

# Adquisición de señales

## Módulo de Instrumentación

Arantxa Ruiz Martínez  
Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV)



Latin American alliance for  
Capacity building in Advanced physics

LA-CoNGA physics



Cofinanciado por el  
programa Erasmus+  
de la Unión Europea



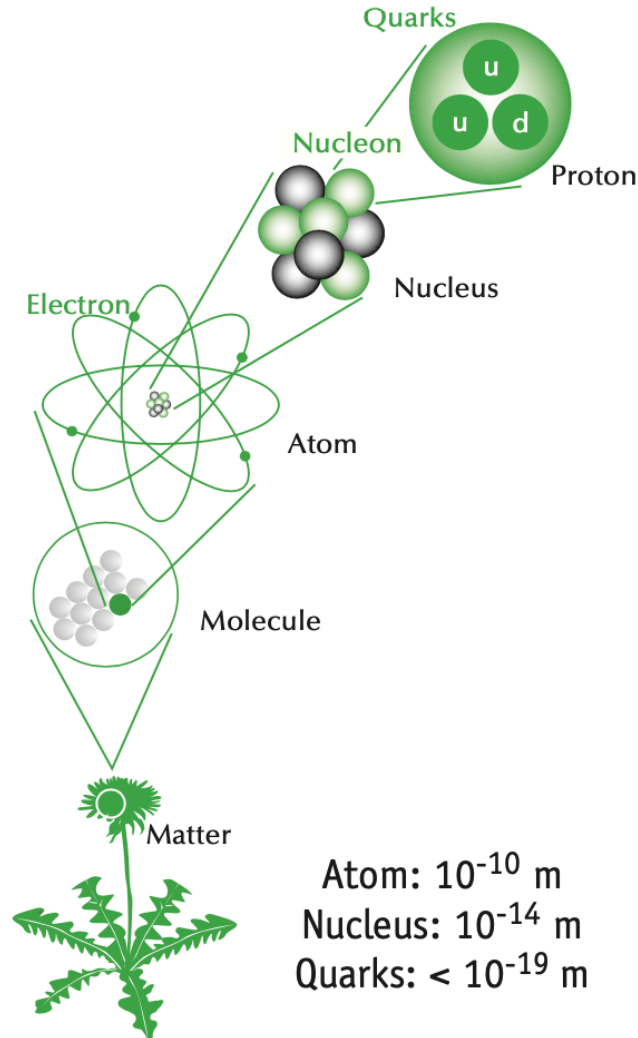


# Experimentos de Física de Partículas: CERN, LHC, ATLAS





# Modelo Estándar de Física de Partículas



## Modelo estándar de física de partículas

|       | tres generaciones de materia (fermiones)       |  |  | portadores de fuerza (bosones)      |                                  |
|-------|--|--|--|-------------------------------------|----------------------------------|
|       | I  | II   | III  |                                     |                                  |
| masa  | $\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$                  | $\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$               | $\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$              | 0                                   | $\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$ |
| carga | $\frac{2}{3}$                                  | $\frac{2}{3}$                                | $\frac{2}{3}$                                | 0                                   | 0                                |
| espín | $\frac{1}{2}$                                  | $\frac{1}{2}$                                | $\frac{1}{2}$                                | 1                                   | 0                                |
|       | <b>u</b><br>up                                 | <b>c</b><br>charm                            | <b>t</b><br>top                              | <b>g</b><br>gluon                   | <b>H</b><br>higgs                |
|       | <b>d</b><br>down                               | <b>s</b><br>strange                          | <b>b</b><br>bottom                           | <b><math>\gamma</math></b><br>fotón |                                  |
|       | <b>e</b><br>electrón                           | <b><math>\mu</math></b><br>muon              | <b><math>\tau</math></b><br>tau              | <b>Z</b><br>bosón Z                 |                                  |
|       | <b><math>\nu_e</math></b><br>electrón neutrino | <b><math>\nu_\mu</math></b><br>muon neutrino | <b><math>\nu_\tau</math></b><br>tau neutrino | <b>W</b><br>bosón W                 |                                  |

**QUARKS**  
**LEPTONES**  
**BOSONES DE GAUGE**  
**BOSONES VECTORIALES**  
**BOSONES ESCALARES**



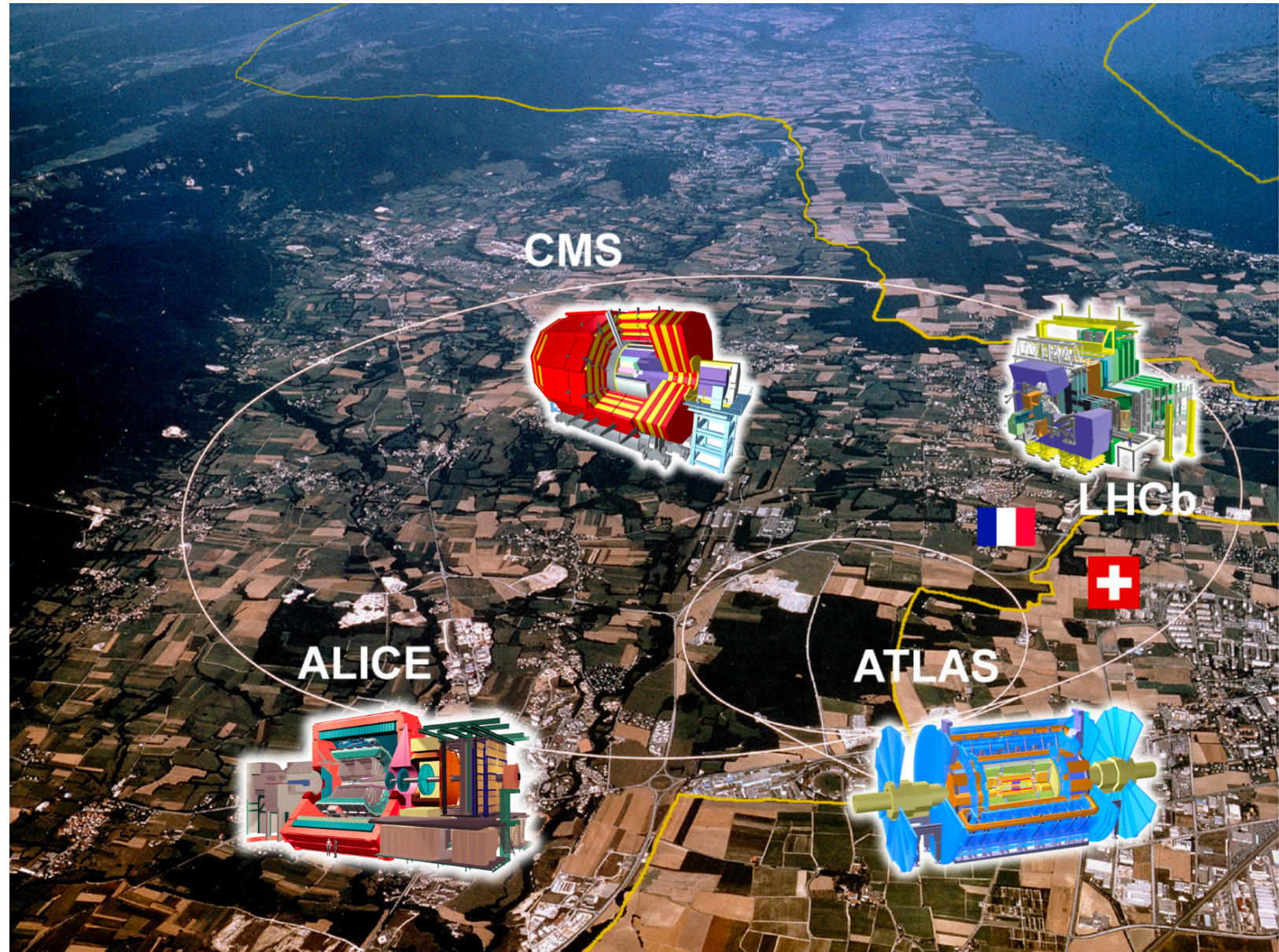


## CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas)

- Situado en Ginebra (Suiza)
- Fundado en 1954 por 12 estados miembros
- Esfuerzo global donde colaboran científicos de todo el mundo

## LHC (Gran Colisionador de Hadrones)

- 27 km de longitud de circunferencia
- 100 m bajo tierra
- 7 detectores de partículas en los puntos de interacción: ALICE, ATLAS, CMS, LHCb, LHCf, MoEDAL y TOTEM

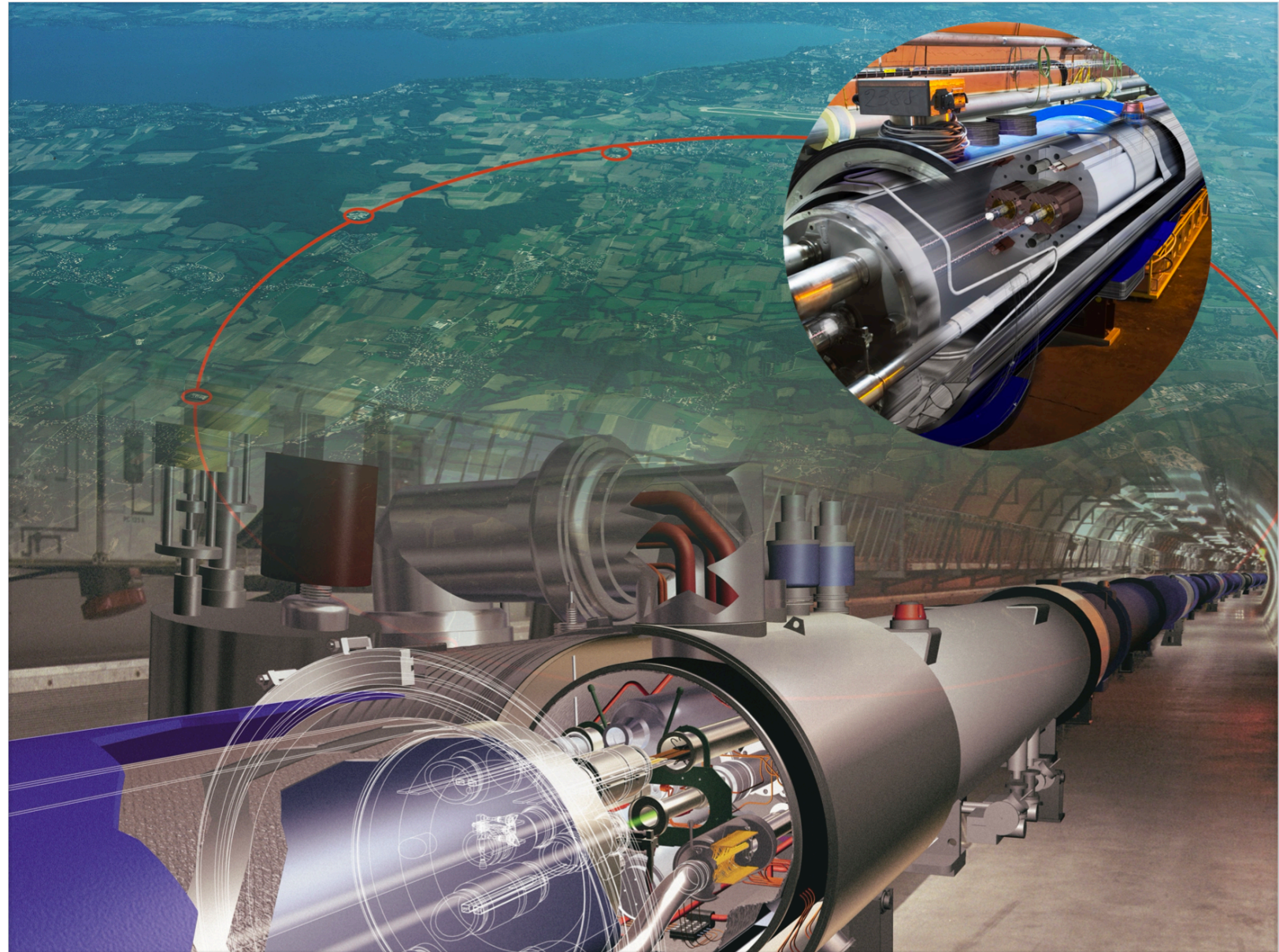






# Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

- El LHC es el mayor acelerador de partículas del mundo
- Acelerador superconductor de hadrones (protones e iones pesados)
- 1232 dipolos de 14.3 m de largo
- Campo magnético: 8.33 T
- Dipolos operan a una temperatura: 1.9 K (-271.3 C)
- Energía de los haces de protones: 6.5 TeV  
(1 TeV =  $22.4 \times 10^{-7}$  J)
- Velocidad de los protones:  $0.9999999991c$

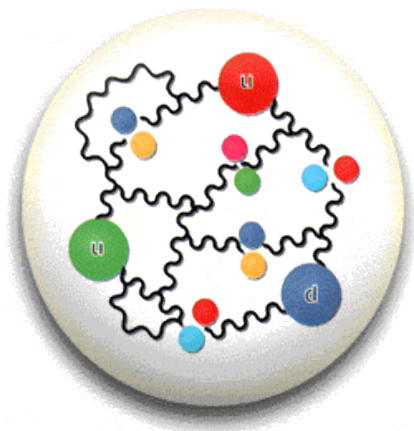




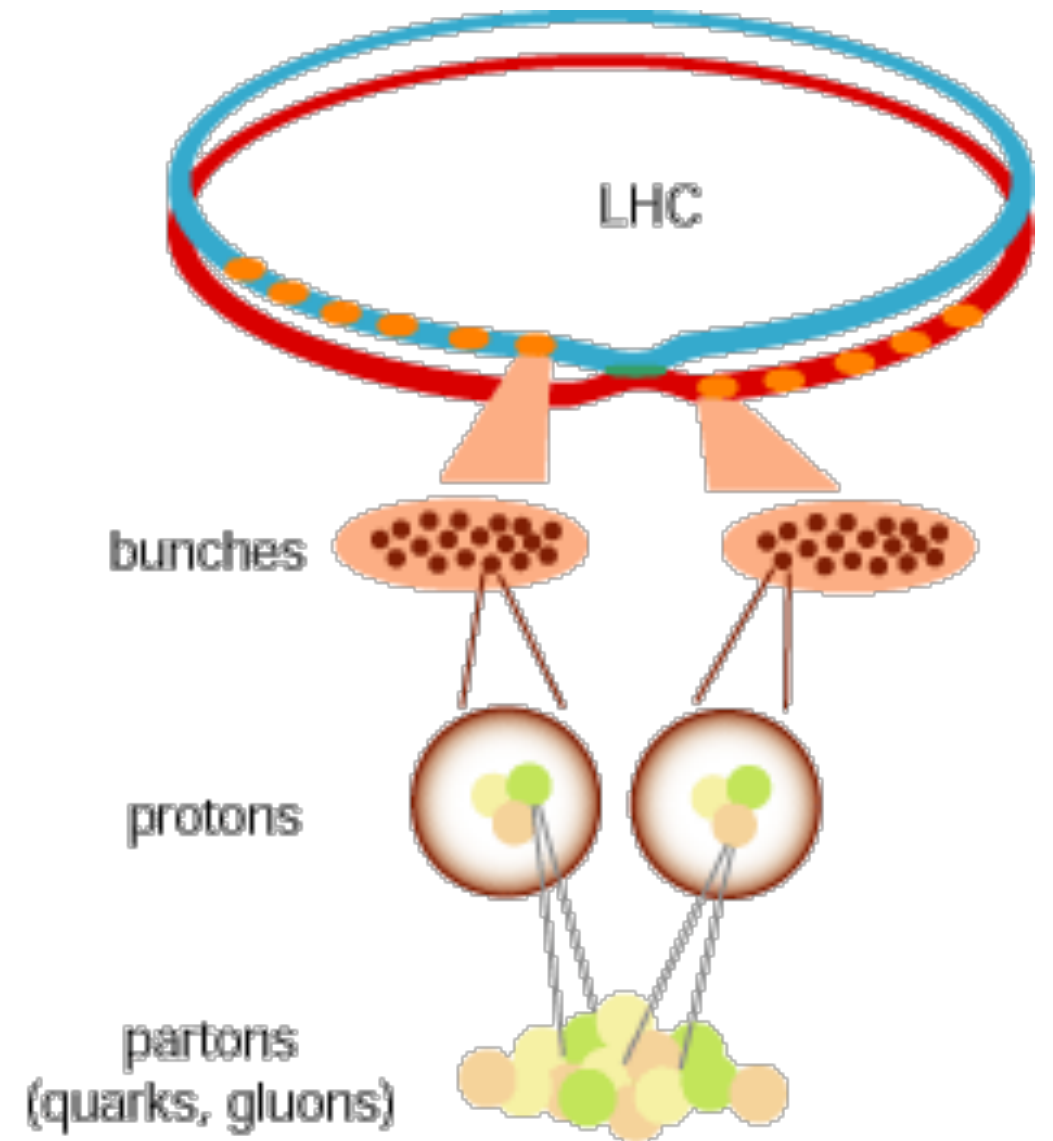


# Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

- 2800 paquetes de protones / haz
- $1.1 \times 10^{11}$  protones / paquete
- Tamaño del paquete:  $7.5 \text{ cm} \times 16 \mu\text{m}$  (pelo humano  $\sim 50 \mu\text{m}$ )
- 40 millones de cruces de paquetes por segundo (colisiones de protones a una frecuencia de 40 MHz, cada 25 ns)
- $\sim 33$  colisiones por cada cruce de haces



- El protón no está simplemente hecho de 3 quarks (uud)
- El protón tiene 3 quarks de valencia (uud) más un mar de gluones y pares quark-antiquark de corta vida media





# Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

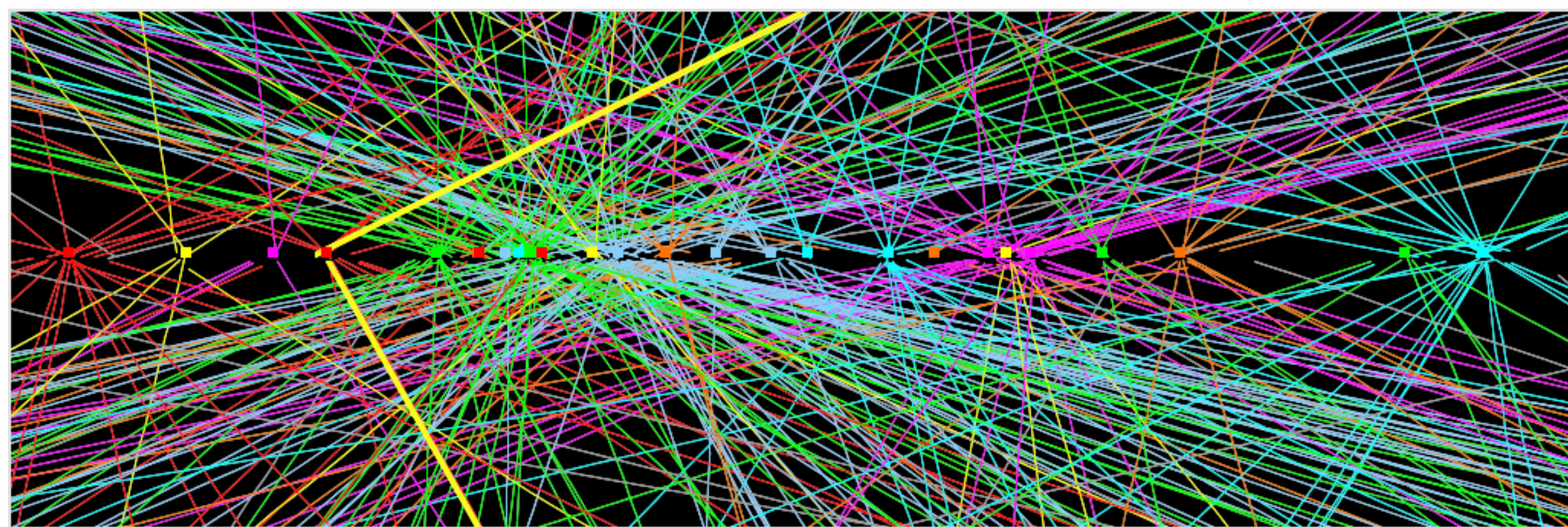






# Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

Suceso (colisiones que se producen en un cruce de haces) en el que se han reconstruido 20 vértices a partir de las trazas en el detector interno de ATLAS

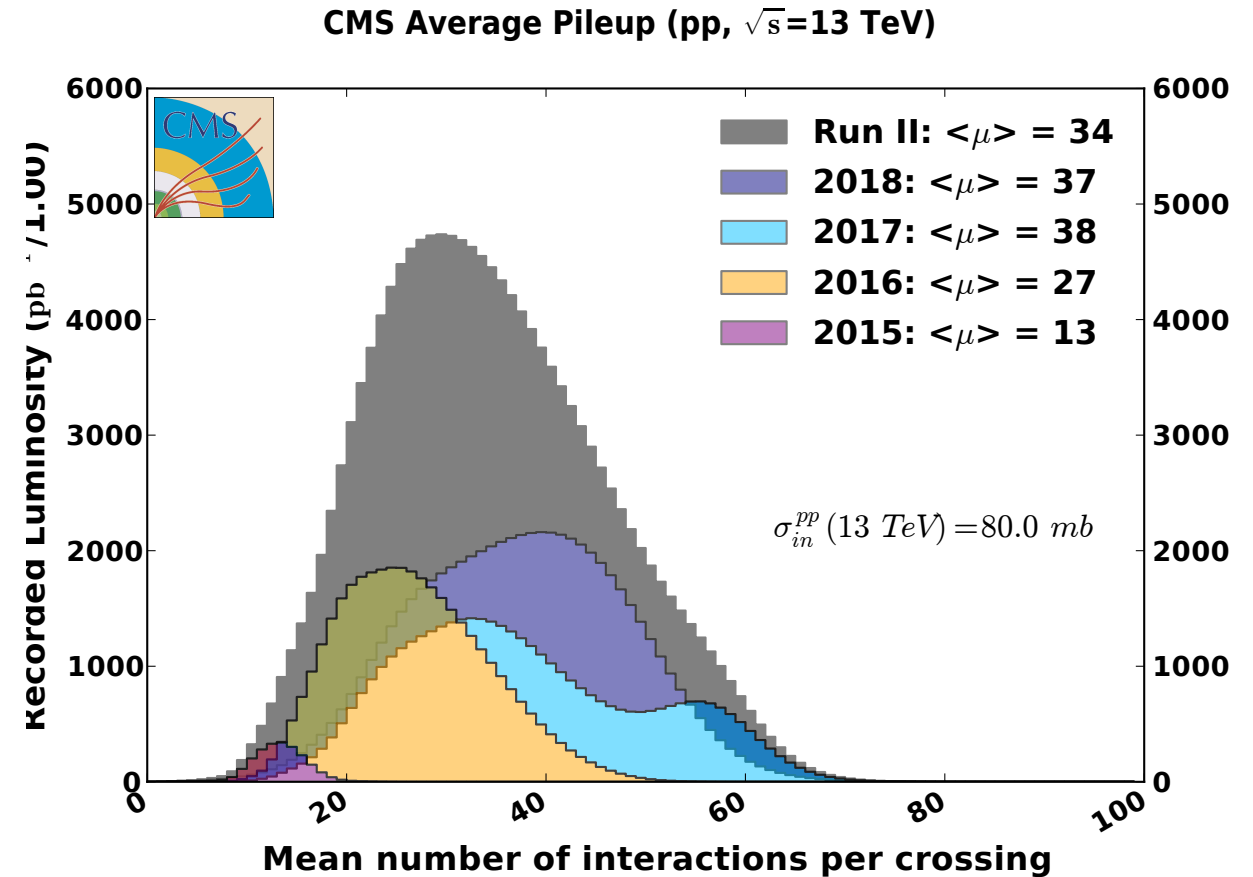
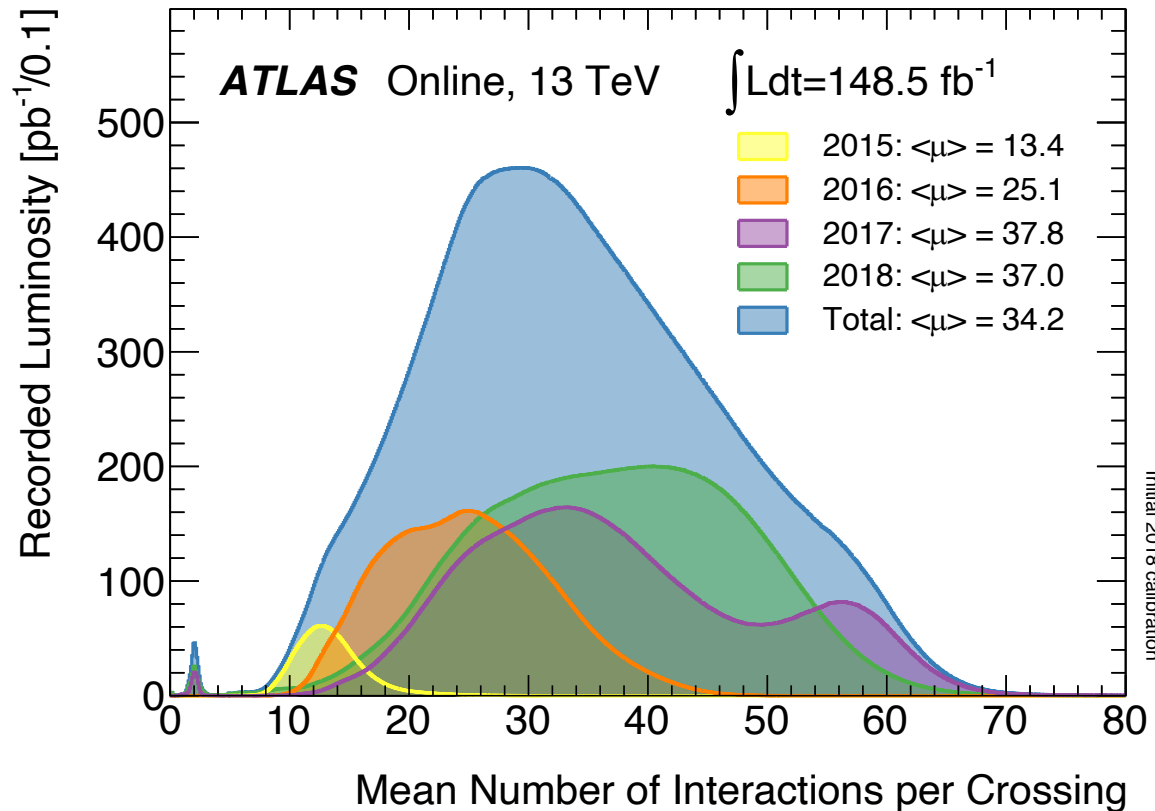






# Apilamiento o “pileup”

- En Run 2 (2015-2018) se llegaron a alcanzar 70 colisiones por cruce de haz
- Se analiza la colisión principal de todas las colisiones que se producen, la mayoría a más baja energía (apilamiento o “pileup”)



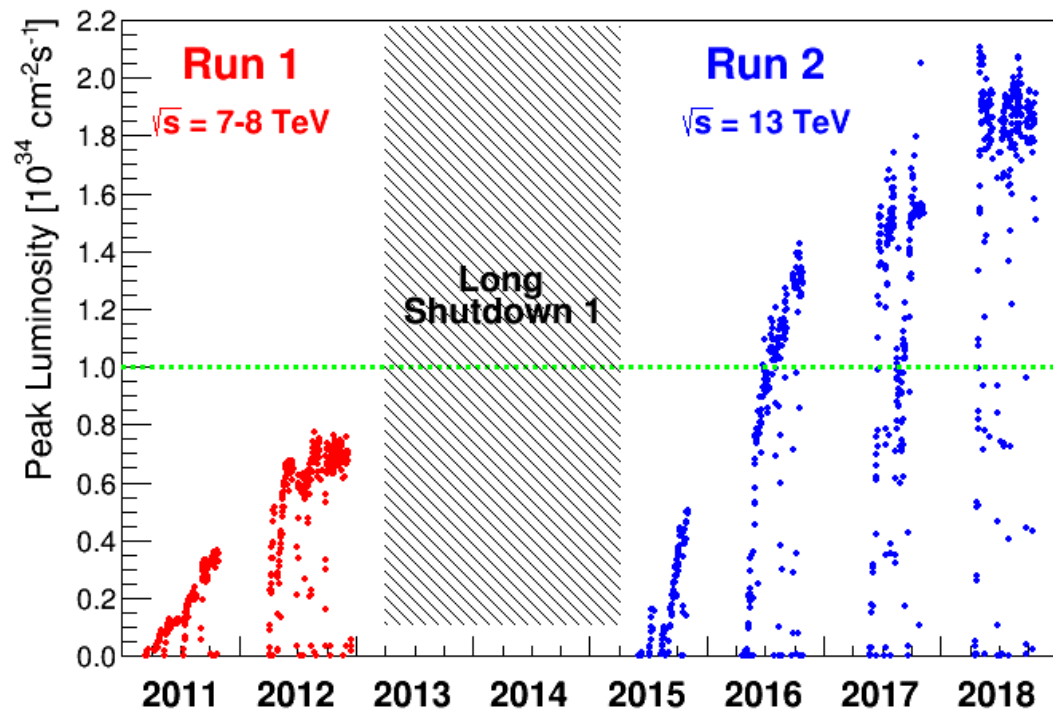


# Luminosidad

- **Luminosidad instantánea** depende de parámetros del acelerador:

$$L = \frac{1}{4\pi} \frac{N^2 f_{rev} n_{bunch}}{\sigma_x \sigma_y}$$

- LHC diseñado para una luminosidad de  $10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Luminosidad récord alcanzada de  $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



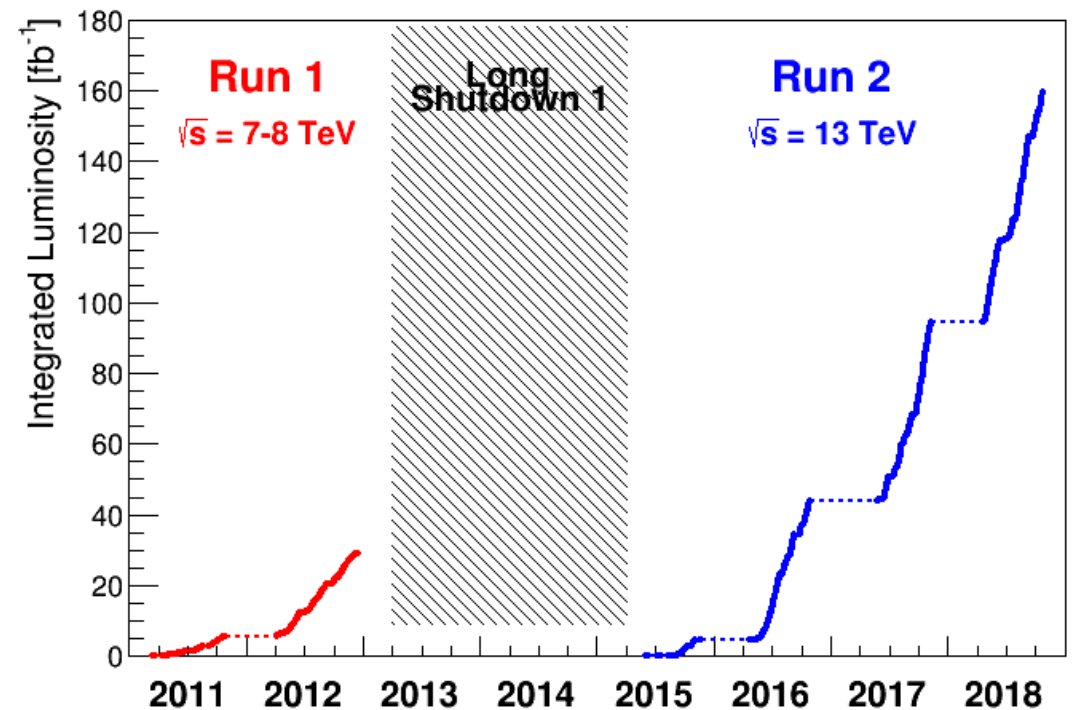
- **Luminosidad integrada:**

$$L_{int} = \int L dt$$

- Número de sucesos para un proceso determinado:

$$N_{events} = L_{int} \sigma$$

- 1 barn =  $10^{-28} \text{ cm}^2$  (unidades de área)

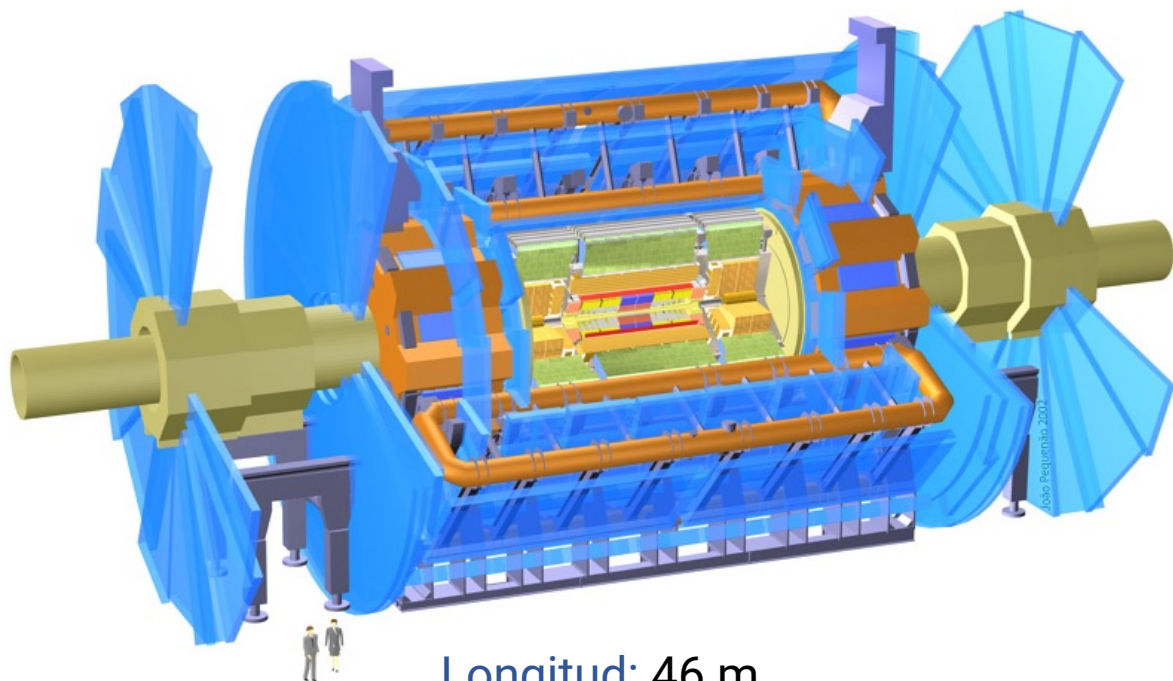




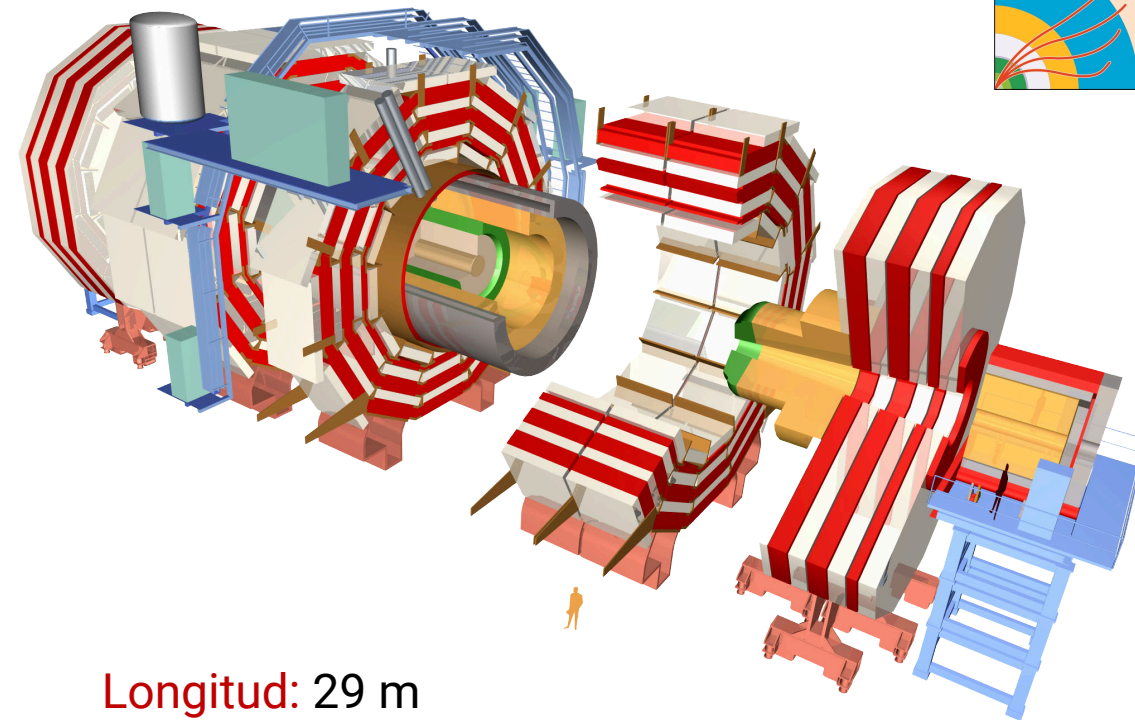


# ¿Cómo detectamos partículas?

- Detectores de propósito general para estudiar un amplio rango de física
- Geometría cilíndrica, cubriendo prácticamente todo el ángulo sólido
- Diferentes tecnologías empleadas para la detección de partículas



