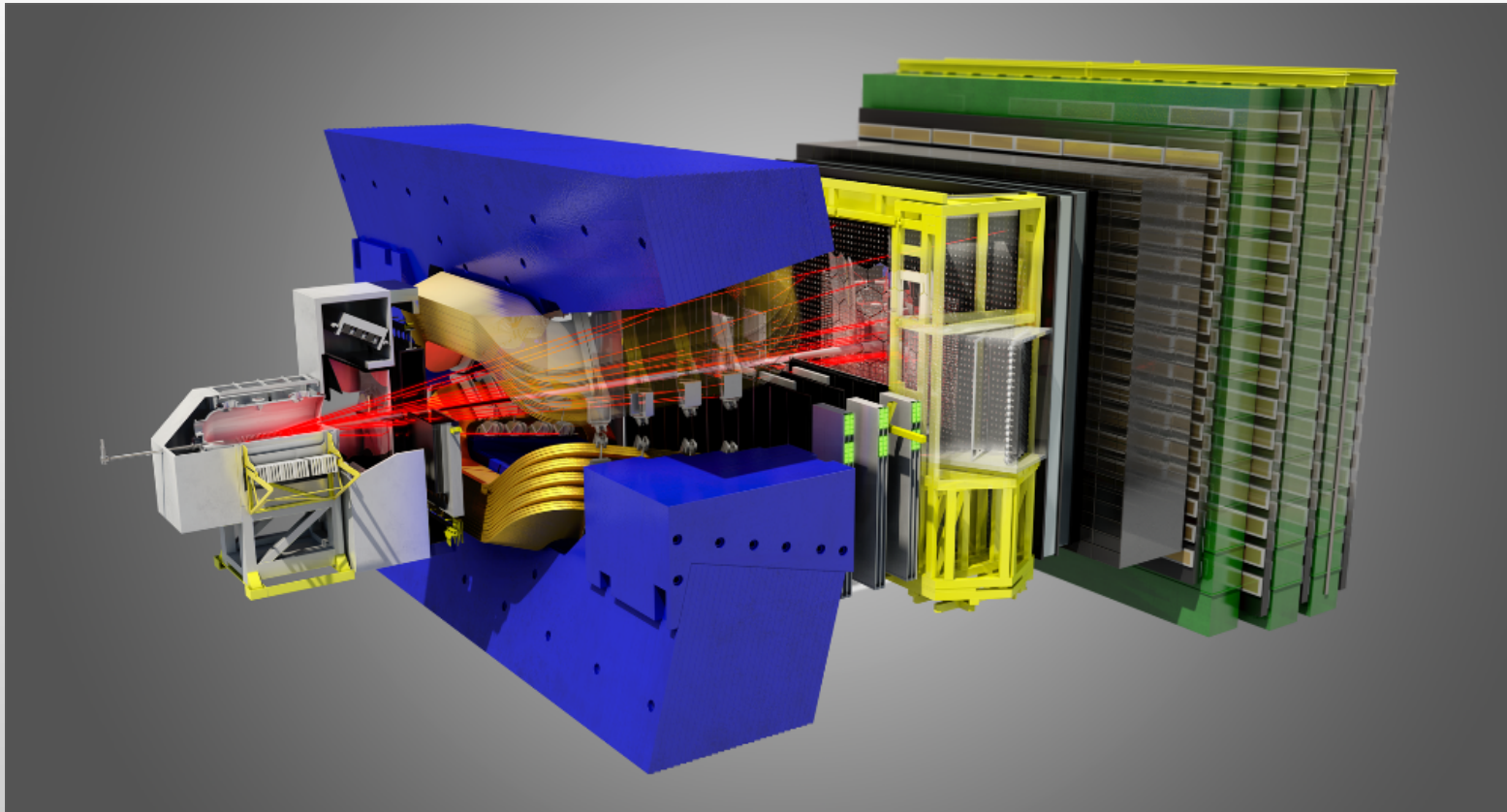
LHC proporciona paquetes de protones de manera que en cada uno de los 4 puntos de colisión ocurra un *bunch crossing* cada 25 nanosegundos. Esto significa que la frecuencia a la que ocurren es de **40 MHz** [$= 1/(25 \text{ ns})$].



