







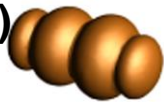
Partículas fundamentales


Leptones


Carga eléctrica


Tau		-1	0		Tau Neutrino
Muon		-1	0		Muon Neutrino
Electron		-1	0		Electron Neutrino

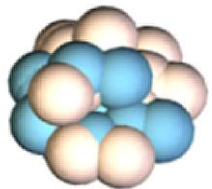
Fuerte

Glucos (8) 

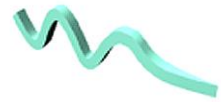
Quarks 

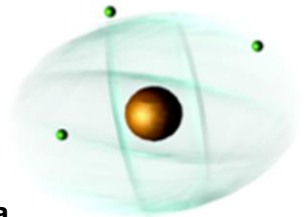
Mesones 

Bariones 

Núcleos 

Electromagnética

Fotón 

Átomos 

Luz
Química
Electrónica

Quarks

Carga eléctrica

Bottom		-1/3	2/3		Top
Strange		-1/3	2/3		Charm
Down		-1/3	2/3		Up

cada quark: *R*, *B*, *G* 3 colores

Gravitacional

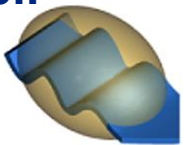
Graviton ? 

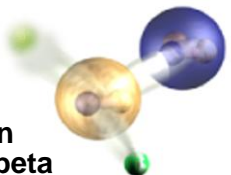
Sistema solar 

Galaxias

Agujeros negros

Débil

Bosones (W,Z) 

Desintegración α 

Radioactividad beta

Interacciones de los neutrinos

Fusión en el sol

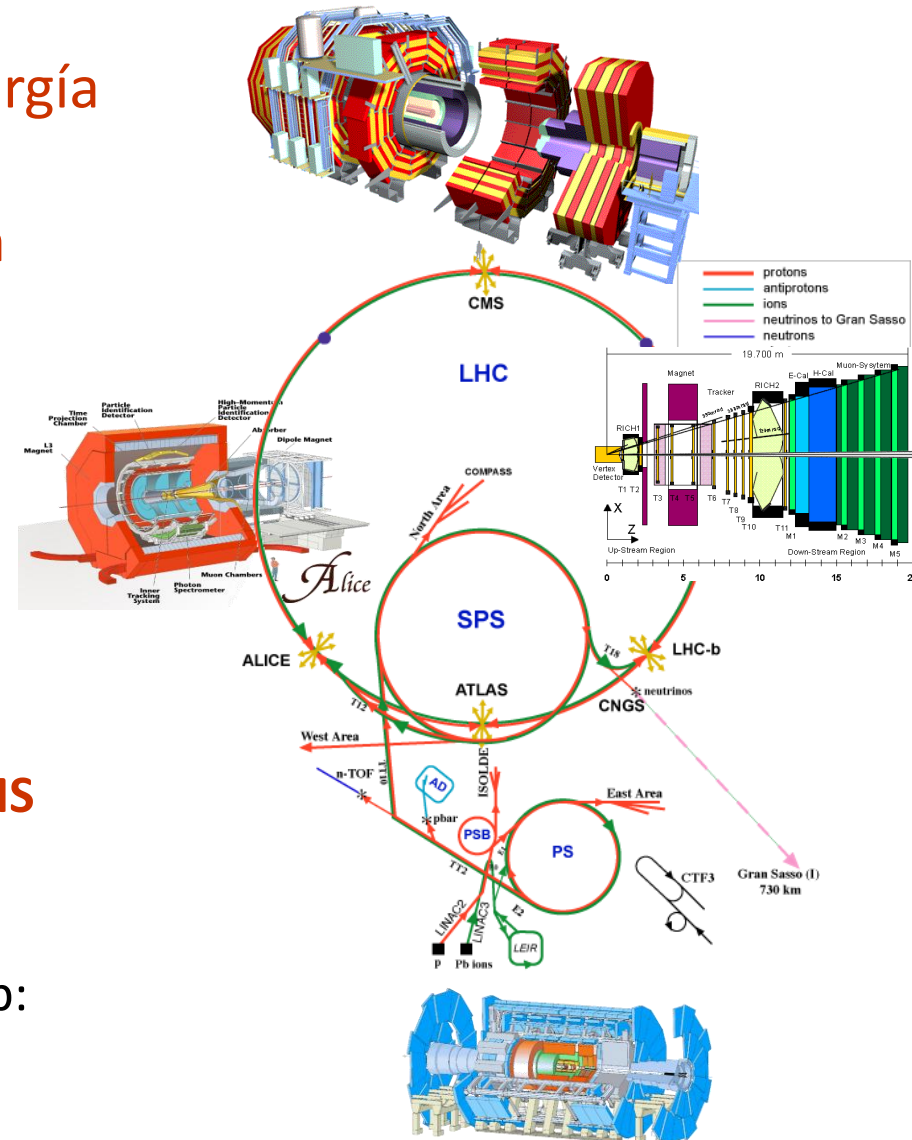
El Gran Colisionador de Hadrones



El LHC es un colisionador circular protón-protón de 27 Km construido en el CERN, cerca de Ginebra