Longitud: 46 m  
Diámetro: 26 m  
Peso: 7000 toneladas  
Campo magnético: 2 T (solenoid)

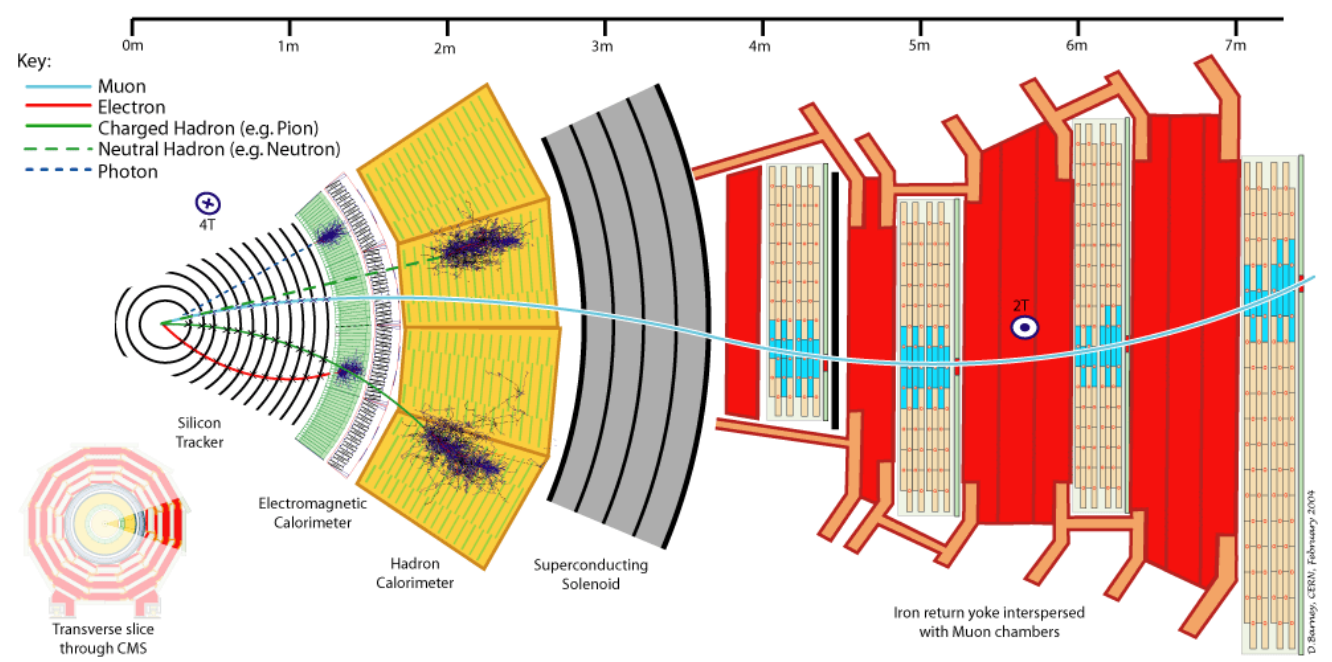
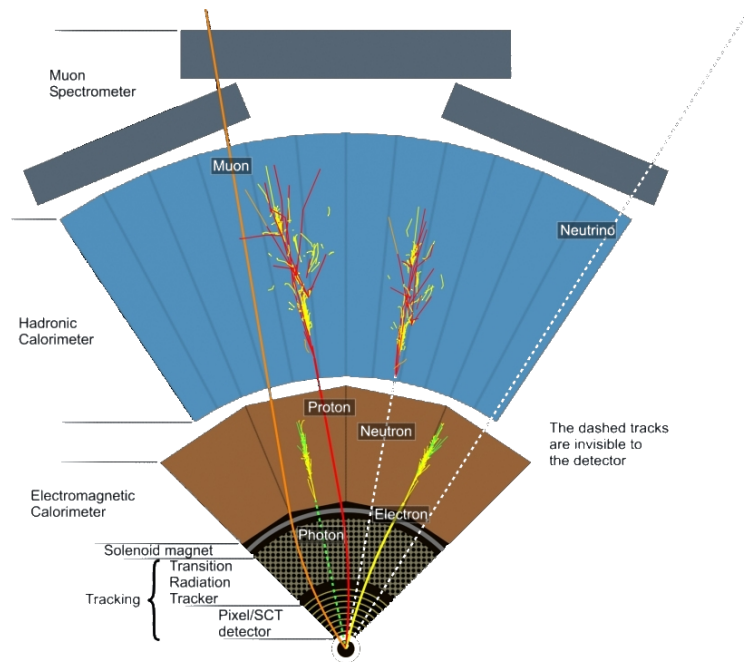


Longitud: 29 m  
Diámetro: 15 m  
Peso: 15000 toneladas  
Campo magnético: 4 T (solenoid)



# ¿Cómo detectamos partículas?

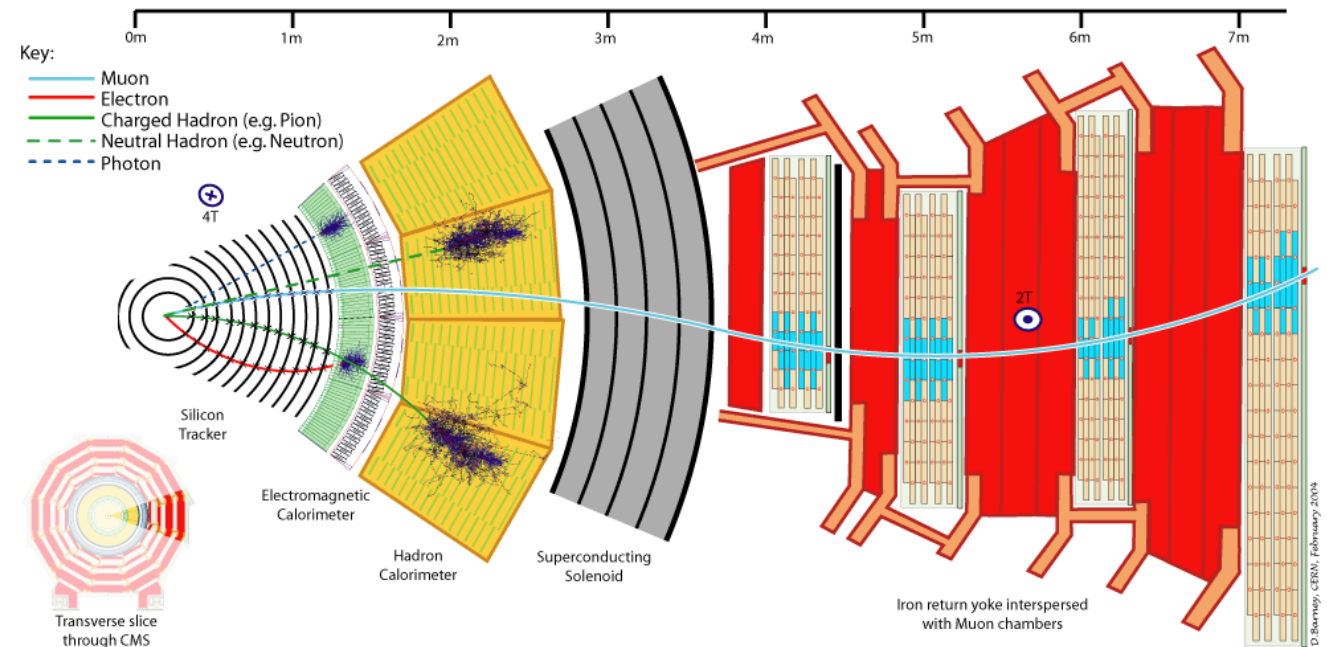
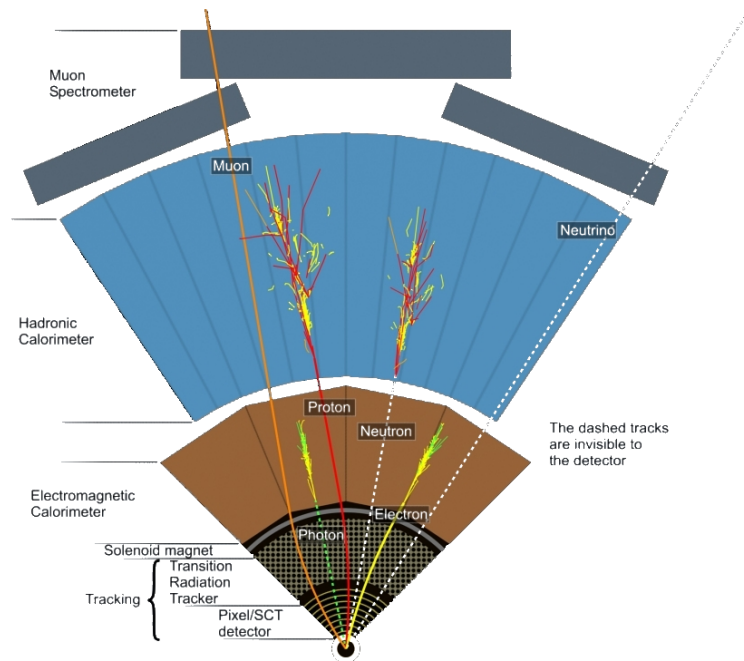
- Principales partes:
  - **Detector de trazas:** reconstrucción de trazas y vértices, identificación de partículas
  - **Calorimetría:** medida de la posición y la energía de electrones, fotones y jets
  - **Espectrómetro de muones:** medida de la posición y momento transverso de los muones
  - **Sistema de imanes:** curva la trayectoria de las partículas cargadas para medir su momento
  - **Trigger (selección de datos en tiempo real):** selecciona sucesos potencialmente interesantes para su almacenamiento en disco, posterior procesamiento y análisis





# ¿Cómo detectamos partículas?

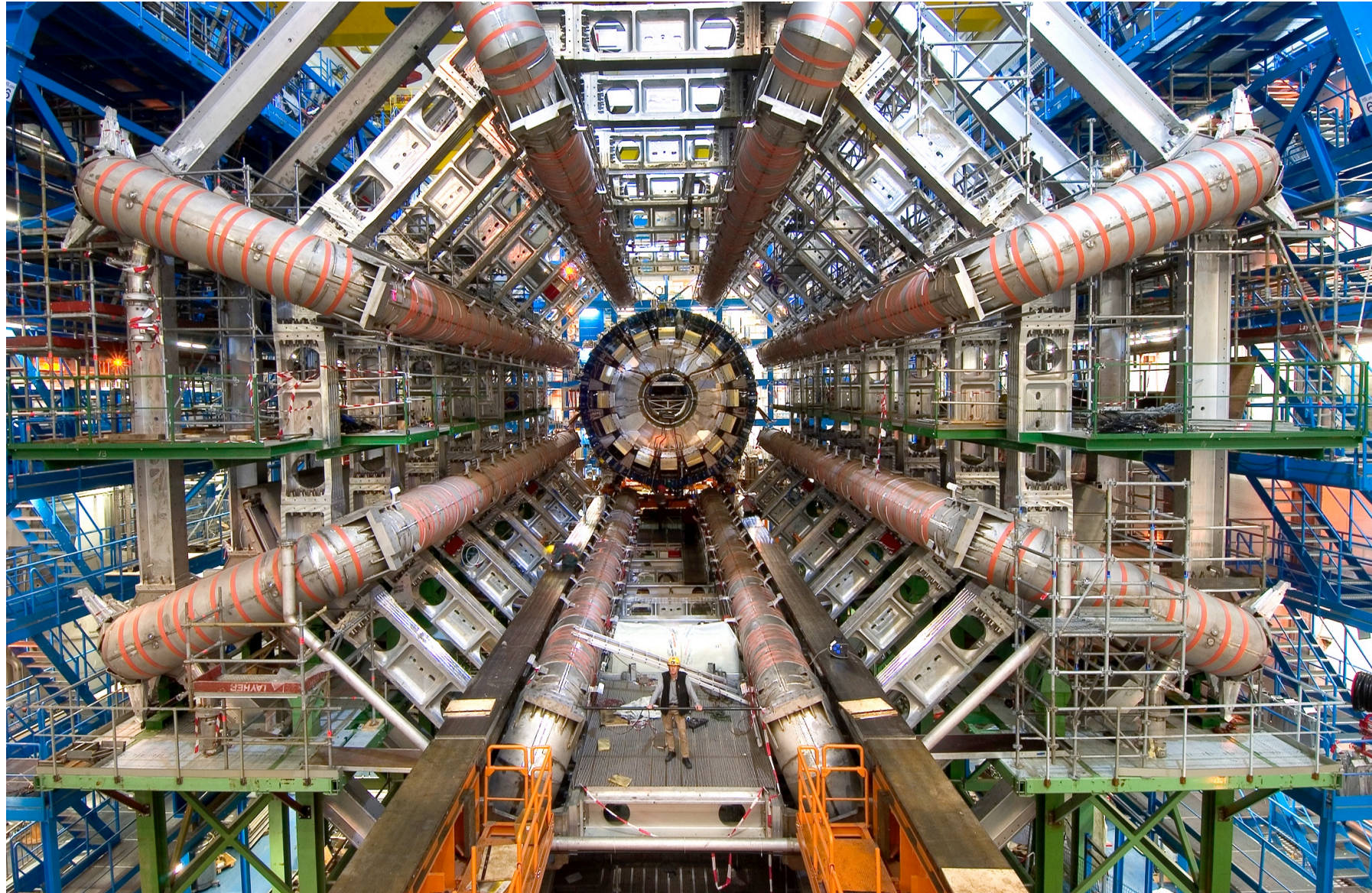
- Experimentos diseñados para tener una excelente identificación y resolución de  $e/\gamma$  para maximizar la sensibilidad a  $H \rightarrow \gamma\gamma$ :
  - **ATLAS**: calorímetro de argón líquido con alta granularidad y segmentación longitudinal
  - **CMS**: calorímetro de cristal plomado ( $PbWO_4$ ) con alta resolución







# Esperimento ATLAS



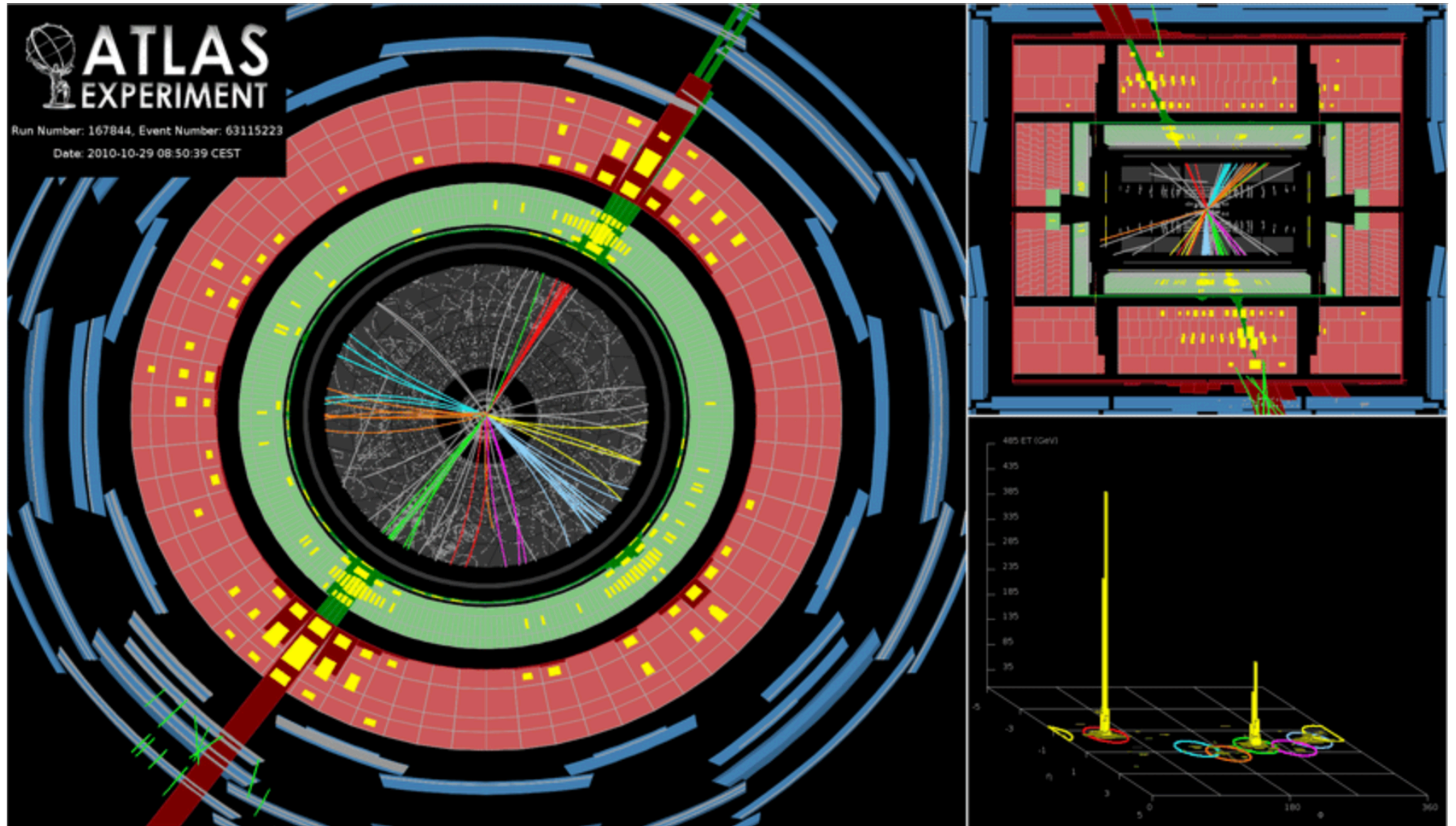




# Experimento ATLAS

Identifica y mide las propiedades de las partículas que se producen en cada colisión