Las partículas generadas en la colisión de dos protones se dirigen en todo el espacio alrededor del punto de colisión. El experimento ATLAS por ejemplo, por sus objetivos, ocupa todo el ángulo sólido alrededor de ese punto para poder recoger todas la partículas generadas.

En LHC, el **evento primario** es la colisión entre dos protones. El punto en el espacio donde esta colisión ocurre se llama **vértice primario**.

El número ideal de colisiones protón-protón en cada bunch crossing es 1. En la realidad, este número fluctúa estadísticamente. Cuando en un bunch crossing hay más de una colisión, hay **pile-up** (acumulación de vértices primarios).



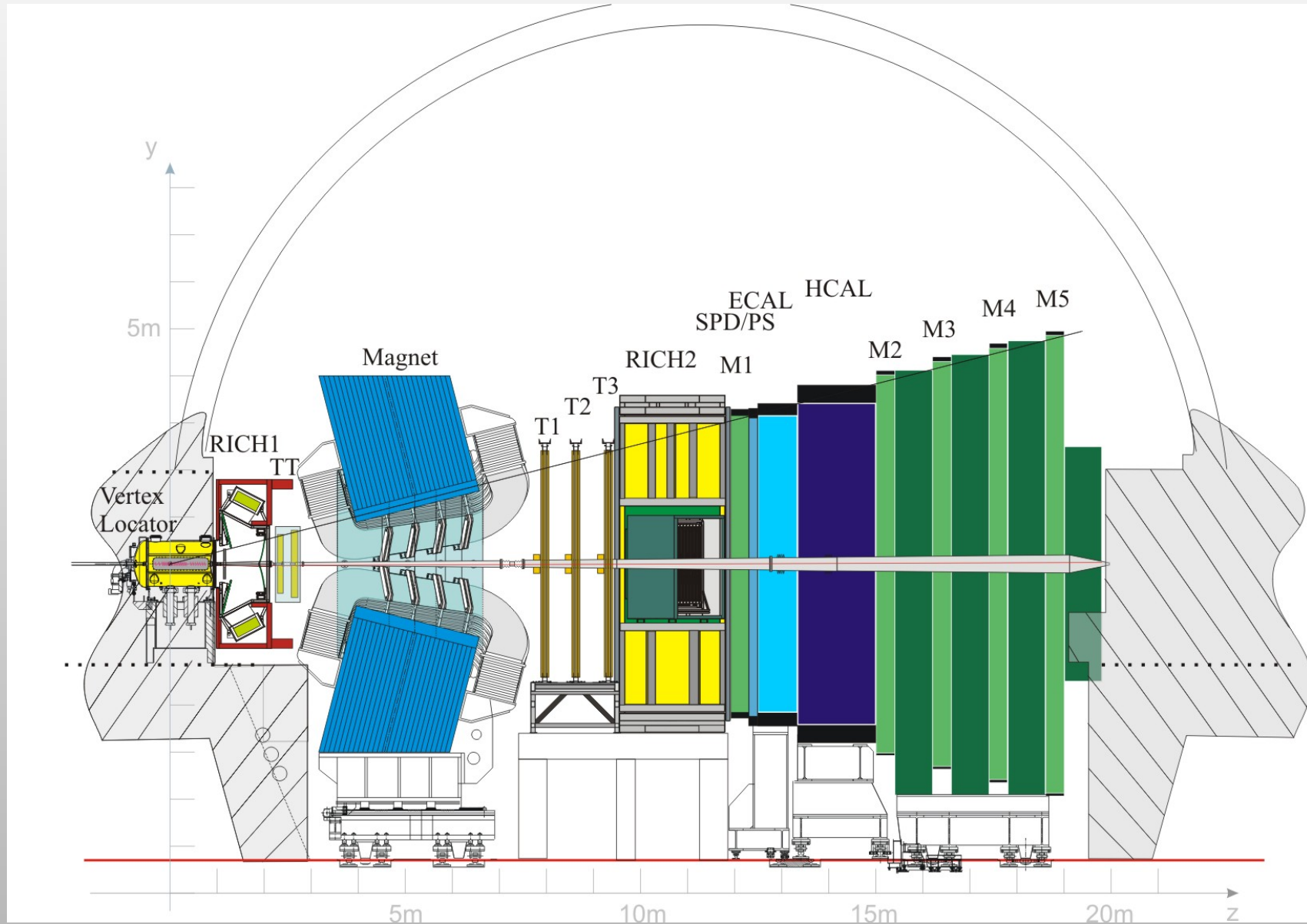
El detector LHCb ocupa uno de los 4 puntos de colisión.