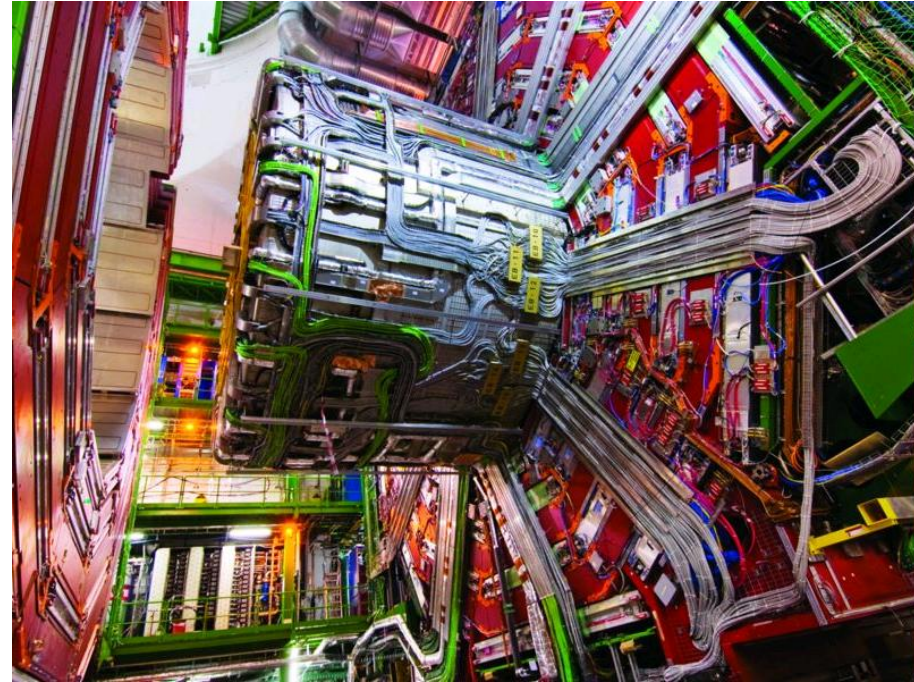
LHC: *Large Hadron Collider*

- El complejo de aceleradores del CERN se usa para alcanzar la energía de colisión
- El campo magnético lo producen 1232 imanes dipolares superconductores
 - Además hay cientos de imanes focalizadores y correctores a lo largo del anillo.
- Hay 4 detectores operando en el LHC:
 - 2 de propósito general: ATLAS y **CMS**
 - 1 especializado en física de iones pesados: ALICE
 - 1 especializado en física del quark b: LHCb



CMS: Compact Muon Solenoid

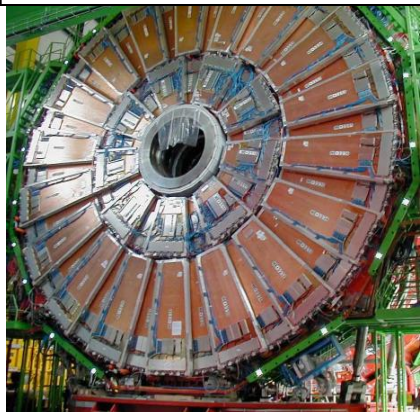
- CMS es un detector de propósito general
 - Muy **compacto** y relativamente pequeño
 - Énfasis en la detección de **muones**
 - Un **solenoid** de alto campo magnético (4T)
- **Componentes principales:**
 - Un sistema central de *tracking* de alta calidad: Píxeles y tiras (*strips*) de silicio
 - Un calorímetro electromagnético de alta resolución: cristales de PbWO_4
 - Un calorímetro hadrónico hermético: Cu + centelladores
 - Un solenoide superconductor de 4 Tesla (+ retorno del imán)
 - Un espectrómetro de muones de alta eficiencia



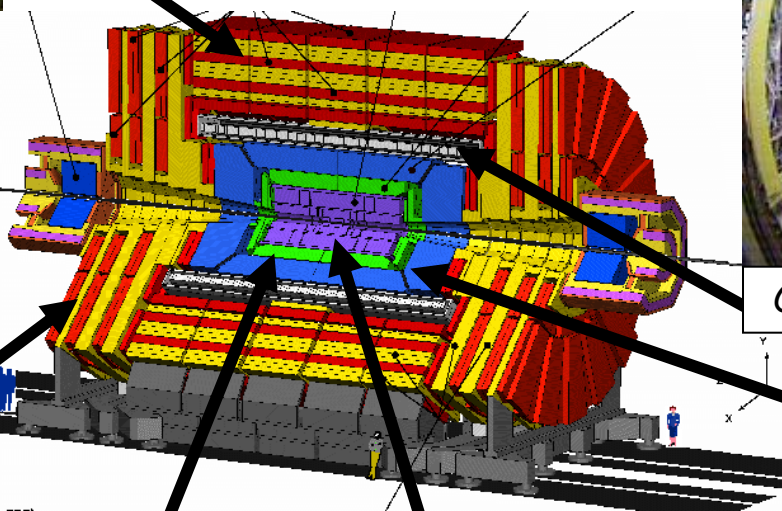
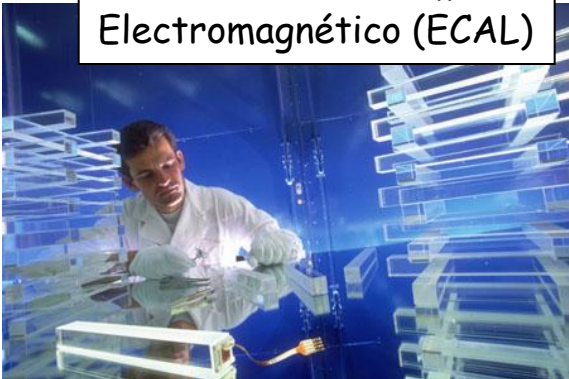
Cámaras de muones (Barrel)



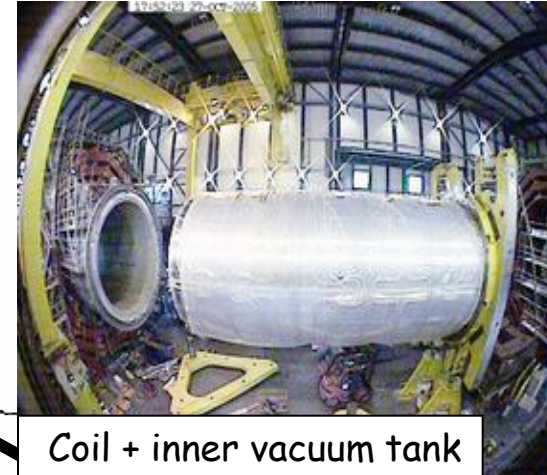
Cámaras de muones (Endcap)