Toma una foto cada 25 ns con una cámara de 100 mega píxeles

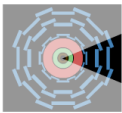




# ¿Cómo se detectan las partículas?

## ATLAS

animation



display instantly

Energy [GeV]:

1 5 10 15 25



Electron

Proton

Neutrino

Photon

Positron

Anti-proton

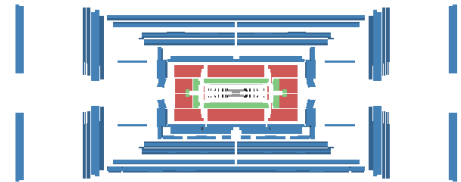
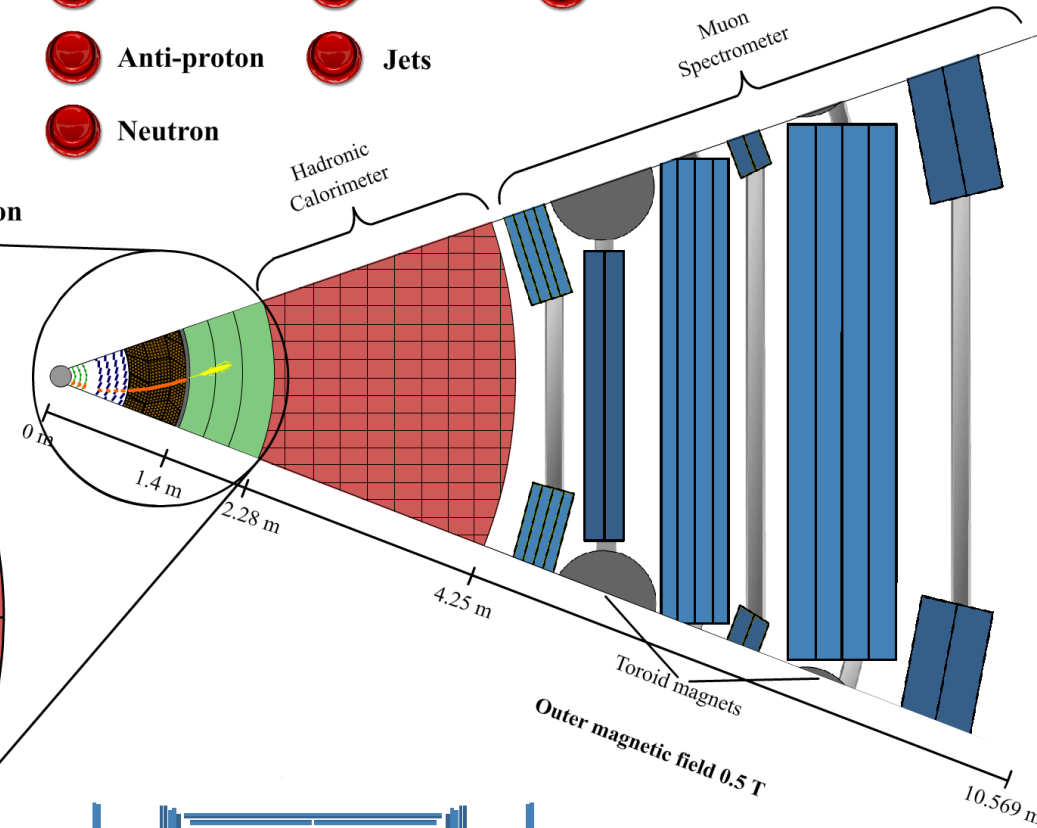
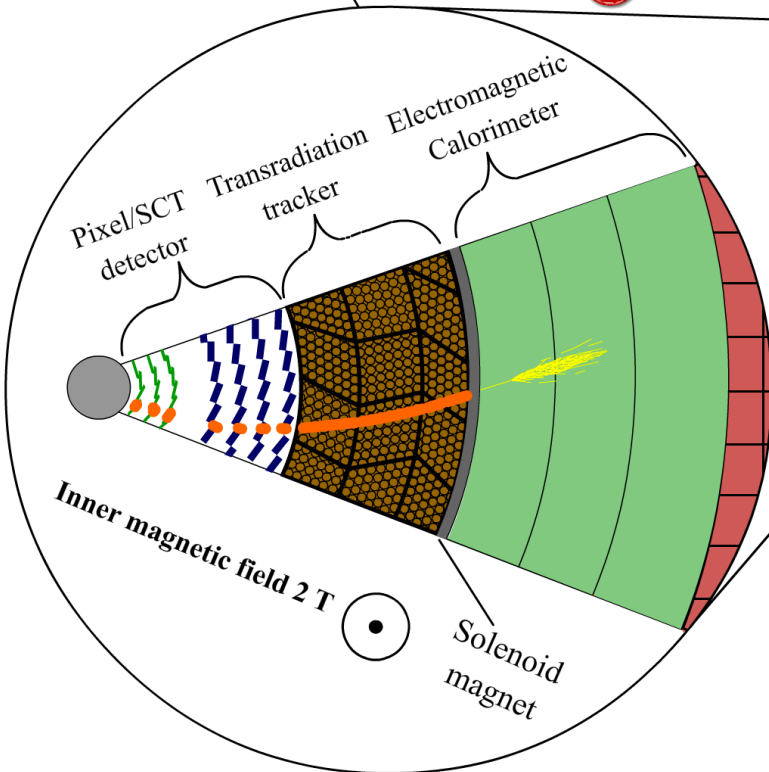
Jets

Muon

Neutron

Anti-muon

Magnification 3x

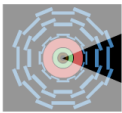




# ¿Cómo se detectan las partículas?

## ATLAS

animation



display instantly



Electron



Proton



Neutrino



Photon



Positron



Anti-proton



Jets



Muon

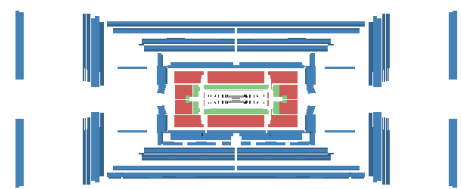
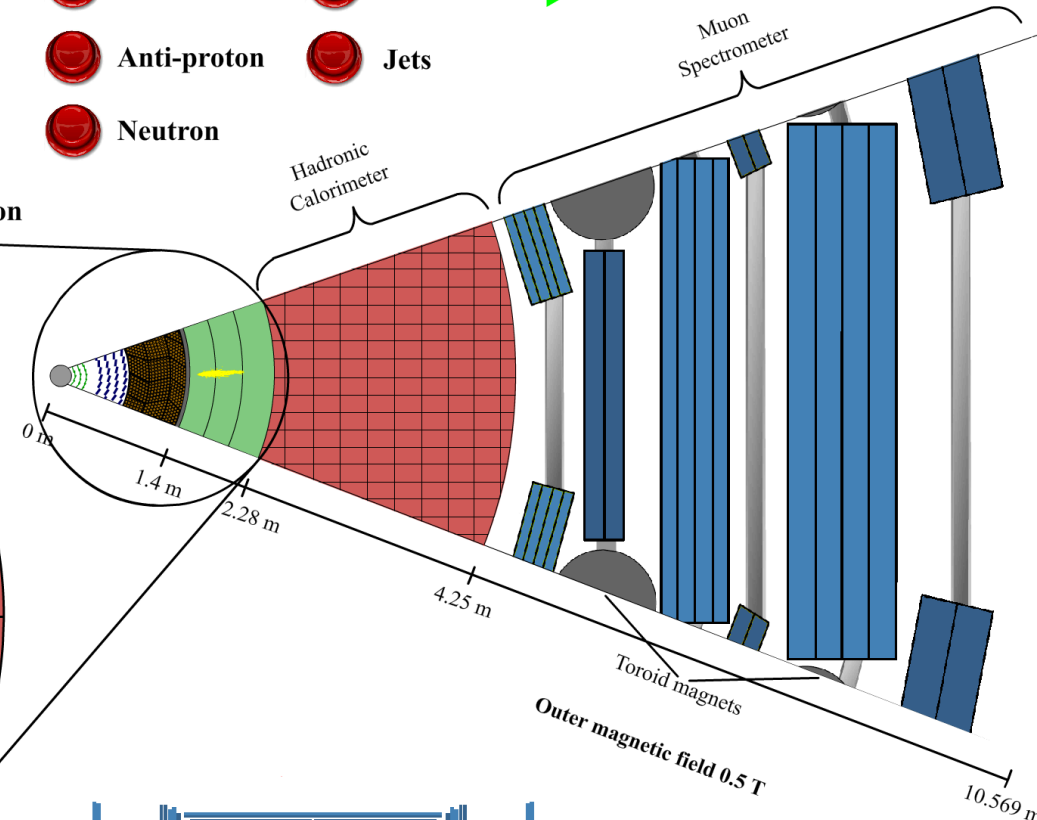
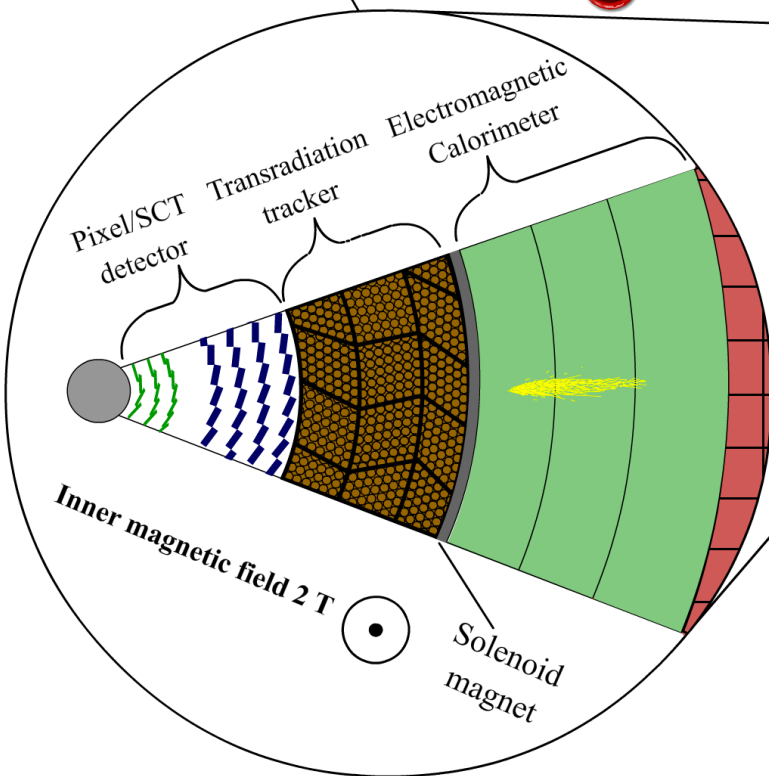