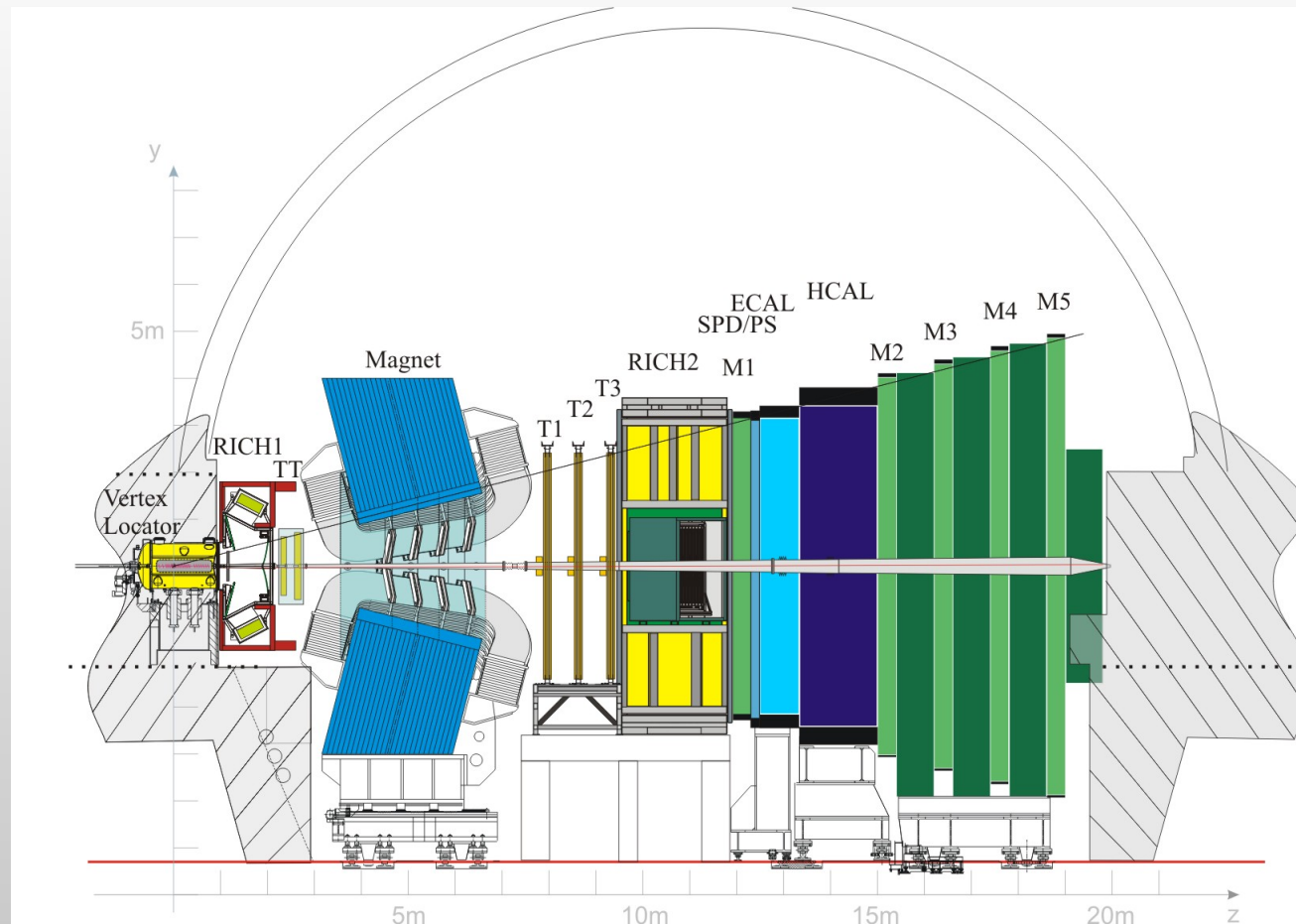
Está diseñado para estudiar la **física del quark b**.