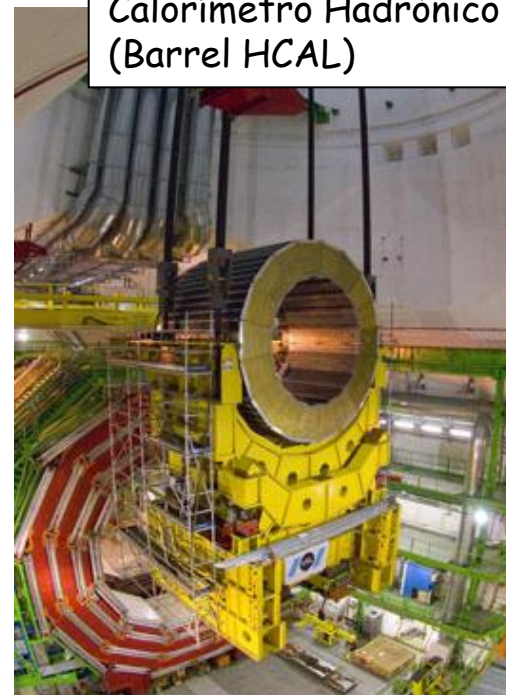
Cristales del calorímetro Electromagnético (ECAL)



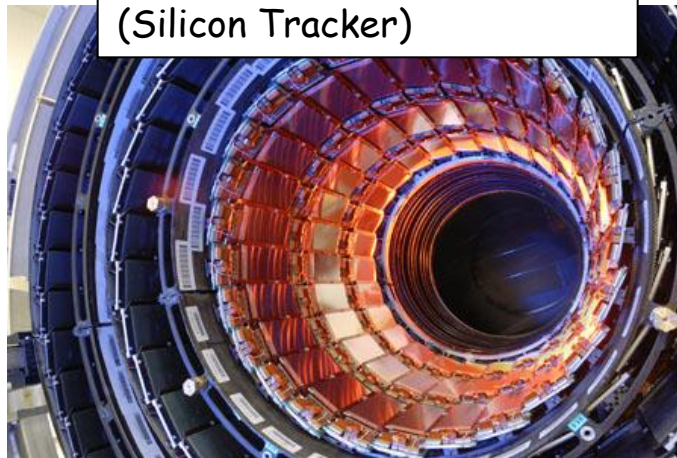
Coil + inner vacuum tank



Calorímetro Hadrónico (Barrel HCAL)



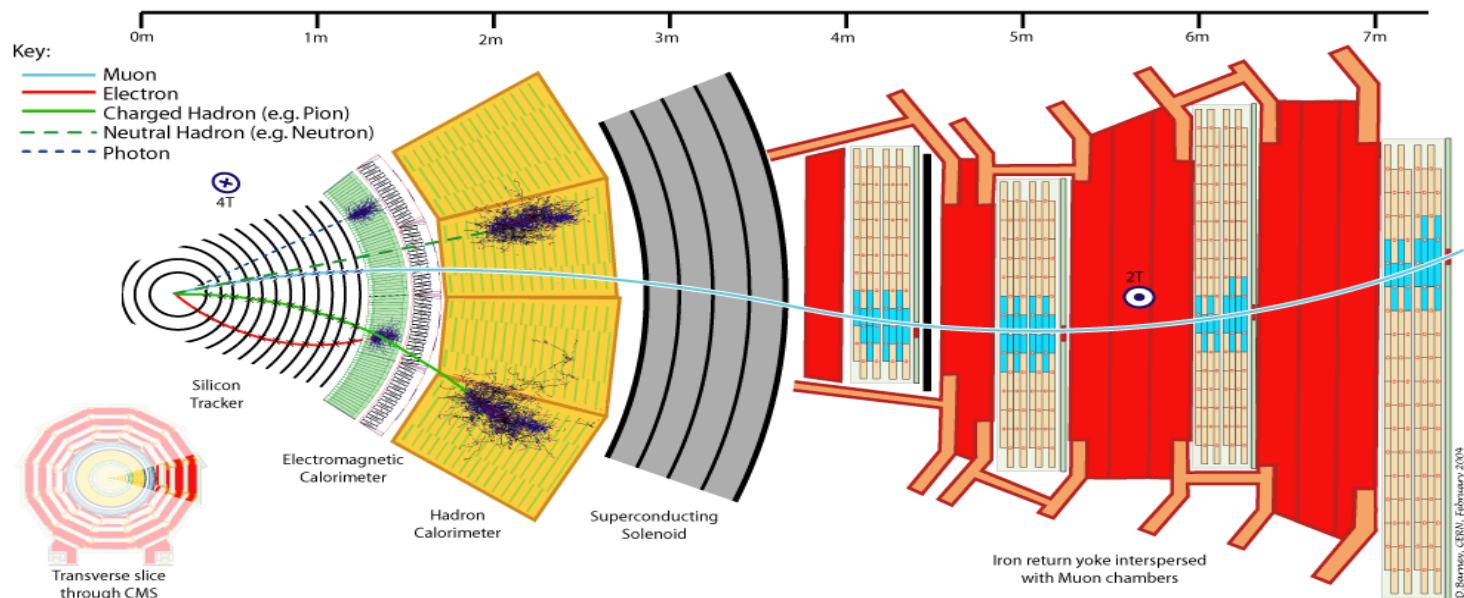
Detector de trazas de silicio (Silicon Tracker)