Neutron



Anti-muon

Magnification 3x

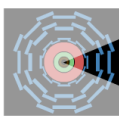




# ¿Cómo se detectan las partículas?

## ATLAS

animation



display instantly



Electron



Proton



Neutrino



Photon



Positron



Anti-proton



Jets



Muon

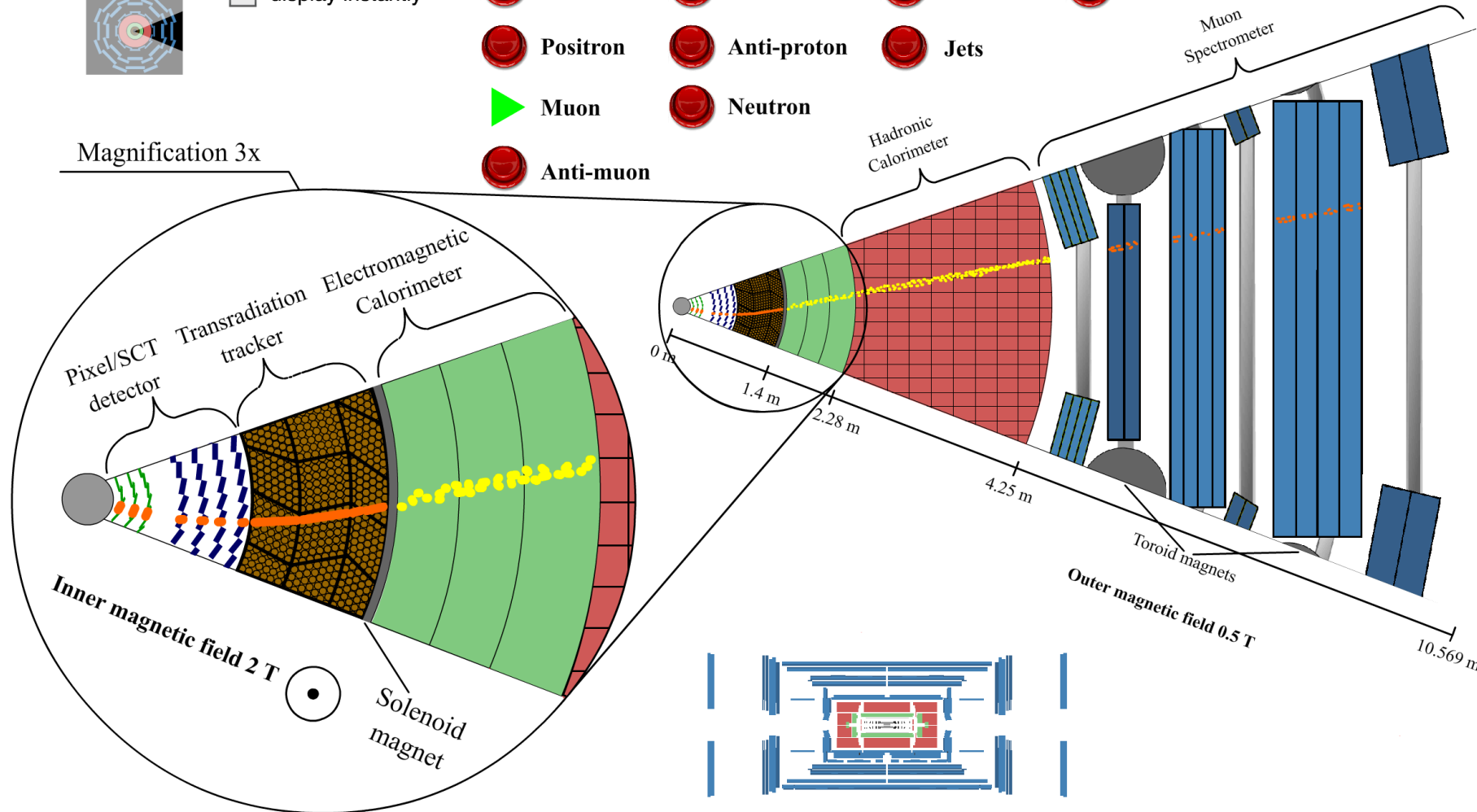


Neutron



Anti-muon

Magnification 3x



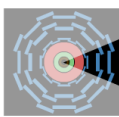




# ¿Cómo se detectan las partículas?

## ATLAS

animation



display instantly



Electron



Proton



Neutrino



Photon



Positron



Anti-proton



Jets



Muon

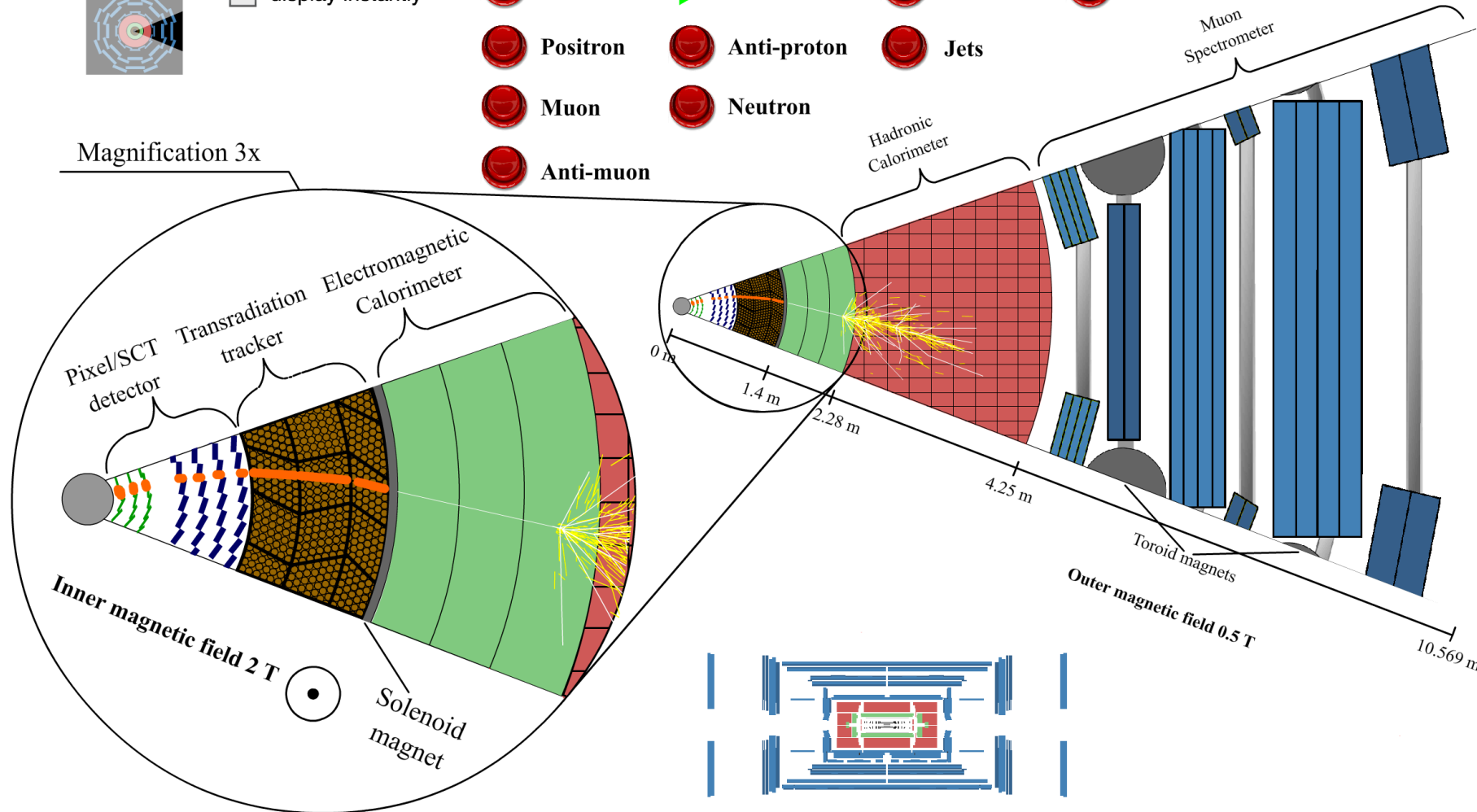


Neutron



Anti-muon

Magnification 3x

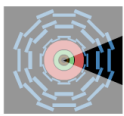




# ¿Cómo se detectan las partículas?

## ATLAS

animation



display instantly



Electron



Proton



Neutrino



Photon



Positron



Anti-proton



Jets



Muon

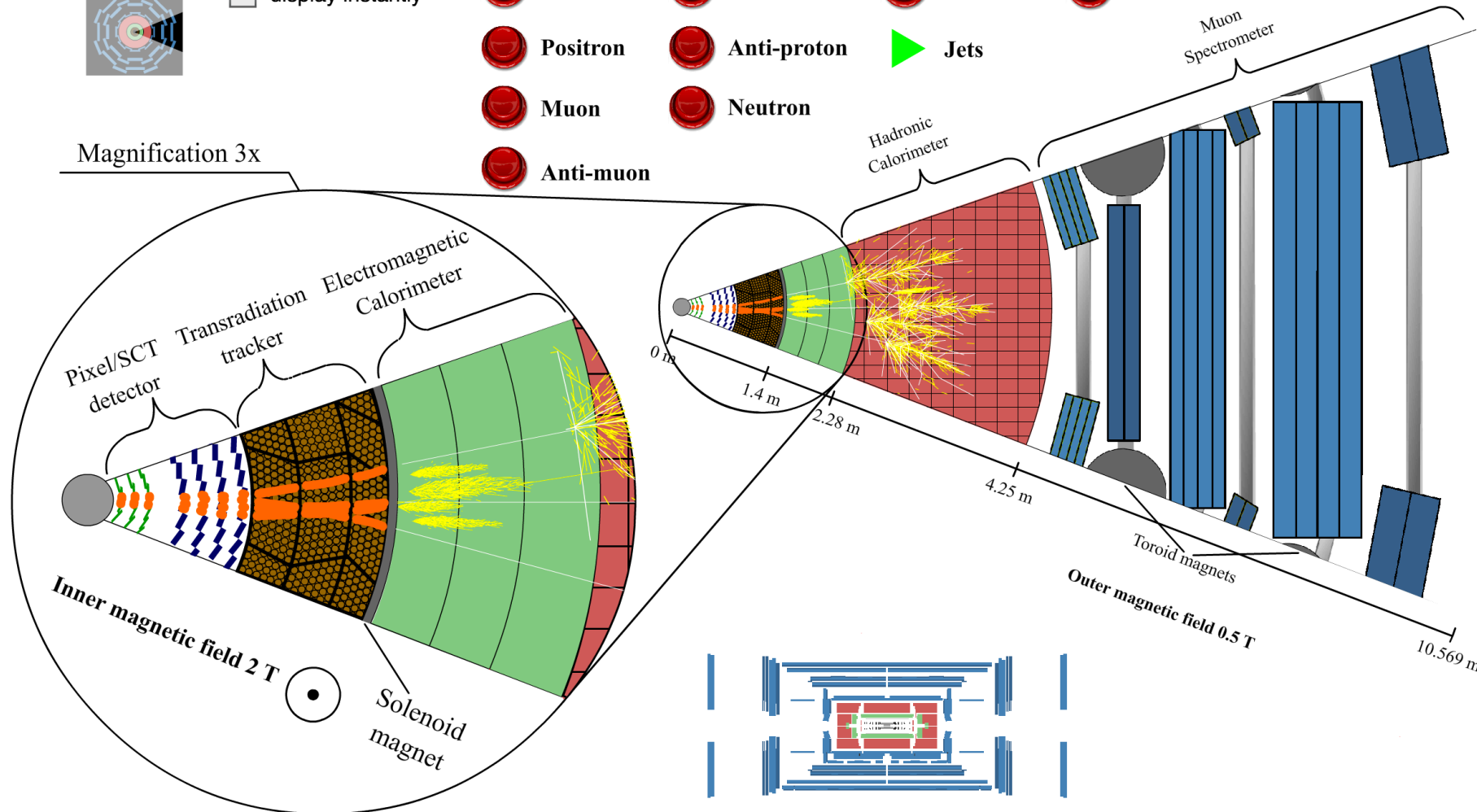


Neutron

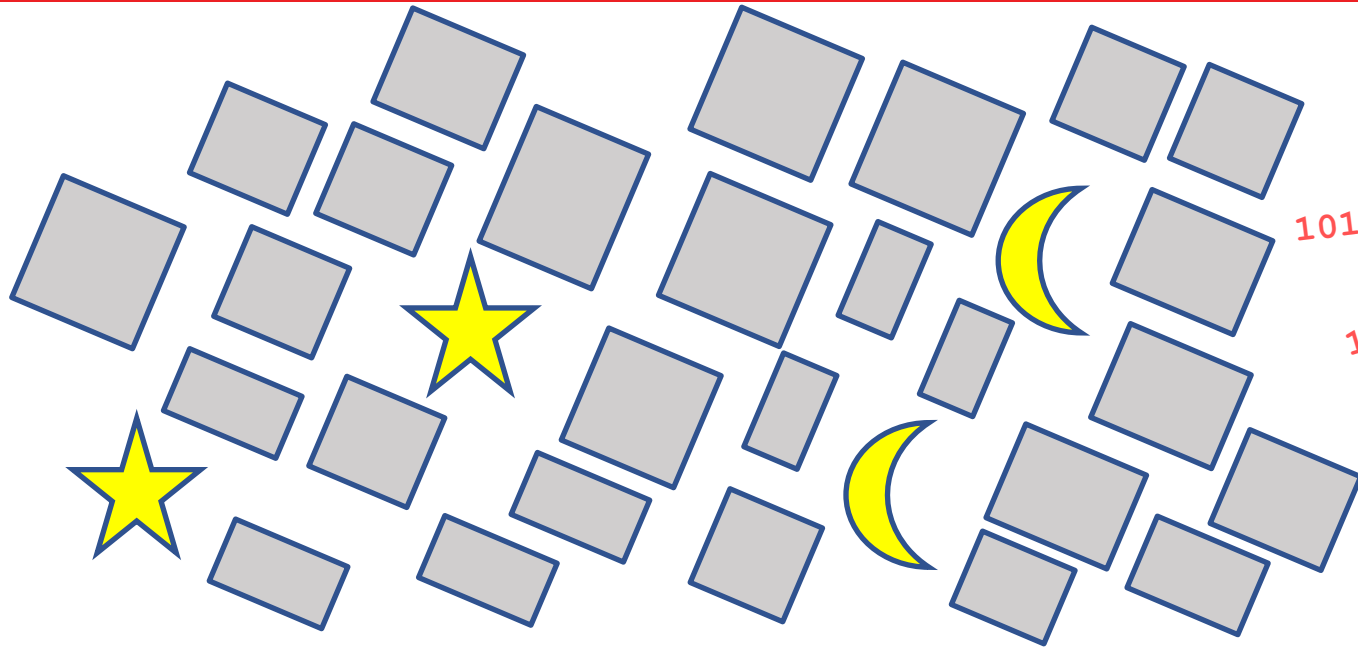


Anti-muon

Magnification 3x



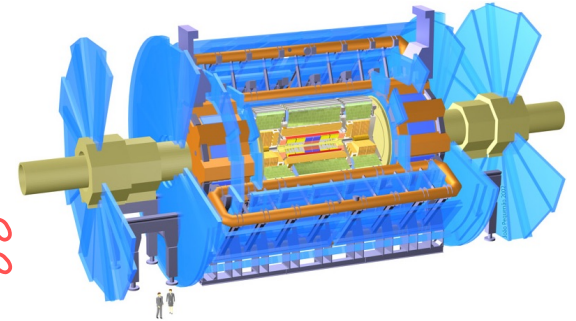
# Sistema de trigger de ATLAS



10100101011101001000110  
1000000111000011100110  
10110101001010101000010

10101101010100101010010  
10101101010100101010010

0101011101000001010101  
10101010100001000100



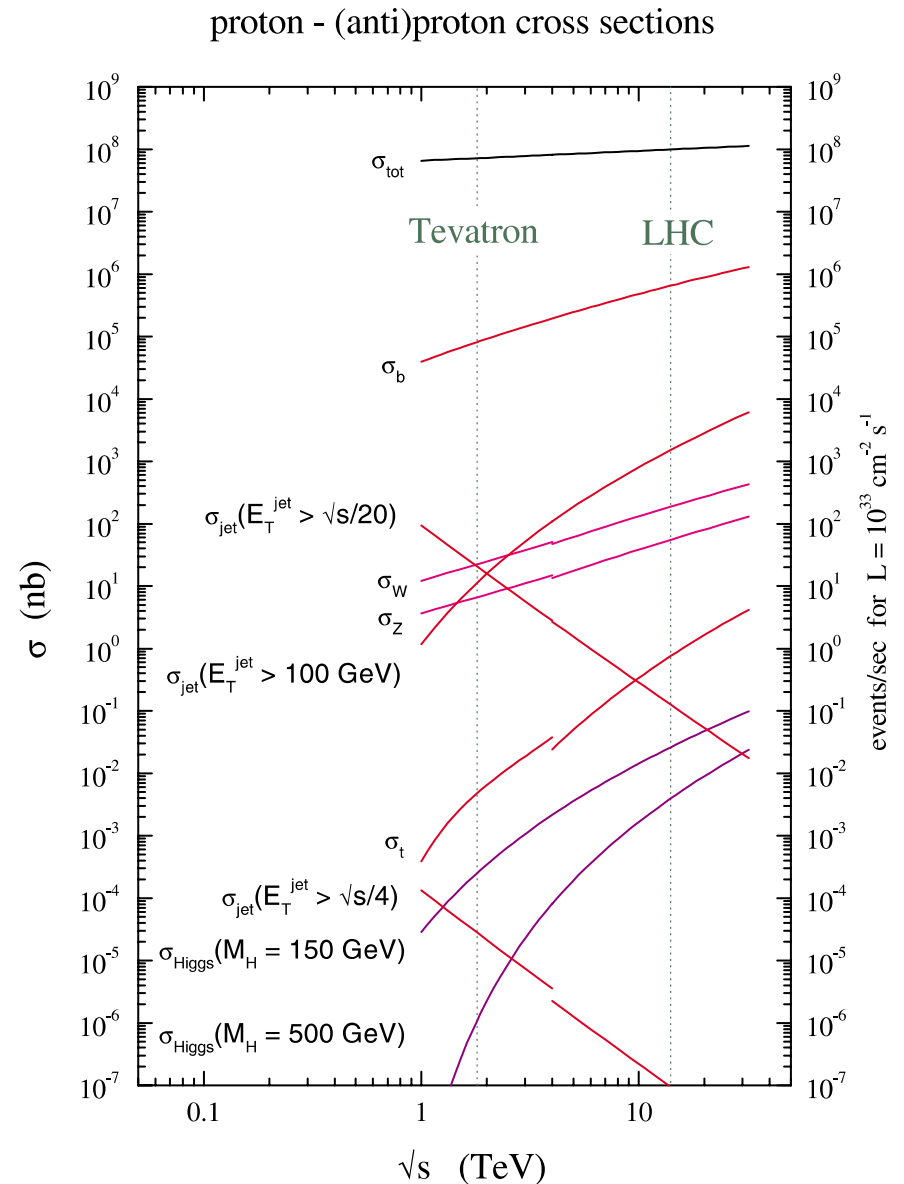
## Trigger (selección de datos en tiempo real)

- Procesa los datos (sucesos) a alta frecuencia (40 MHz)
- Cada suceso será aceptado o rechazado
- Los sucesos rechazados se pierden para siempre
- Solo 0.0025% de los sucesos se aceptan y guardarán en disco (reduce el rate 4 órdenes de magnitud: 40 MHz  $\rightarrow$  1 kHz)
- Estamos interesados en procesos físicos que se producen con baja probabilidad (e.g. baja sección eficaz)
- No podemos guardar todos los datos, solo un porcentaje asumible por el DAQ



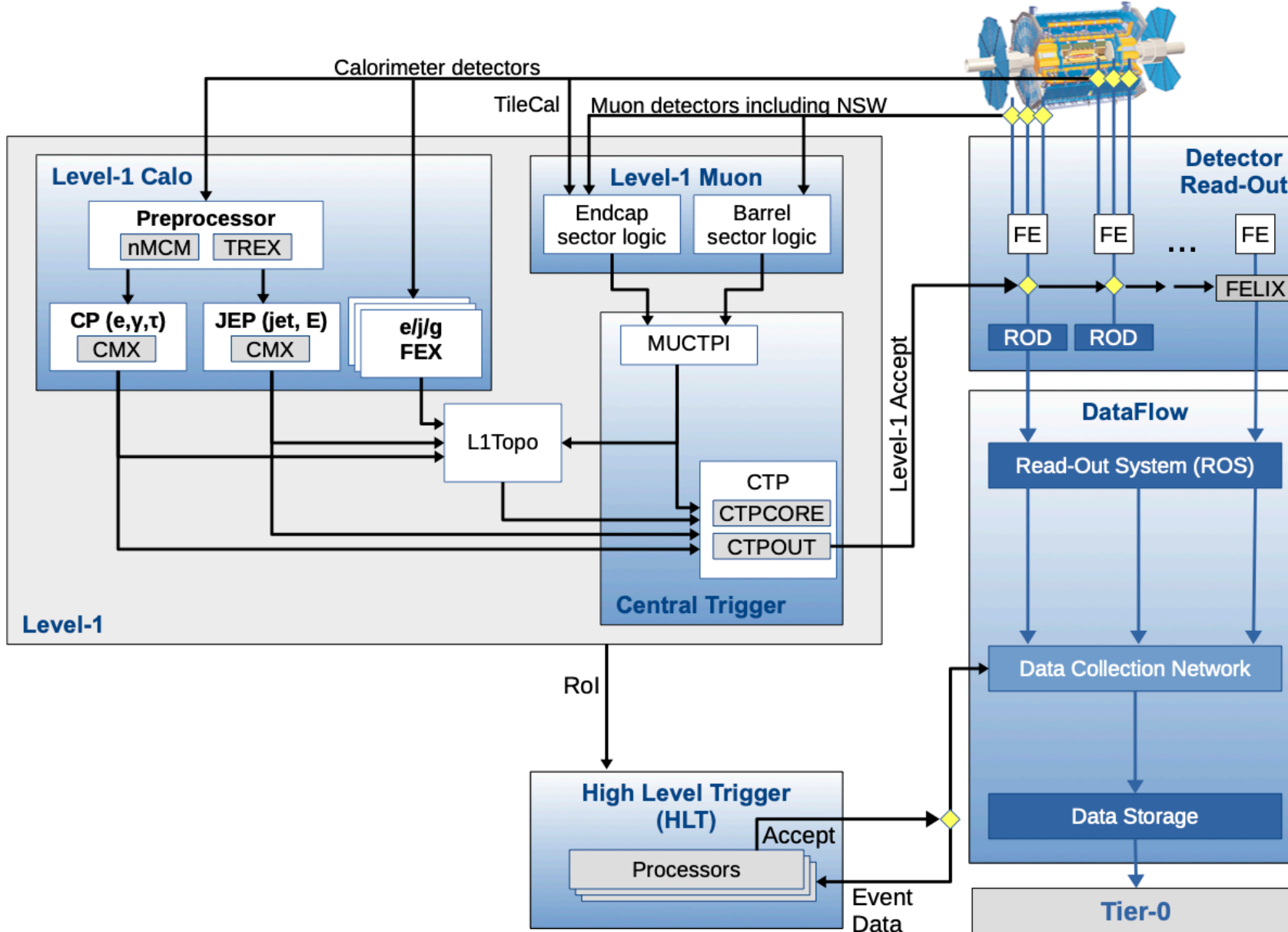
# Sistemas de trigger

- El trigger es una parte crucial del experimento ya que selecciona que sucesos se guardan en disco y por tanto determina la física que se puede hacer
- **Rate:** es la tasa o frecuencia de aceptación de sucesos del trigger
- **Eficiencia:** es la fracción de sucesos de señal seleccionados por el trigger
- **Dead time:** tiempo muerto, se ignoran los datos de entrada al estar el sistema ocupado
- El trigger reduce el rate a un nivel asumible para la cadena de adquisición de datos
- En el LHC hay mucho fondo, no es necesario guardar todos los sucesos, al ser la gran mayoría de procesos sobradamente conocidos, estamos interesados en procesos con baja sección eficaz:
  - $\sim 600$  Hz de  $W(\rightarrow l\nu)$  @ 13 TeV y  $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
  - $\sim 0.01$  Hz de  $ttH$  @ 13 TeV y  $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$