Por razones físicas relacionadas con la física del quark b, LHCb no ocupa todo el ángulo sólido como ATLAS o CMS, sino sólo una parte de uno de los dos hemisferios alrededor del punto de colisión:

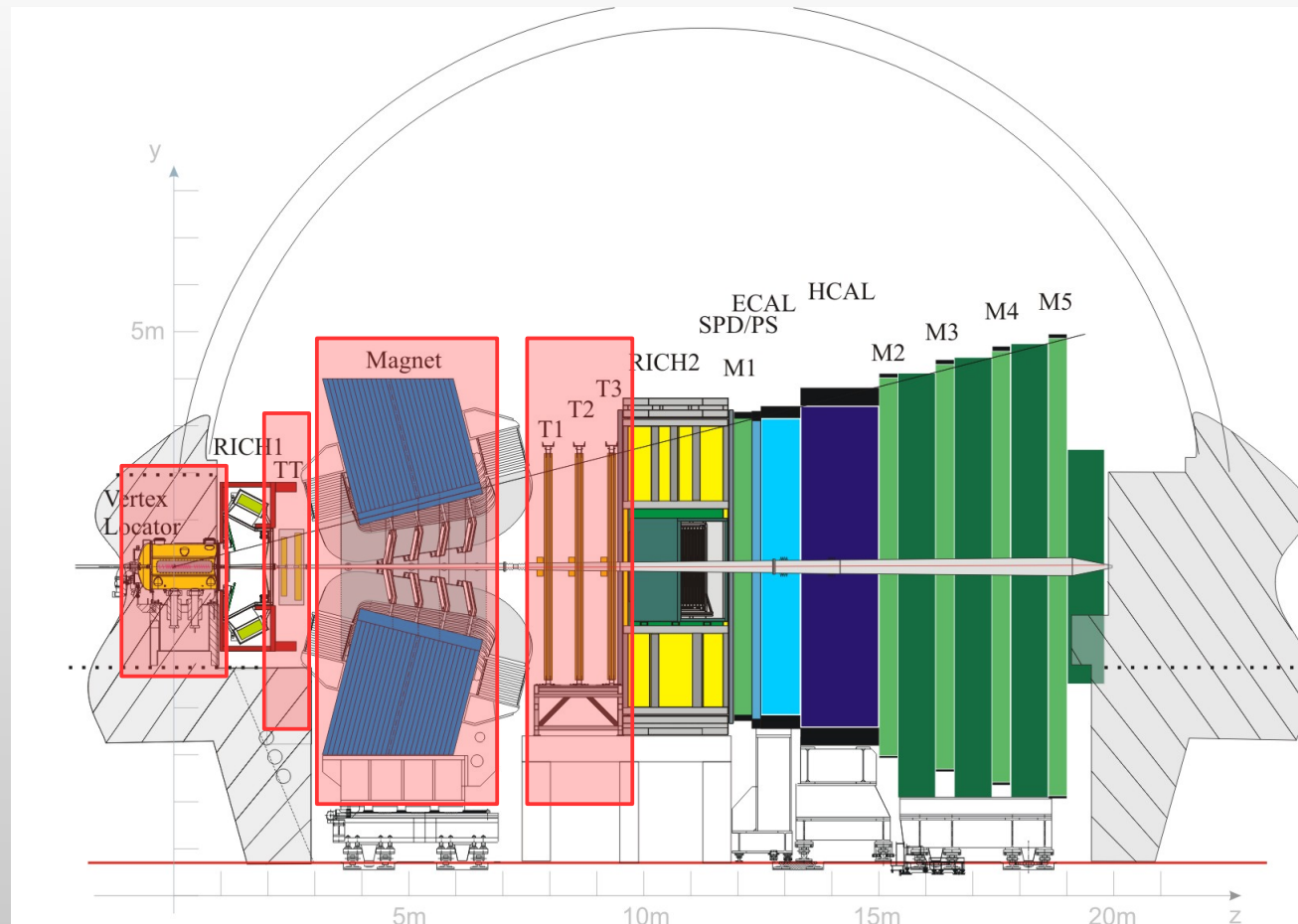
tiene **aceptancia** reducida. La aceptancia del detector es su capacidad geométrica de recoger/aceptar las partículas generadas en la colisión. La aceptancia se puede expresar en términos de **pseudurapidity** η de las partículas: el detector LHCb recoge partículas con $1.8 < \eta < 4.9$. Las partículas que tienen η fuera de ese intervalo, no son detectadas por LHCb.