CMS

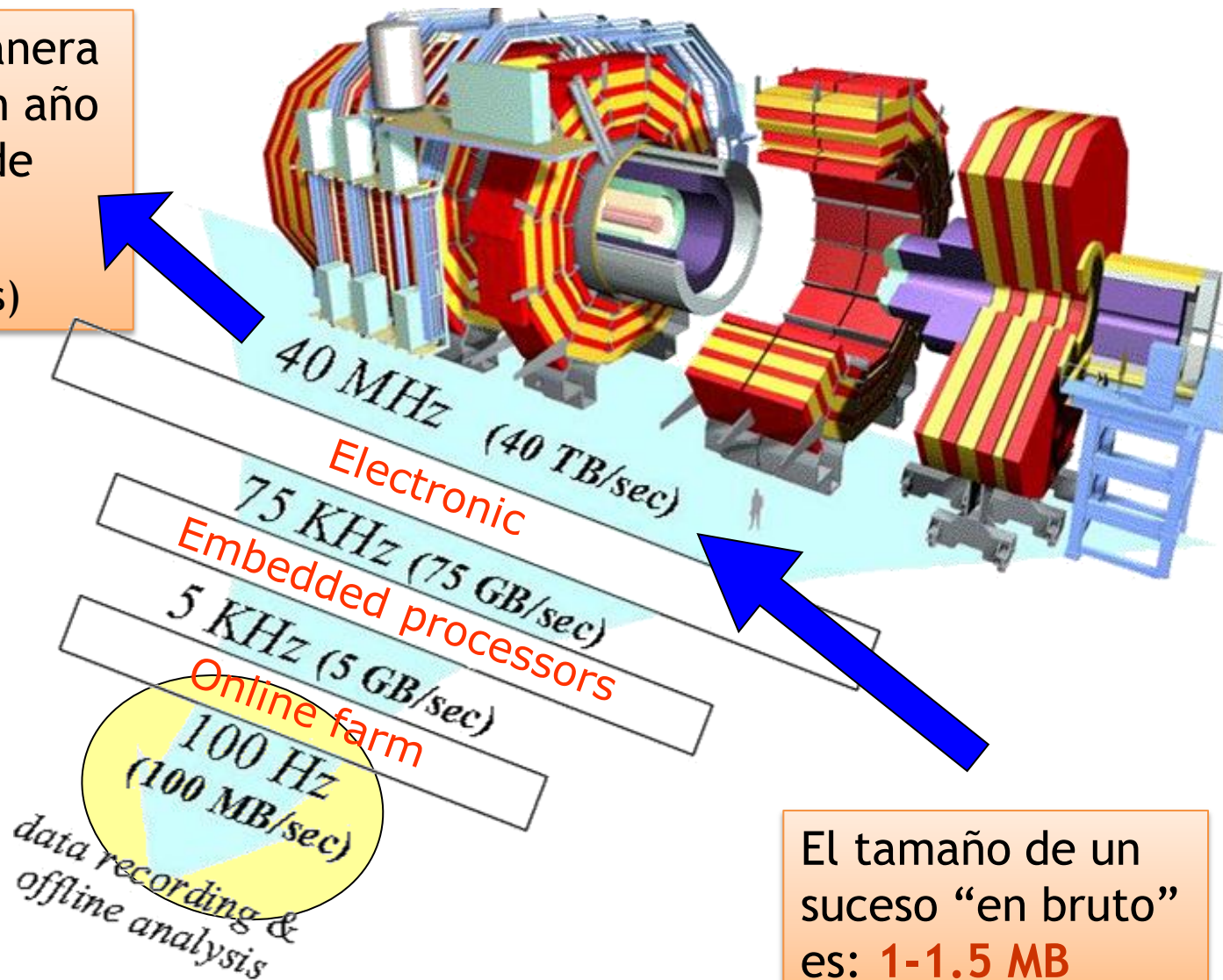
- **Detector de trazas:**
 - Detecta la huella de las partículas
 - Ayuda a determinar el momento y trayectoria de las partículas cargadas
- **Imán:**
 - Ayuda a determinar la relación carga/masa de las partículas.
- **Detector de Muones:**
- **Calorímetro Electromagnético:**
 - Mide la energía electromagnética de partículas cargadas (electrones, piones, protones,...)
- **Calorímetro hadrónico:**
 - Mide la energía hadrónica de los hadrones



Toma de datos

Si se corriese de manera continua durante un año se produciría **1 ZB** de datos

(Zettabyte = 2^{70} bytes)