# Sistema de trigger y adquisición de datos de ATLAS

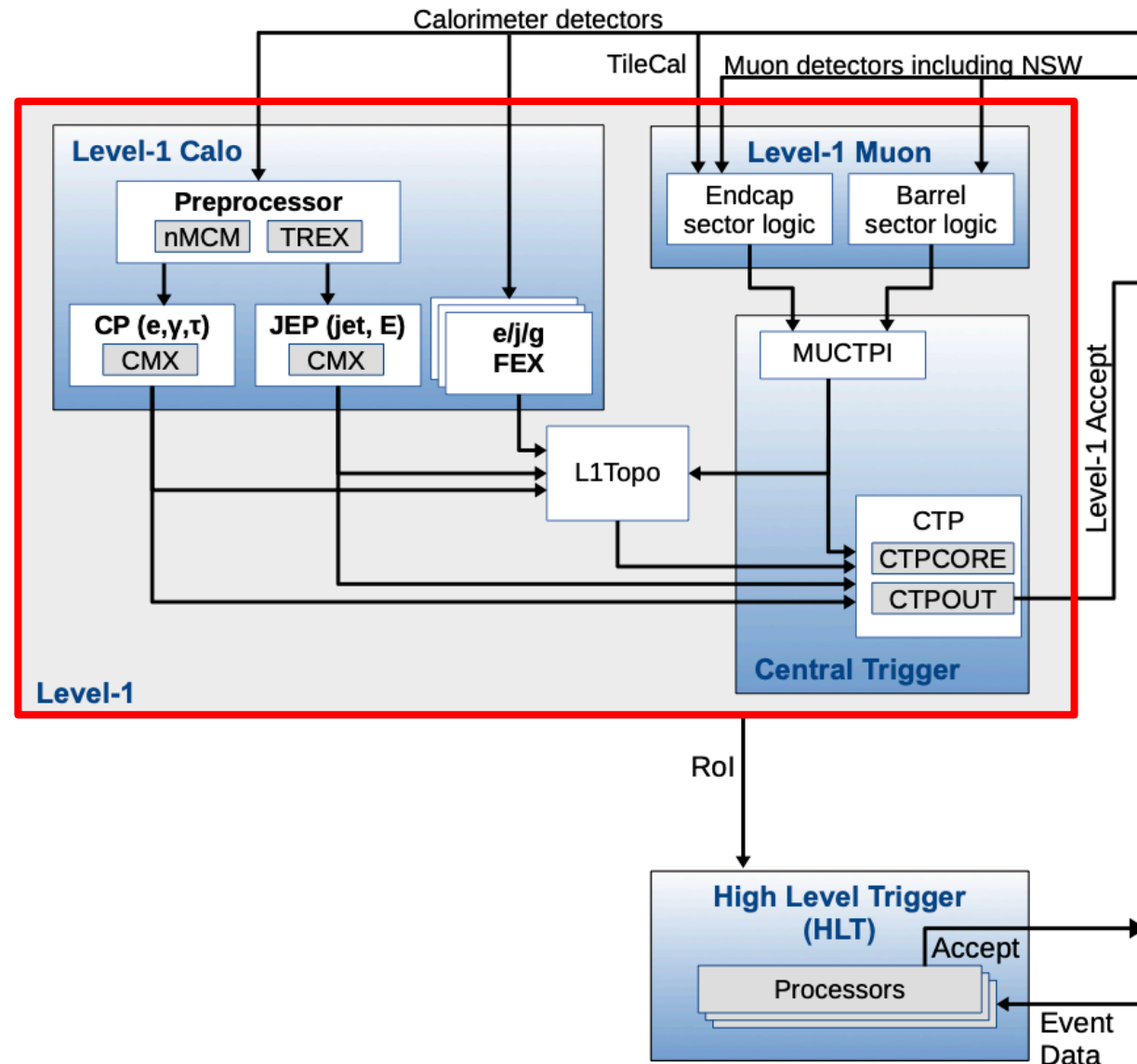


| 2012                    | Post LS1 |
|-------------------------|----------|
| 20 MHz                  | 1.6 MB   |
| 40 MHz                  | 2.4 MB   |
| <b>Level-1 accept</b>   |          |
| 70 kHz                  | 100 GB/s |
| 100 kHz                 | 240 GB/s |
| <b>Level-2 requests</b> |          |
| 25 kHz                  | 8 GB/s   |
| 40 kHz                  | 60 GB/s  |
| <b>Event building</b>   |          |
| 6.5 kHz                 | 10 GB/s  |
| 12 kHz                  | 29 GB/s  |
| 600 Hz                  | 960 MB/s |
| 1 kHz                   | 2.4 GB/s |





# Primer nivel de trigger de ATLAS

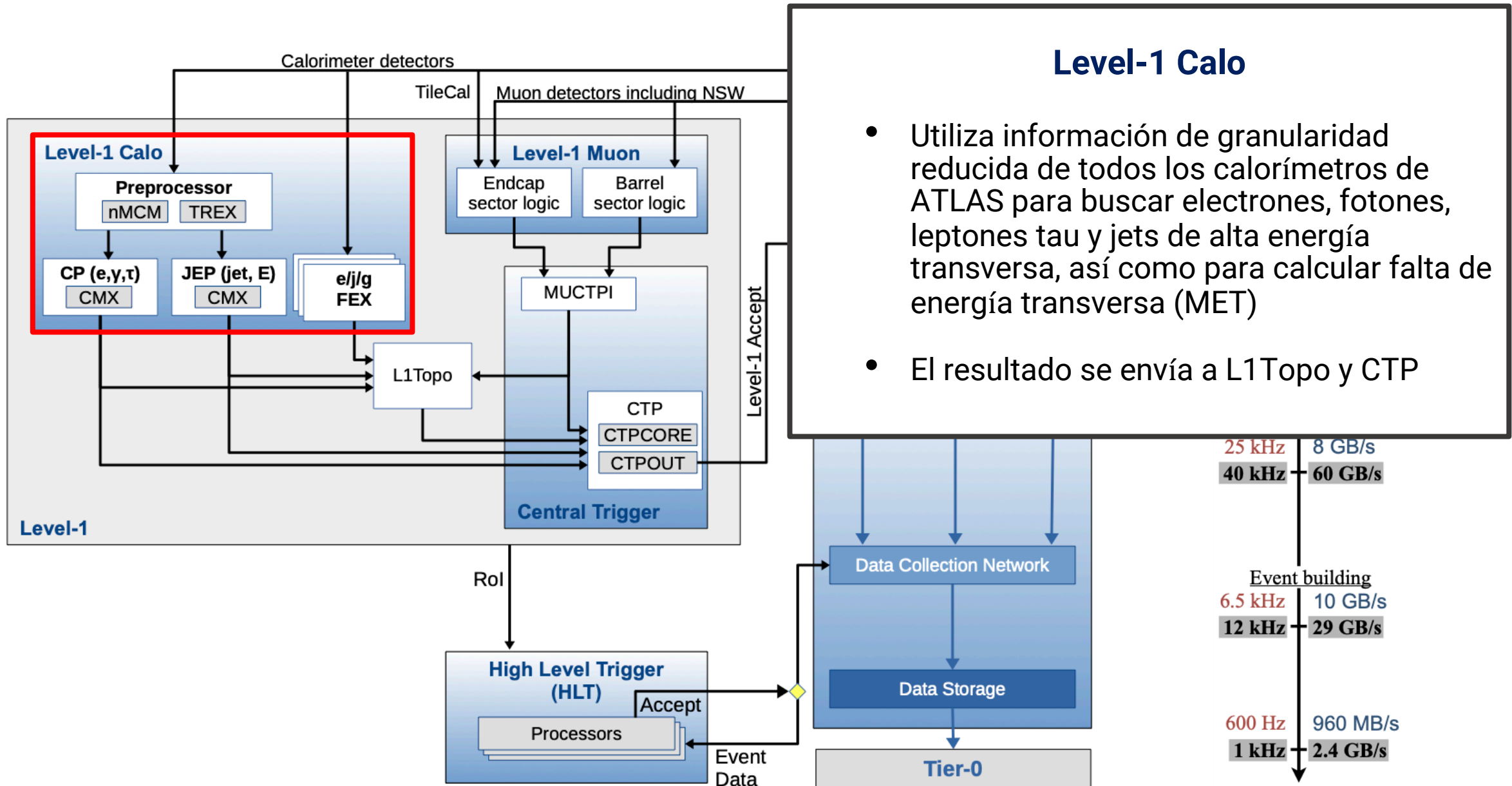


## Primer nivel de trigger de ATLAS

- Reduce la tasa de sucesos de 40 MHz a 100 kHz (2.5 micro segundos)
- Tarjetas electrónicas (FPGAs)
- Utiliza granularidad reducida de los calorímetros electromagnético y hadrónico y del espectrómetro de muones
- Define Regiones de Interés (Rols) que se envían al segundo nivel de trigger de ATLAS (High Level Trigger, HLT)
- Está formado por:
  - Level-1 Calo (L1Calo)
  - Level-1 Muon (L1Muon)
  - Level-1 Topological Trigger (L1Topo)
  - Central Trigger (MUCTPI y CTP)



# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Calo

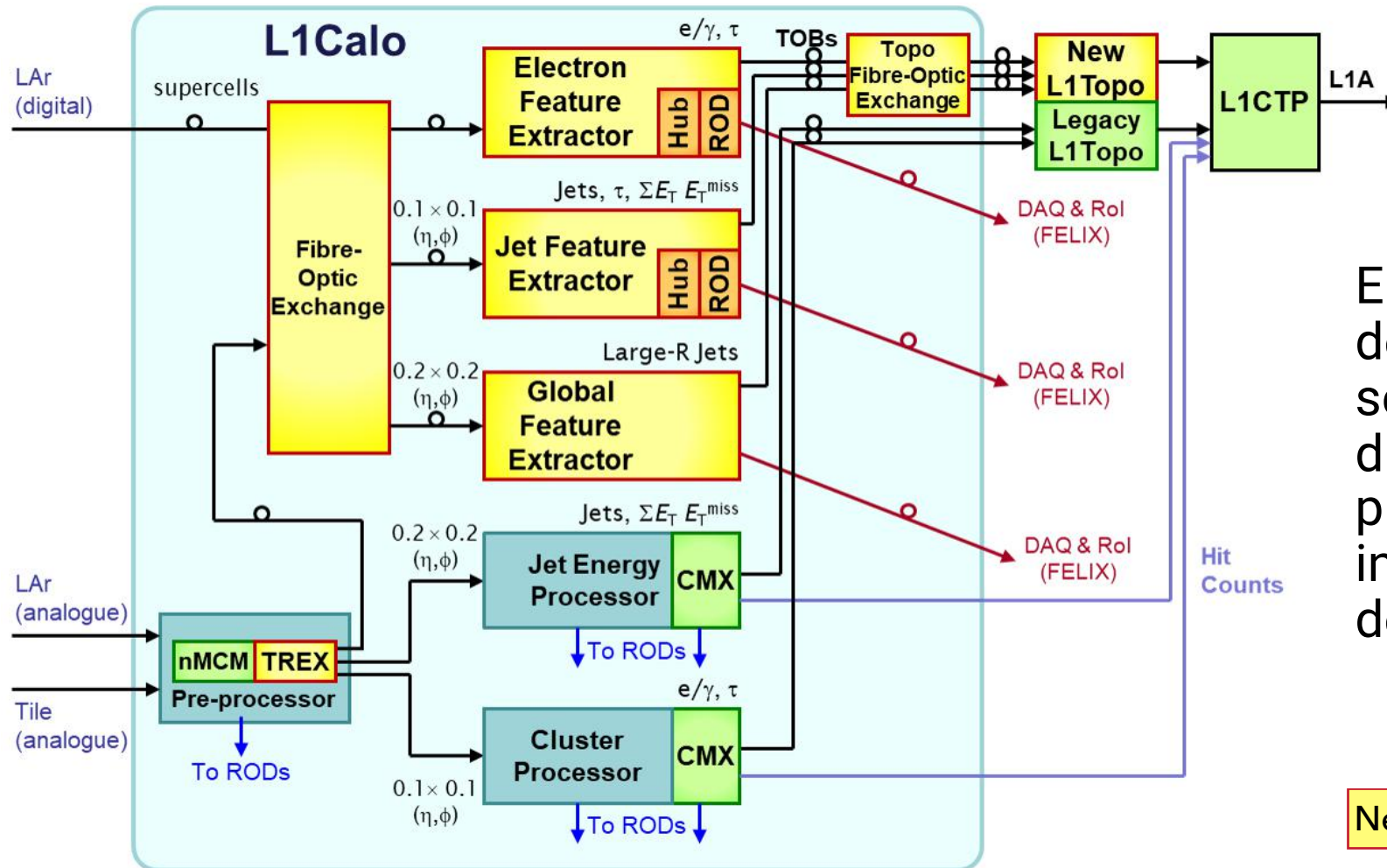






# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Calo

## Phase-I LAr ([ATLAS-TDR-022](#)) y TDAQ L1Calo ([ATLAS-TDR-023](#)) Upgrade en LS2



El sistema de trigger de L1Calo de Run 2 y el nuevo para Run 3 se utilizarán paralelamente durante la fase de puesta a punto (“commissioning”) en el inicio del periodo de adquisición de datos este año 2022

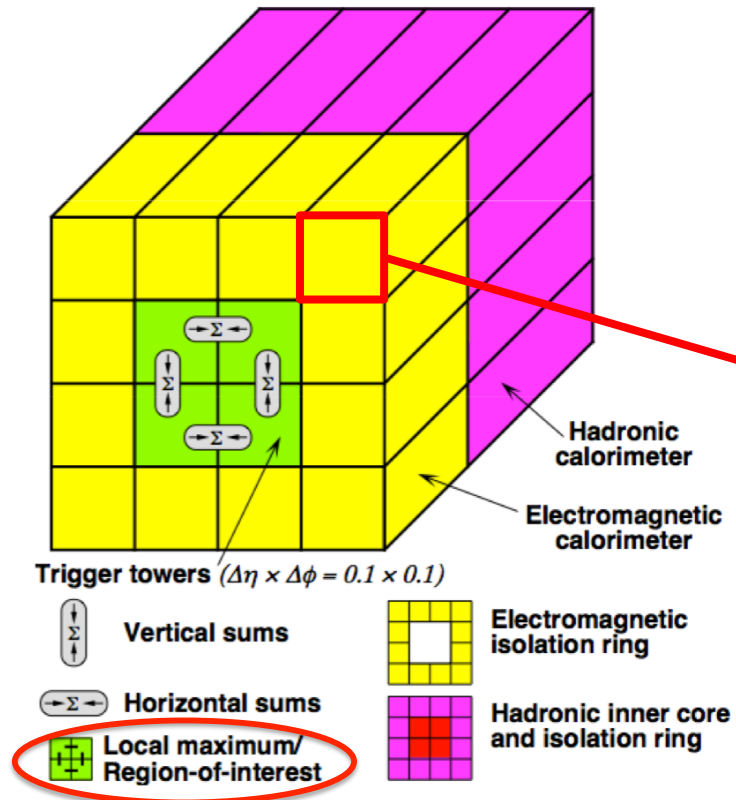
New for Run 3 | Legacy: Run 1 | Legacy: Run 2



# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Calo

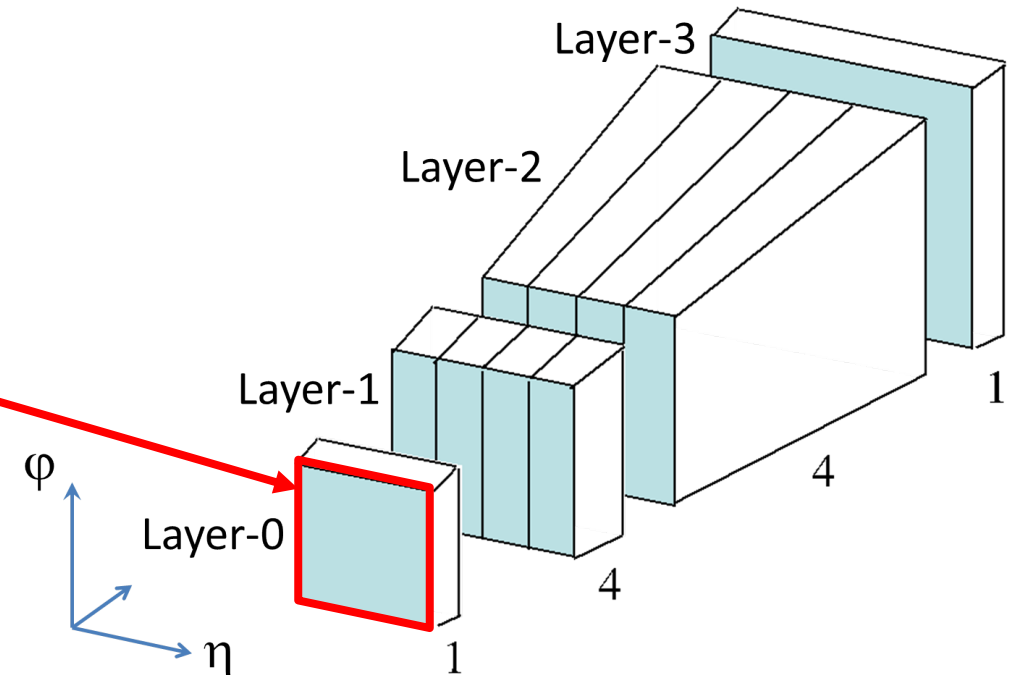
## Run 2 (2015-2018)

Trigger Towers ( $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.1 \times 0.1$ ) en los calorímetros electromagnético y hadrónico se utiliza como input para el trigger de L1Calo