Perfil del detector





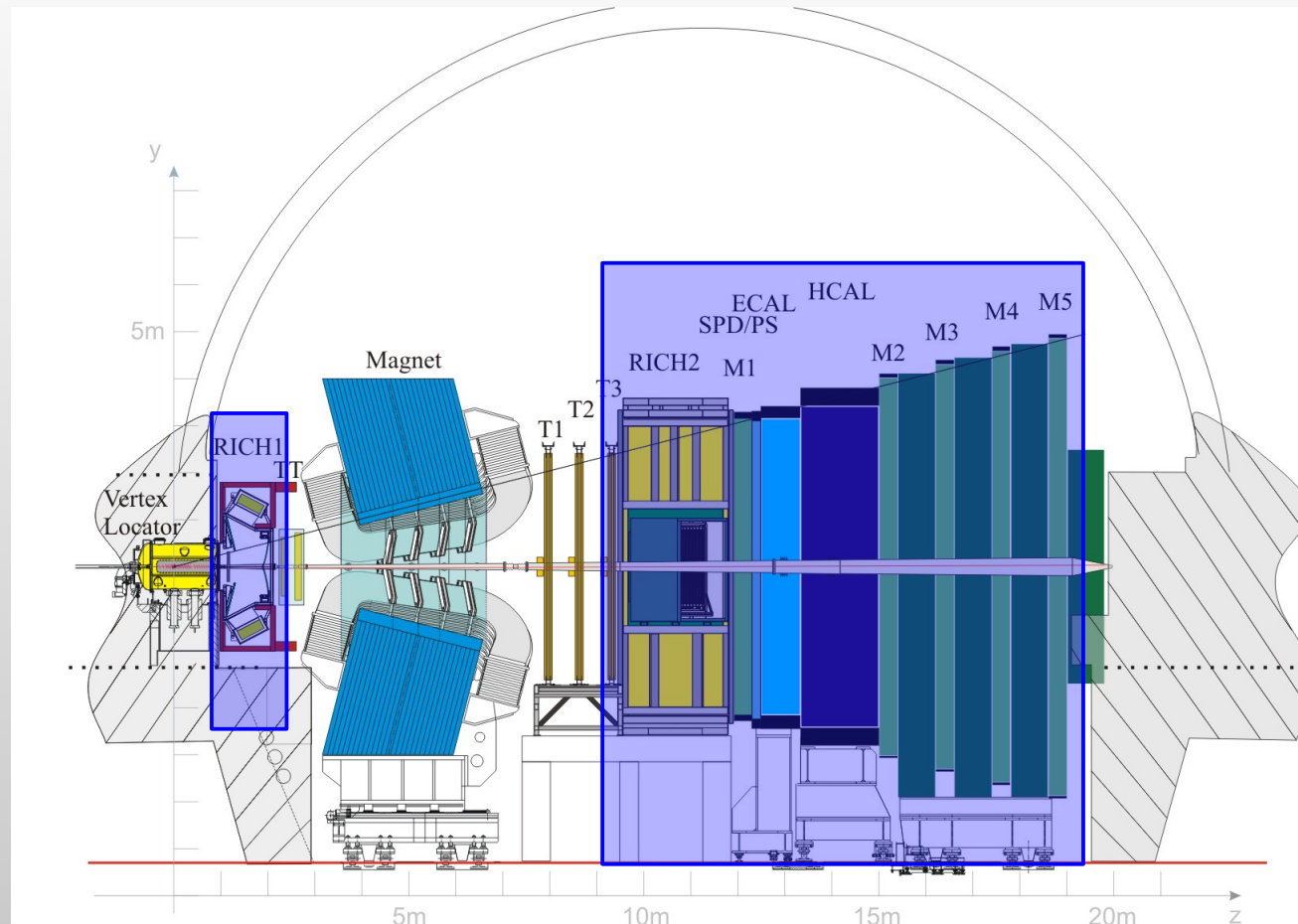
Tres sistemas:



Vertex Locator (VELO) + Tracker Turicensis (TT) + Magnet + Tracking Stations (T1,2,3)

Tres sistemas:

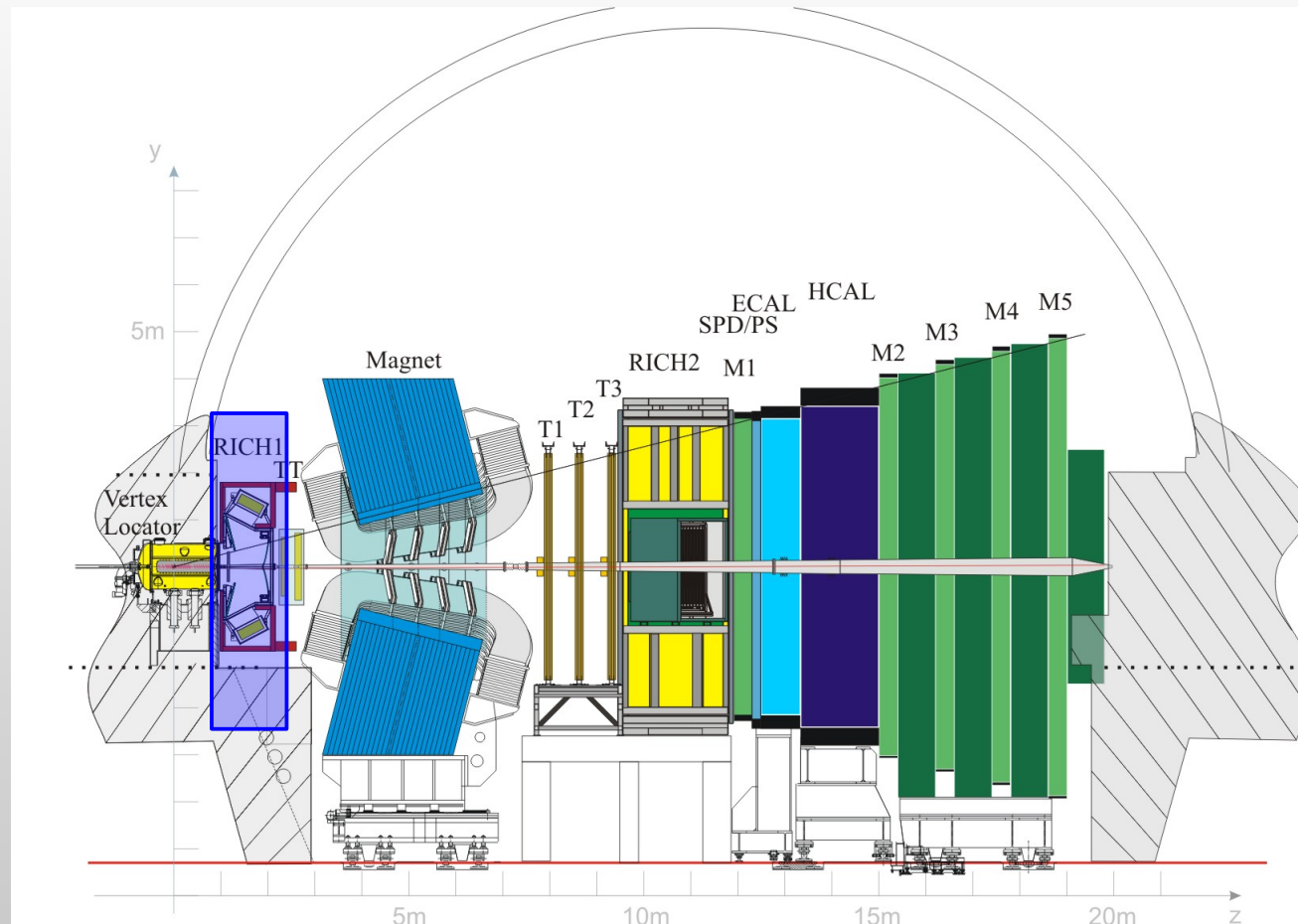
1. **Sistema de Tracking**



Cherenkov detectors (RICH1, 2) + Calorímetro Electromagnético (ECAL) + Calo. Hadrónico (HCAL) + SPD + PS + Muon Stations (M1,2,3,4,5)

Tres sistemas:

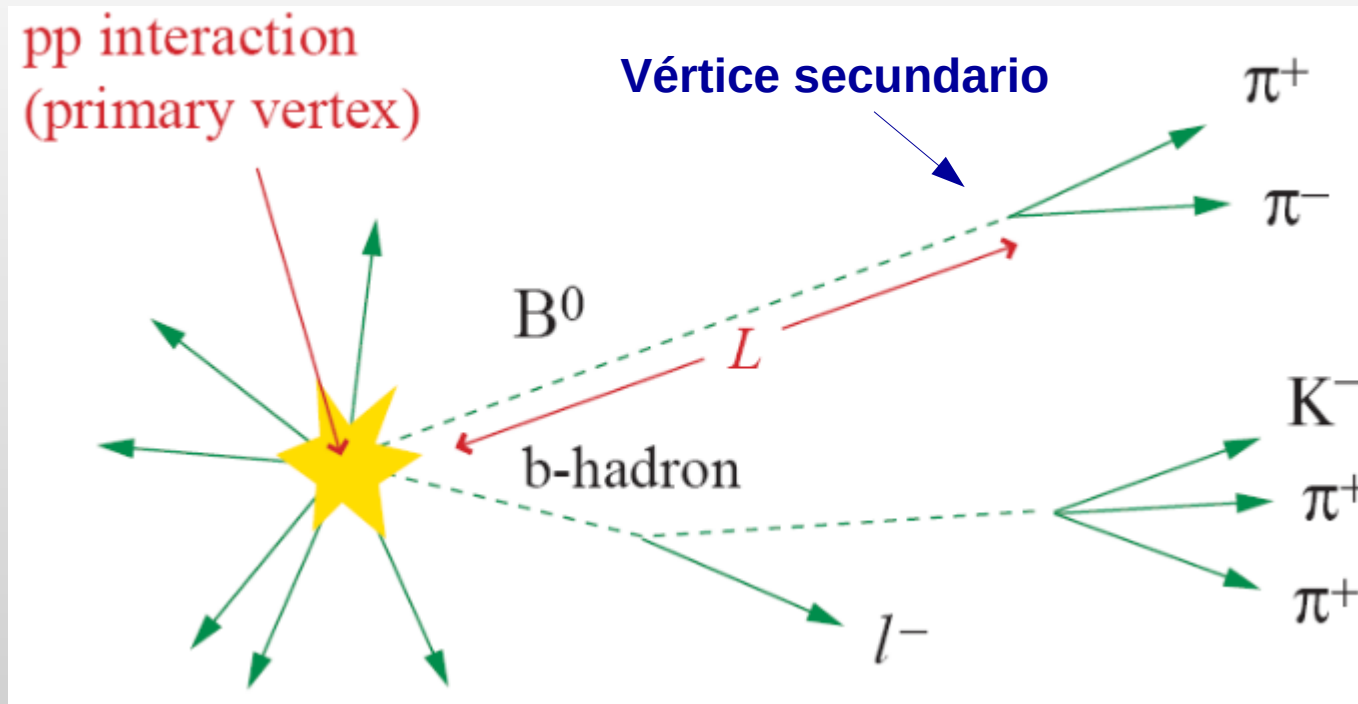
1. **Sistema de Tracking**
2. **Sistema de identificación de partículas (PID system)**