El tamaño de un suceso “en bruto” es: **1-1.5 MB**

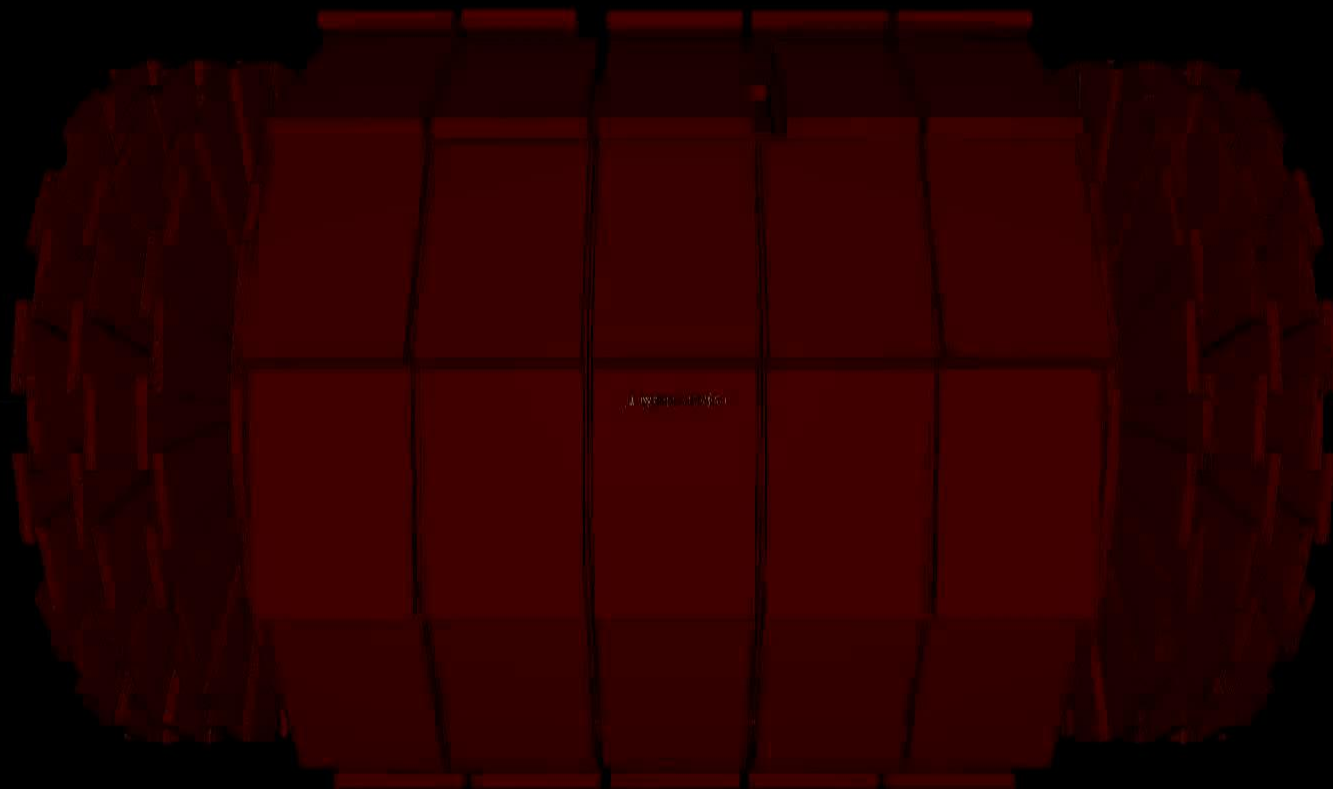


El software de un experimento AEE

- El software de un experimento se suele dividir en dos grandes áreas: *Offline* y *online*
 - **Online:** El que es ejecutado durante la toma de datos
 - **Offline:** El que es ejecutado sobre los datos recogidos y almacenados durante la toma de datos
- Tareas que debe realizar el software **online**:
 - **Operación y monitorización del detector**
 - **Trigger:** Selecciona en un tiempo muy corto los sucesos que son interesantes para su almacenamiento (HLT)
 - **Almacenamiento de los datos** y puesta a disposición de los sistemas on-line
- Tareas que debe realizar el software **offline**:
 - **Simulación** de MC, con su correspondientes mecanismos de validación
 - **Reconstrucción** de los datos en bruto del detector para producir objetos de más alto nivel: trazas, jets, identificación
 - Entorno de **análisis** de datos, incluyendo los mecanismo de acceso a los mismos

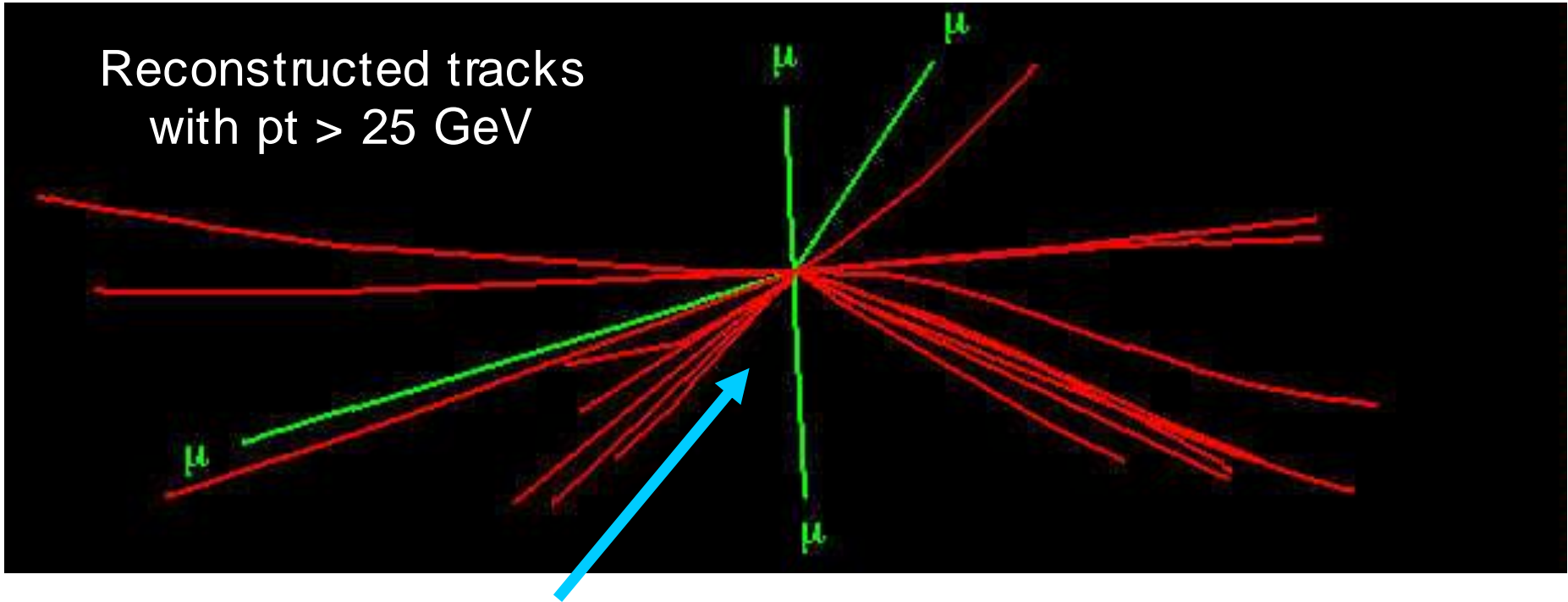
Resultado

CMS Experiment at the LHC, CERN
Tue 2010-Mar-30 13:23:00 CEST
Run 132440 Event 4285681
C O M Energy 7 00 TeV