## Run 3 (2022-2025)

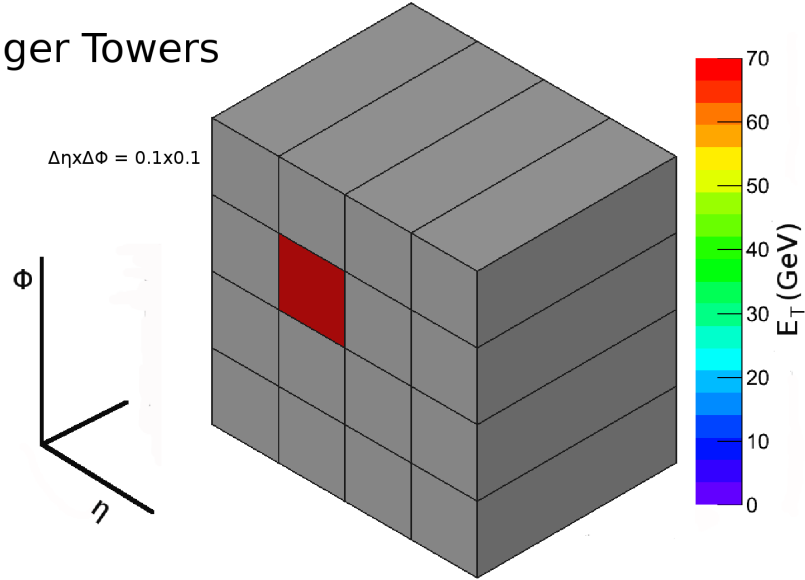
1 Trigger Tower  $\rightarrow$  10 Super Cells (1-4-4-1) en el calorímetro electromagnético (LAr), aumentando la granularidad que se utiliza como input para el trigger de L1Calo



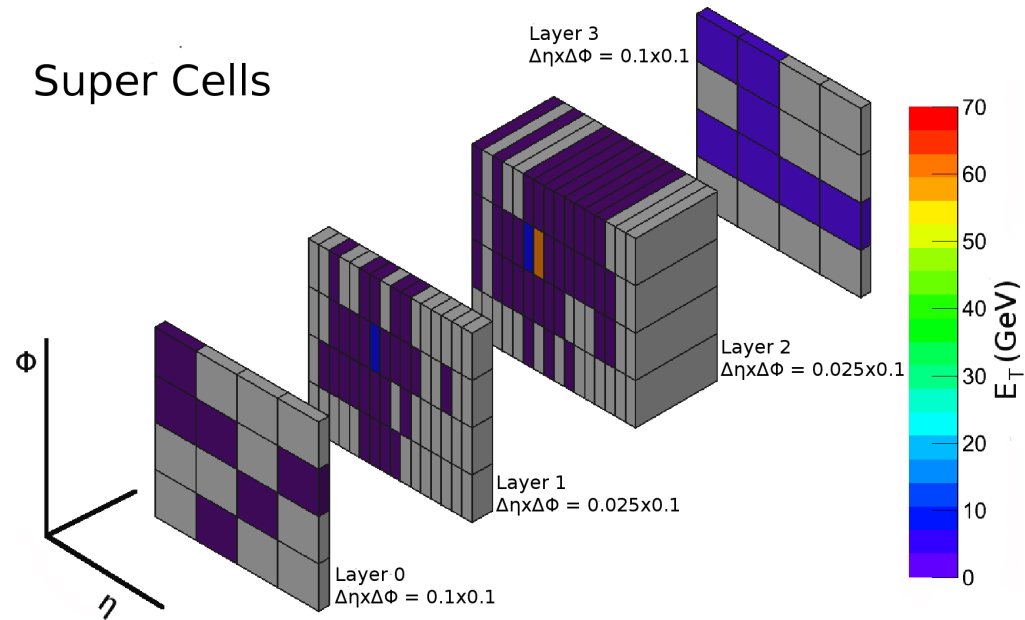


# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Calo

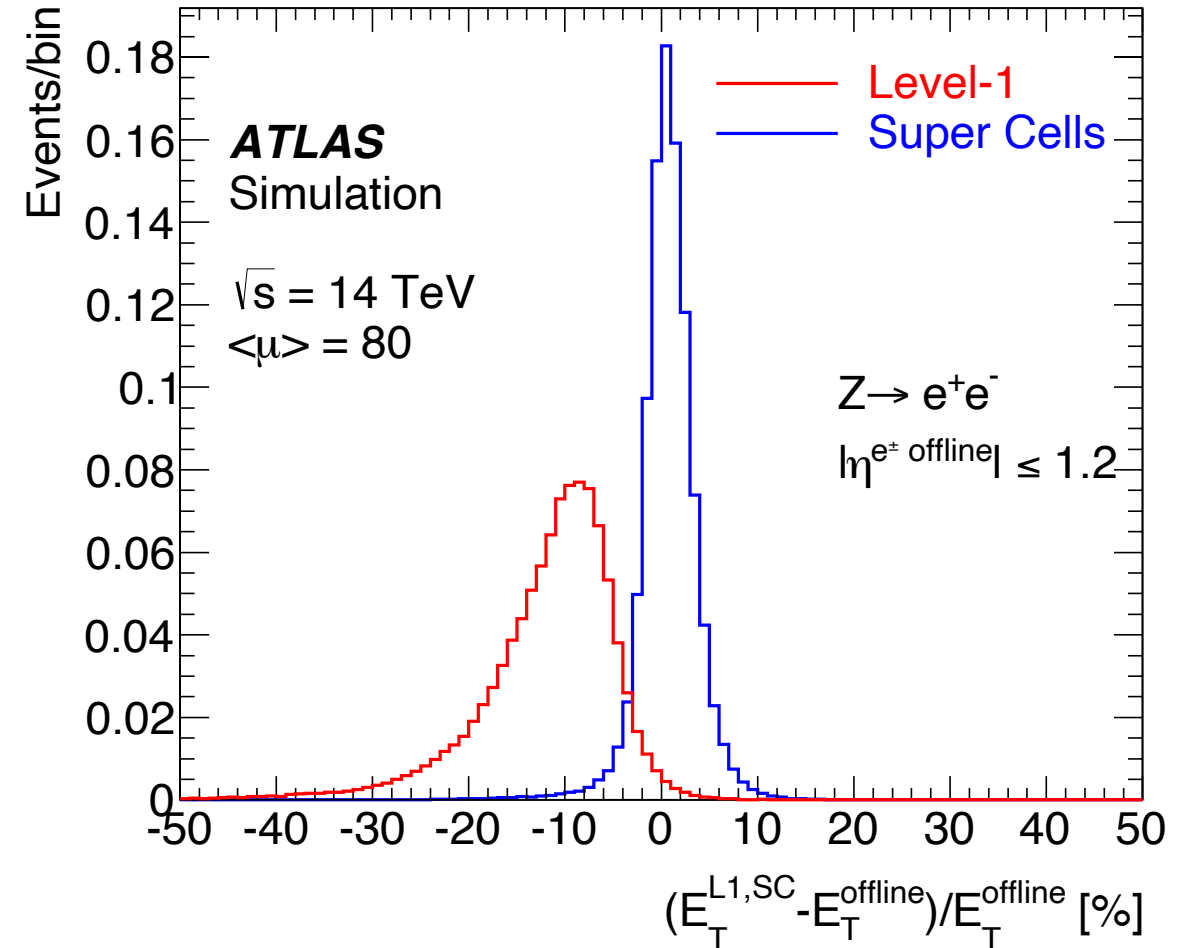
## Trigger Towers



## Super Cells



## Mayor resolución





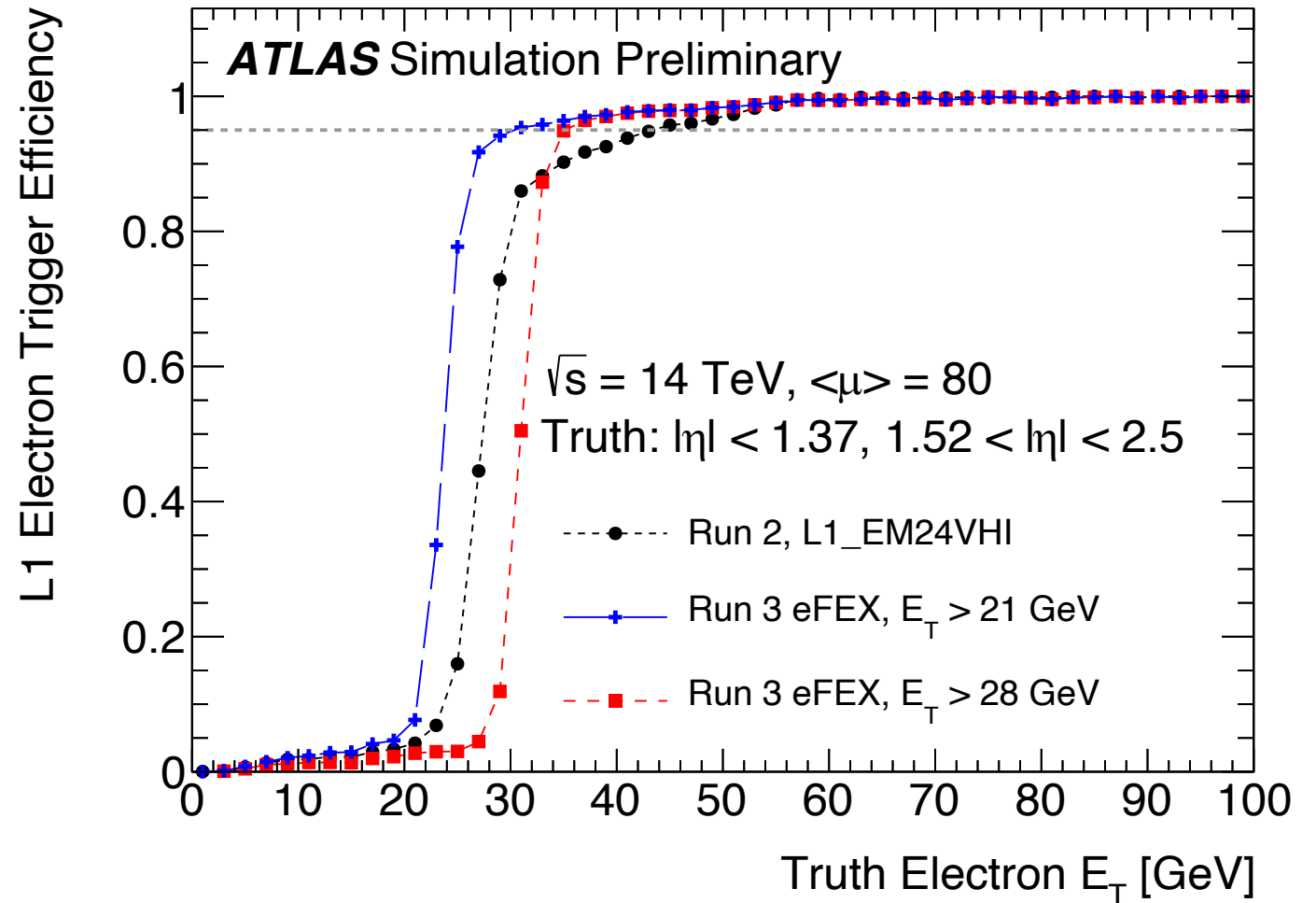
# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Calo

Mayor reducción de fondo y mejor eficiencia en el “turn-on” aplicando “shower-shape cuts”

$$R_{\eta} = 1 - \frac{3 \times 2 \text{ L2 } E_T}{7 \times 3 \text{ L2 } E_T}$$

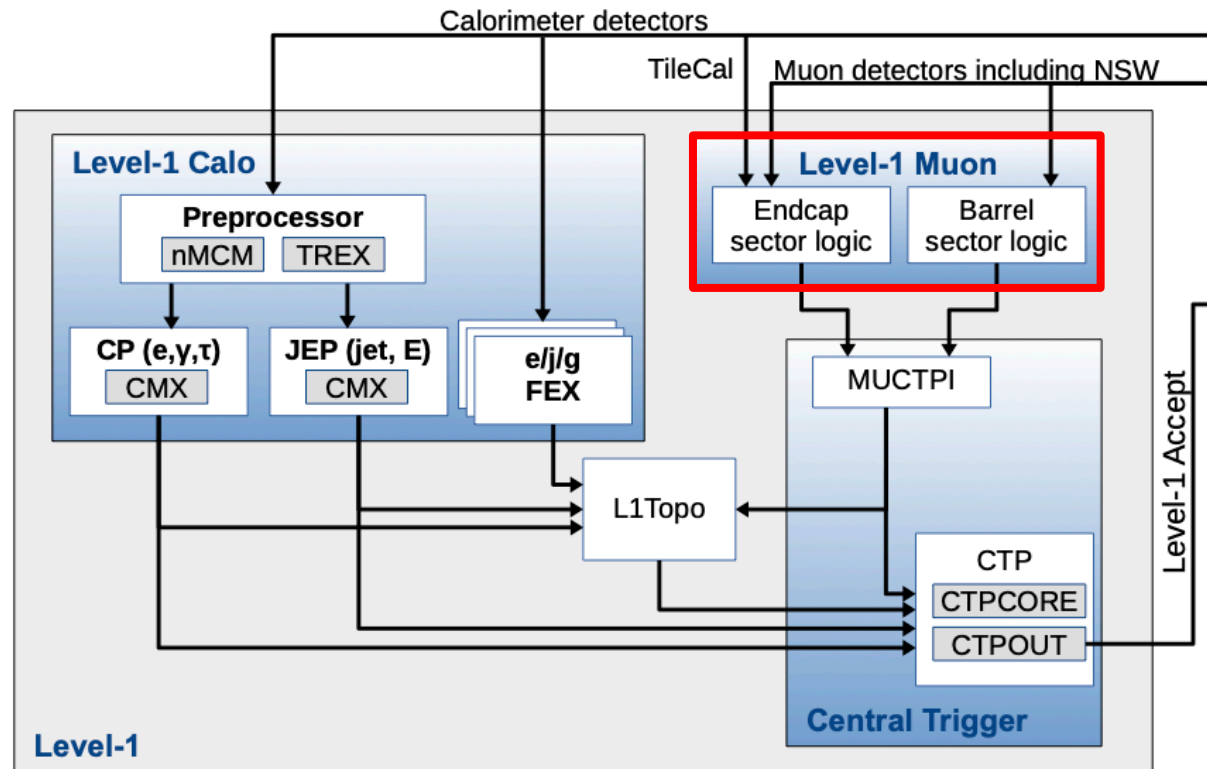
$$R_{\text{Had}} = \frac{\text{Had } E_T}{\text{Had } E_T + \text{EM } E_T}$$

$$w_{\text{stot}} = \sqrt{\frac{\sum E_{T,i} (\eta_i - \eta_{\text{max}})^2}{\sum E_{T,i}}}$$



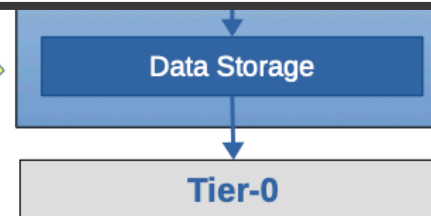
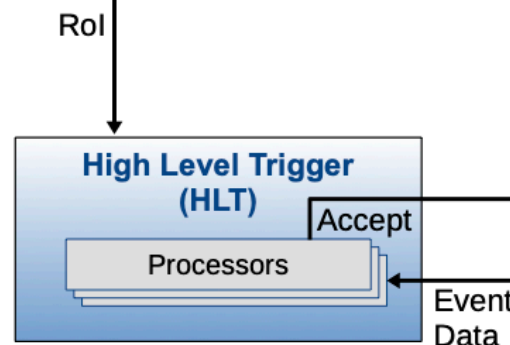


# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Muon



## Level-1 Muon

- “Fast readout” para trigger:
  - **Resistive Plate Chambers (RPCs)** para la región central ( $|\eta| < 1.05$ )
  - **Thin Gap Chambers (TGCs)** para el endcap ( $1.05 < |\eta| < 2.4$ )
- Reconstrucción de trazas de precisión y alta resolución:
  - **Monitored Drift Tubes (MDTs)**
  - **Cathode Strip Chambers (CSCs)**
- Toroide proporciona un campo magnético de 0.5 T