El sistema de Trigger elabora la información de diferentes sub-detectores

Tres sistemas:

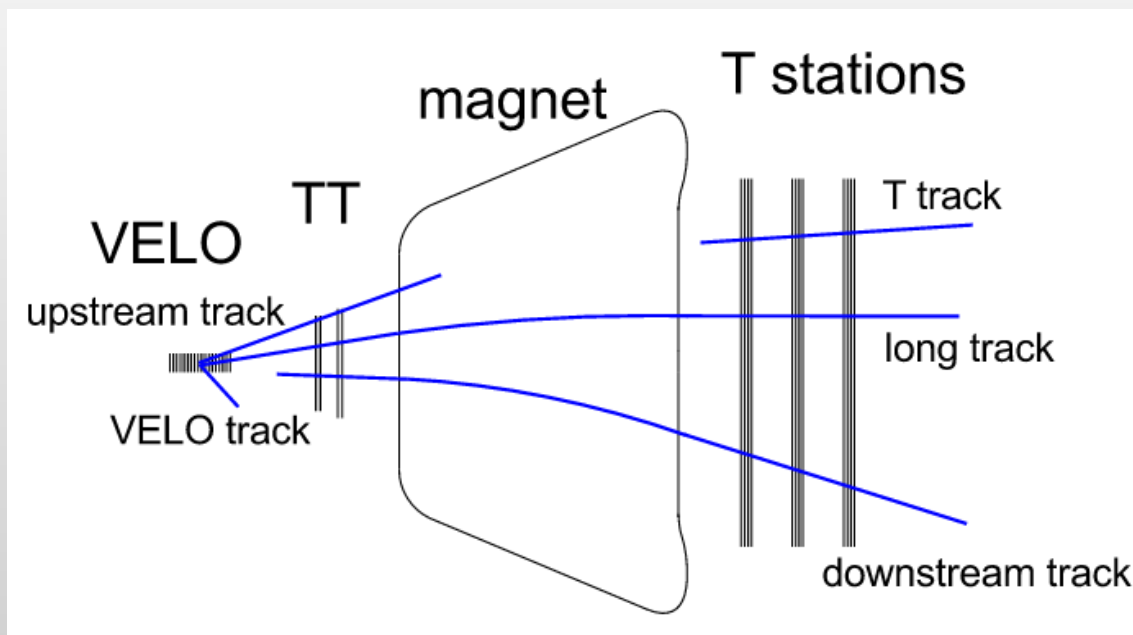
1. Sistema de Tracking
2. Sistema de identificación de partículas (PID system)
3. Trigger



Típica desintegración de un mesón B^0 formado por un quark b .

En las condiciones de LHC, un mesón B que se ha producido en una colisión pp vuela 7 mm en promedio antes de desintegrarse. El punto en que se desintegra se llama **vértice secundario**, que se encuentra desplazado y distinguible respecto al vértice primario.

El objetivo del sistema de tracking es proporcionar una medida precisa de la trayectoria (**traza**) y del momento de las partículas.



Tipos de trazas

- 1. VELO track:** trazas de partículas que sólo han dejado **hits** en el VELO. El VELO es el subdetector puesto alrededor del punto de colisión de los protones.
- 2. Upstream track:** trazas de partículas que sólo han dejado hits en el VELO y en el TT. Se llaman *upstream* porque la traza está reconstruida sólo en la parte antecedente al imán.
- 3. T track:** una traza que tiene hits sólo en las T stations T1,2,3
- 4. Downstream track:** traza con hits en todos los subdetectores excepto el VELO.
- 5. Long track:** traza reconstruida por completo

Hit: señal dejada por una partícula en un determinado subdetector.