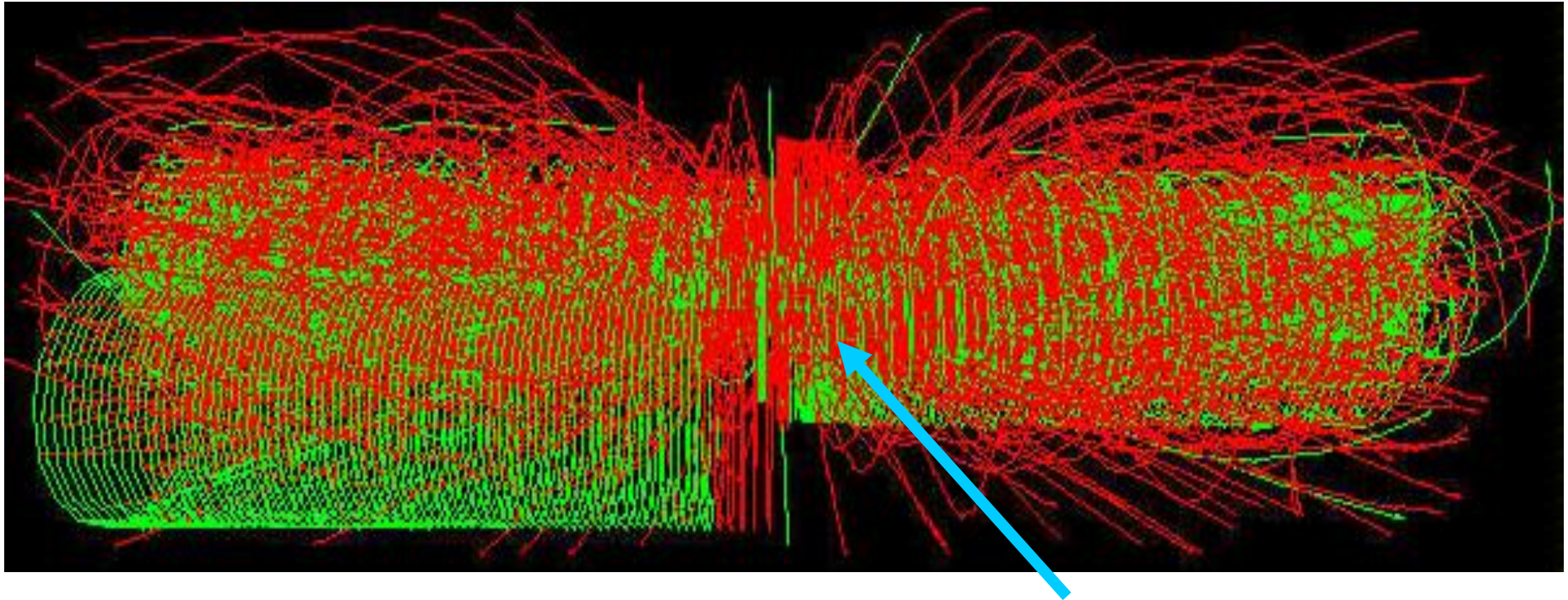
Complejidad de los sucesos

Reconstructed tracks
with $p_t > 25$ GeV



- ⊕ Esto es lo que estamos buscando: Un bosón de Higgs
 $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4 \mu$
- ⊕ Se producirá aproximadamente **uno al día**

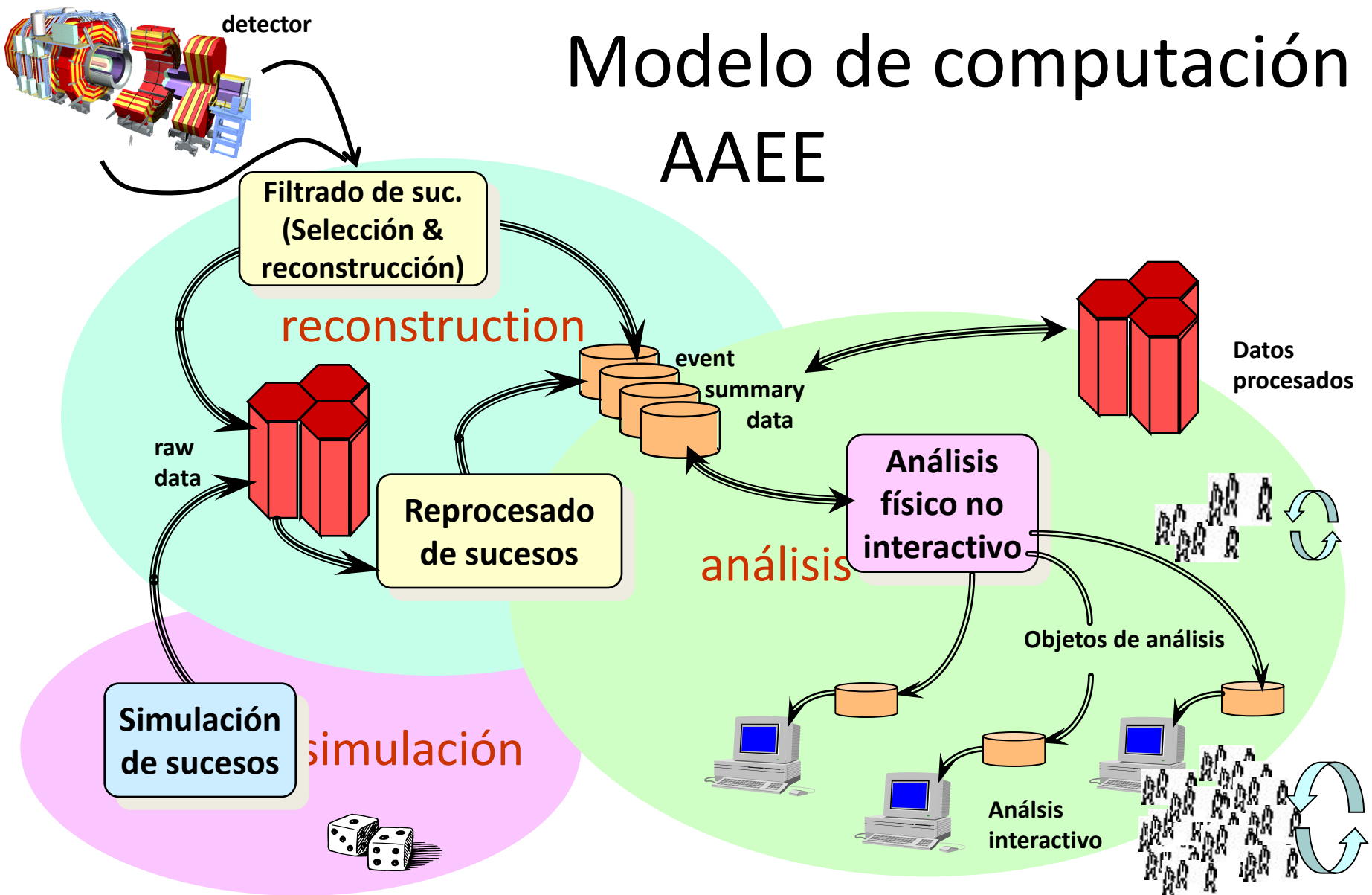
Complejidad de los sucesos



- ⊕ Esto es lo que estamos buscando: Un bosón de Higgs
 $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\mu$
- ⊕ Se producirá aproximadamente **uno al día**

- Y sin embargo lo que tenemos es esto:
Más de 1000 partículas
 $H \rightarrow 4\mu + UE + PU + ISR + FSR + \dots$
- Con todos sus **fondos** varios ordenes de magnitud por encima

Modelo de computación AAEE

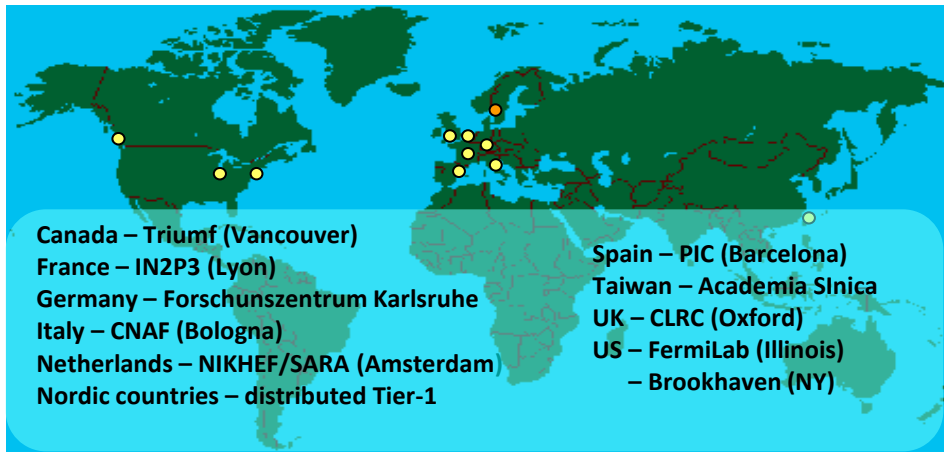


les.robertson@cern.ch

La distribución de los recursos WLCG

Tier-0 - The accelerator centre

- ✦ Toma de datos y procesado inicial de los datos en bruto (*raw data*)
- ✦ Distribución de los datos a los distintos Tier's



Tier-1 (11 centros) - “online” en el proceso de toma de datos → Alta disponibilidad

- ✦ Gran capacidad de almacenamiento → Soporte para cinta
- ✦ Análisis que sean intensivos en datos
- ✦ Soporte nacional y regional

Tier-2 - ~100 centros in ~40 países

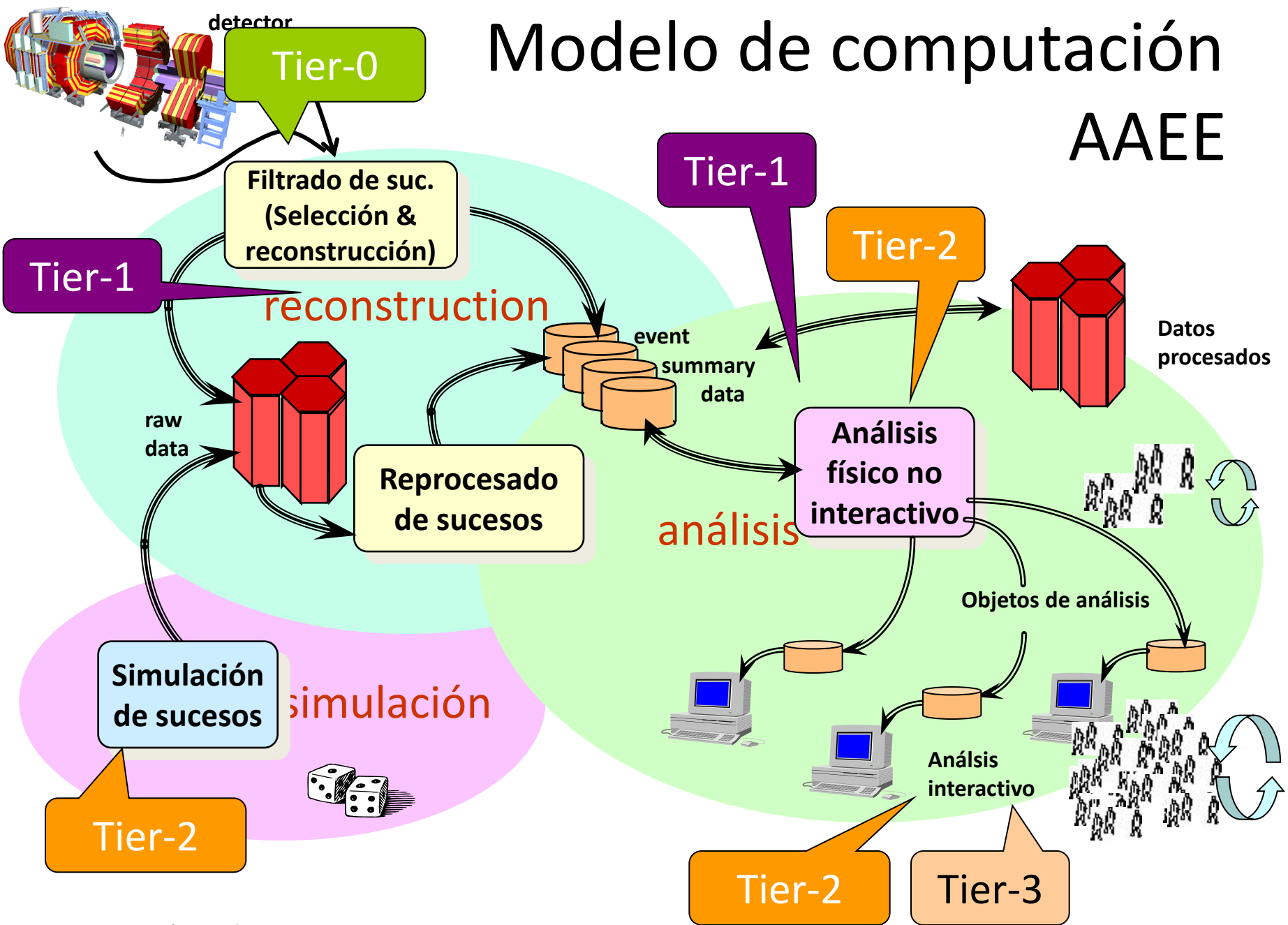
- ✦ Simulación
- ✦ Análisis de usuario final - batch (también interactivo)

Tier-3 - 1 centro por instituto

- ✦ Simulación (oportunistas)
- ✦ Análisis de usuario interactivo

Modelo de computación


AAEE



les.robertson@cern.ch

Desintegración del bosón Z^0

- El bosón Z se desintegra a un par partícula-antipartícula:
 - Por ejemplo e^+e^- ó $\mu^+\mu^-$
 - No podemos distinguir el Z de un fotón virtual
- Podemos reconstruir la **masa del bosón** a partir del momento y la energía de los productos de desintegración


$$\begin{aligned} E_Z &= E_{p_1} + E_{p_2} \\ \vec{p}_Z &= \vec{p}_{p_1} + \vec{p}_{p_2} \end{aligned}$$
$$E_Z^2 = p_Z^2 + m_Z^2$$

Simulación Drell-Yan

- La sección eficaz de producción diverge a masa baja

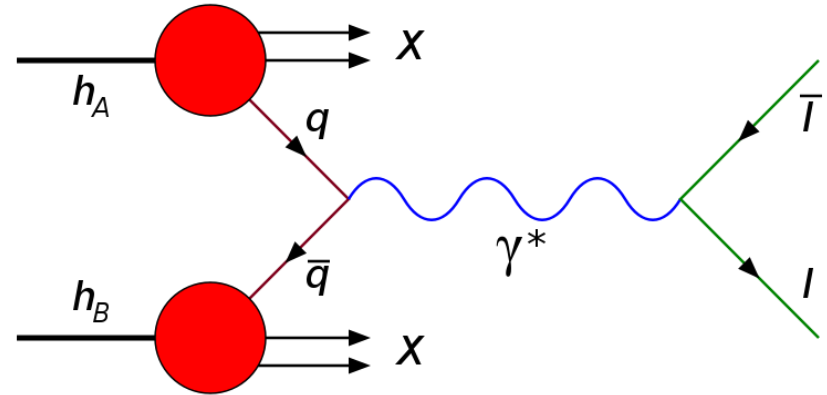
- Producción a partir de $m > 20 \text{ GeV}$

- Tenemos ficheros con 2 electrones o 2 muones

- $P_T > 20$

- Generación, Reconstrucción y Datos

- Intentaremos calcular el pico de masa de Z (media y anchura) viendo las diferencias



Momento transverso y Pseudorapidez

- En física de partículas y en colisionadores hadrónicos con frecuencia trabajamos solo en el **plano transverso** donde se conserva el momento
- El ángulo ϕ (ángulo respecto al eje X) no es en general muy importante
 - Isotropía de la colisión
- Para expresar el ángulo que forma el momento con respecto al eje Z (el del haz) usamos la **pseudorapidez**, η , en lugar de θ

$$\eta = -\ln \left[\tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \right]$$