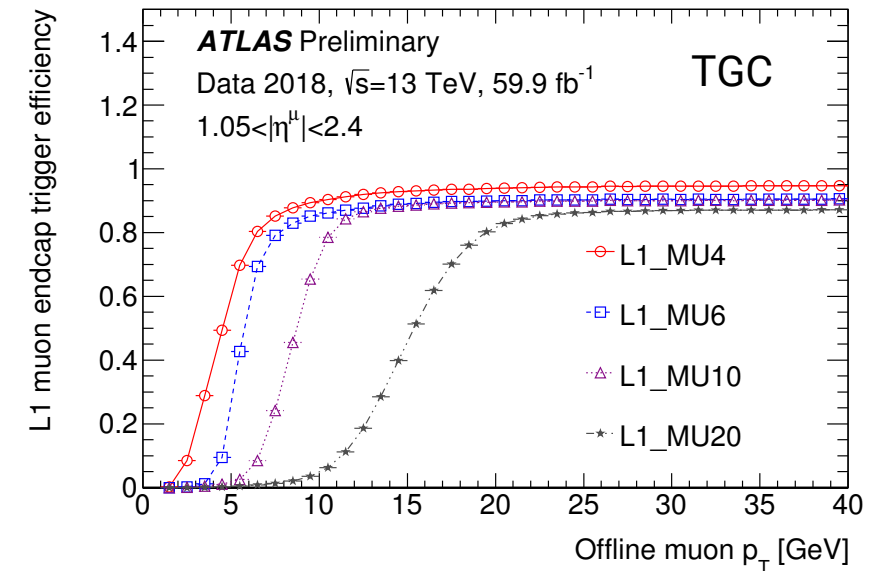
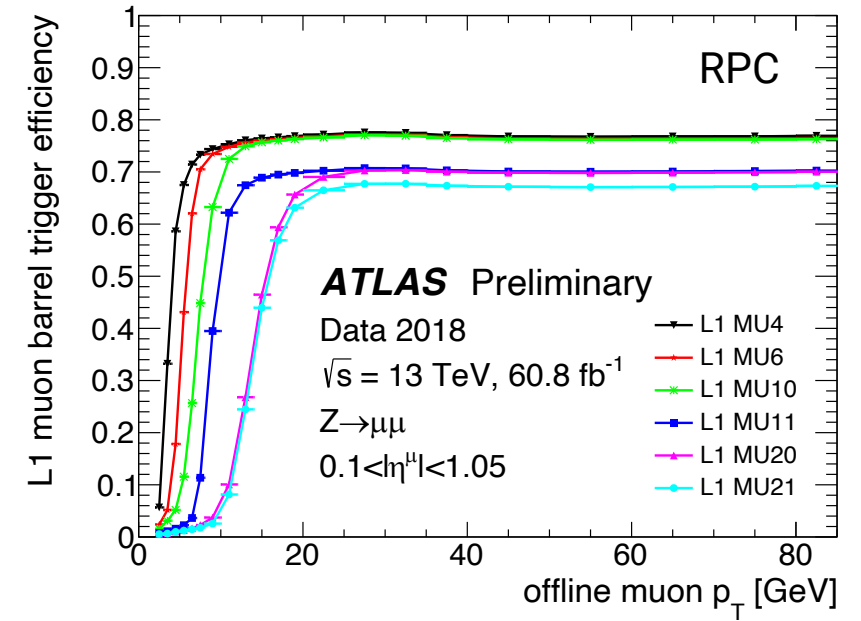
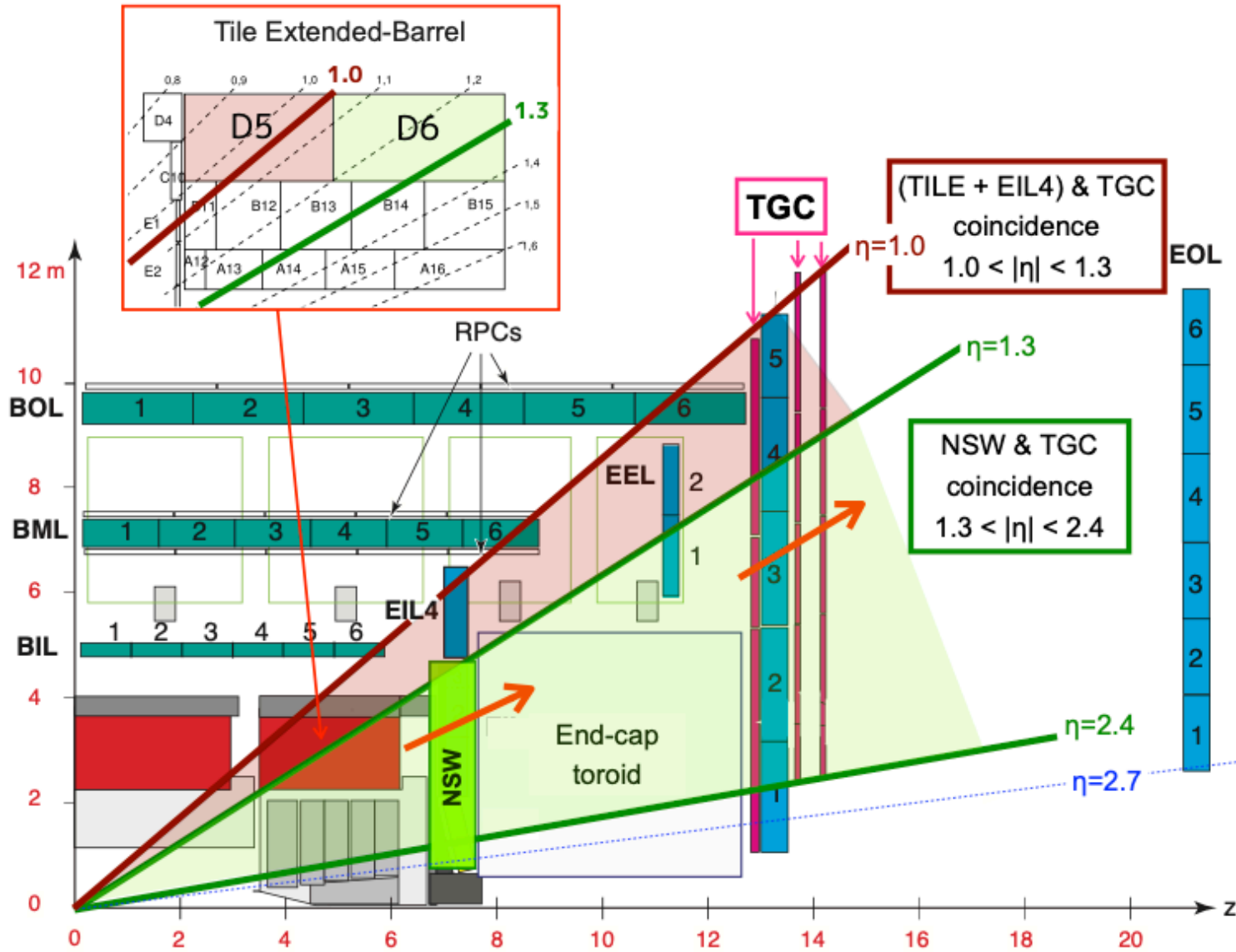


600 Hz  
1 kHz

960 MB/s  
2.4 GB/s



# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Muon



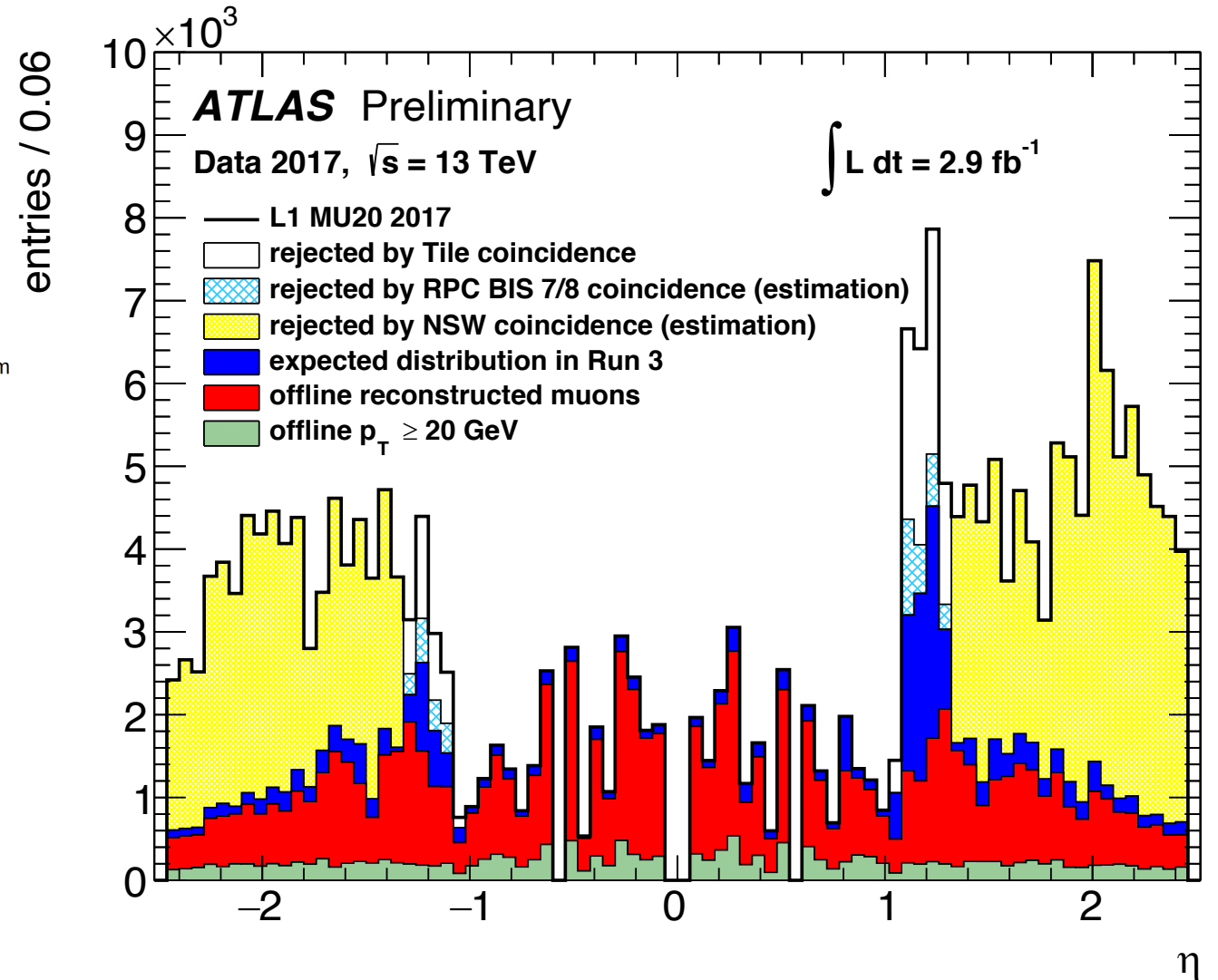
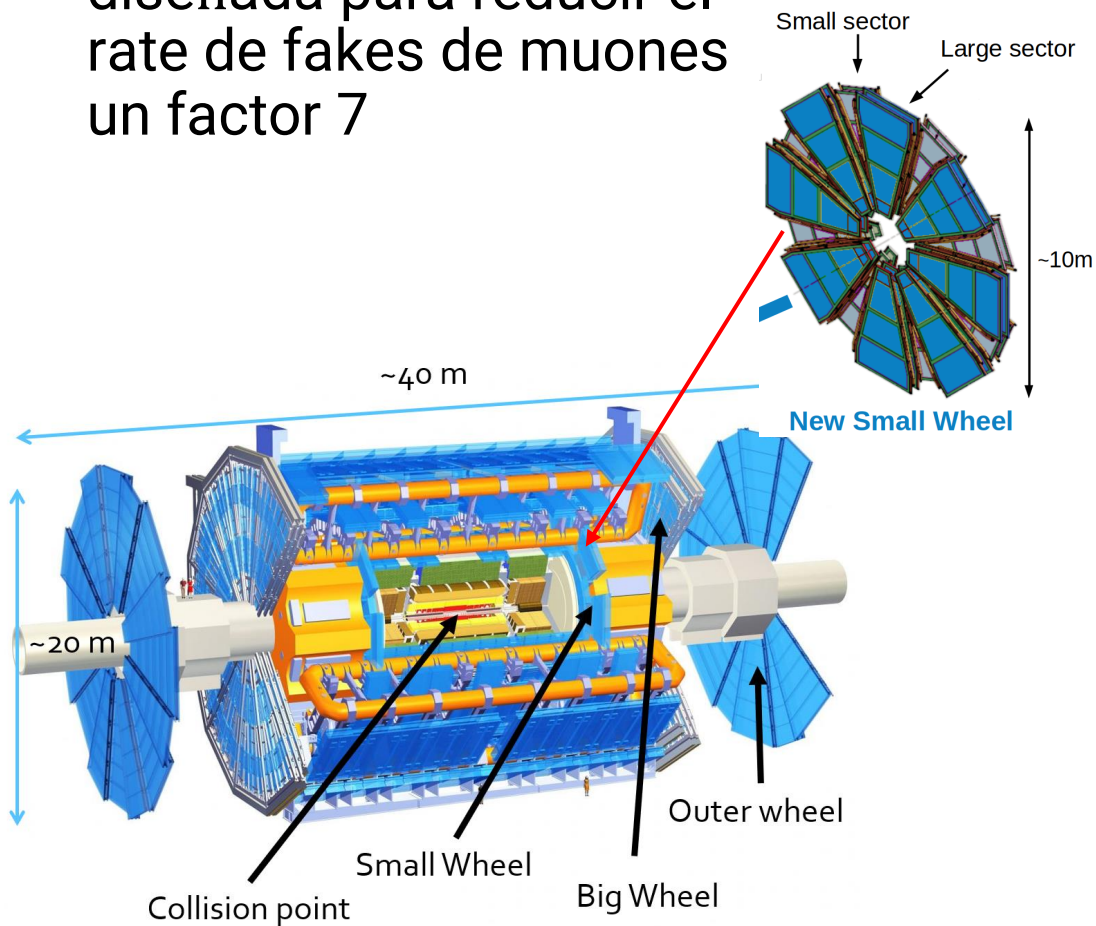




# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Muon

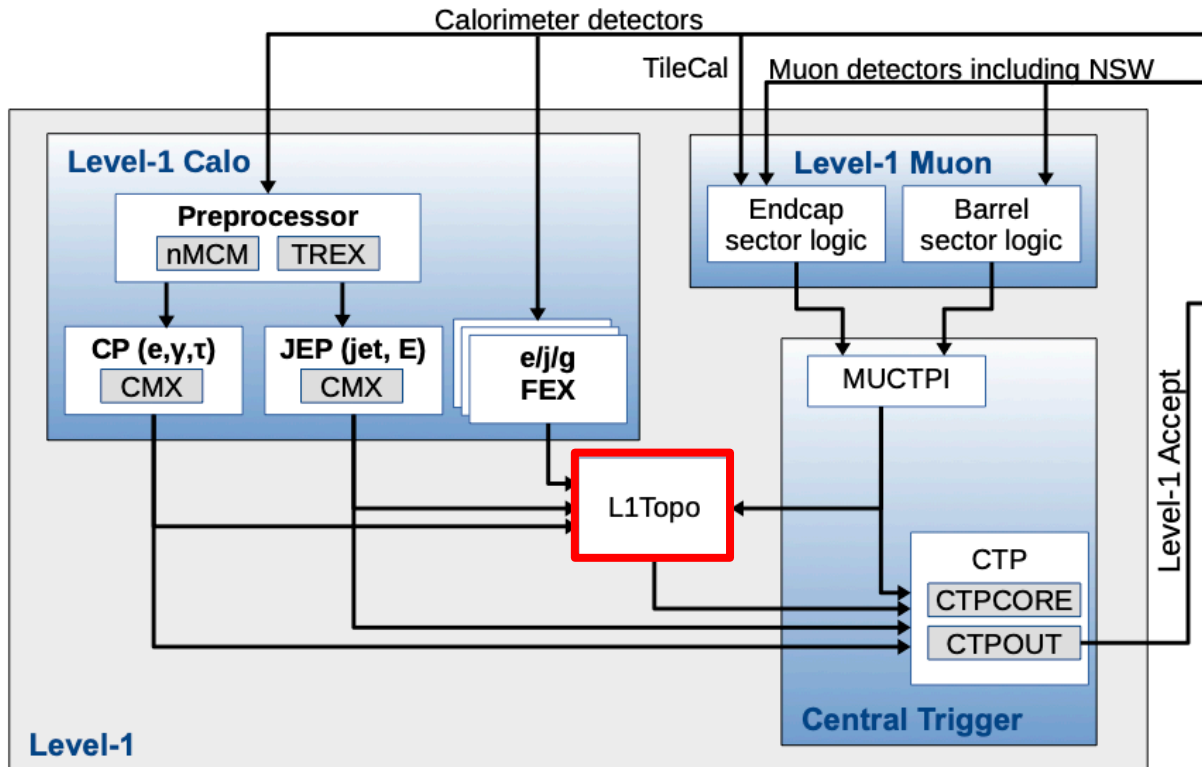
## Phase-I Upgrade en LS2 ([ATLAS-TDR-020](#))

- **New Small Wheel (NSW)** diseñada para reducir el rate de fakes de muones un factor 7



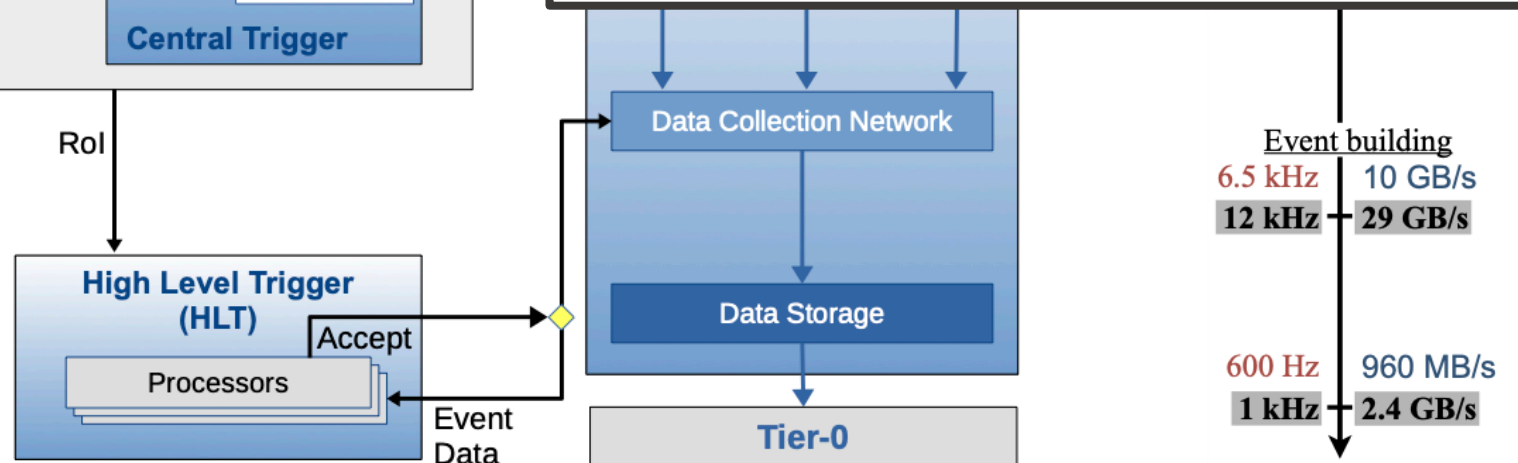


# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Topo



## L1Topo

- **Level-1 Topological processor (L1Topo)** es un nuevo sistema que se instaló en 2016 y se operó en 2017-2018
- Aplica cortes de selección entre los candidatos a electrones, muones, leptones tau, jets, etc. procedentes de L1Calo y L1Muon para reducir el rate del primer nivel de trigger (e.g., masas invariantes,  $\Delta R$ , etc.)

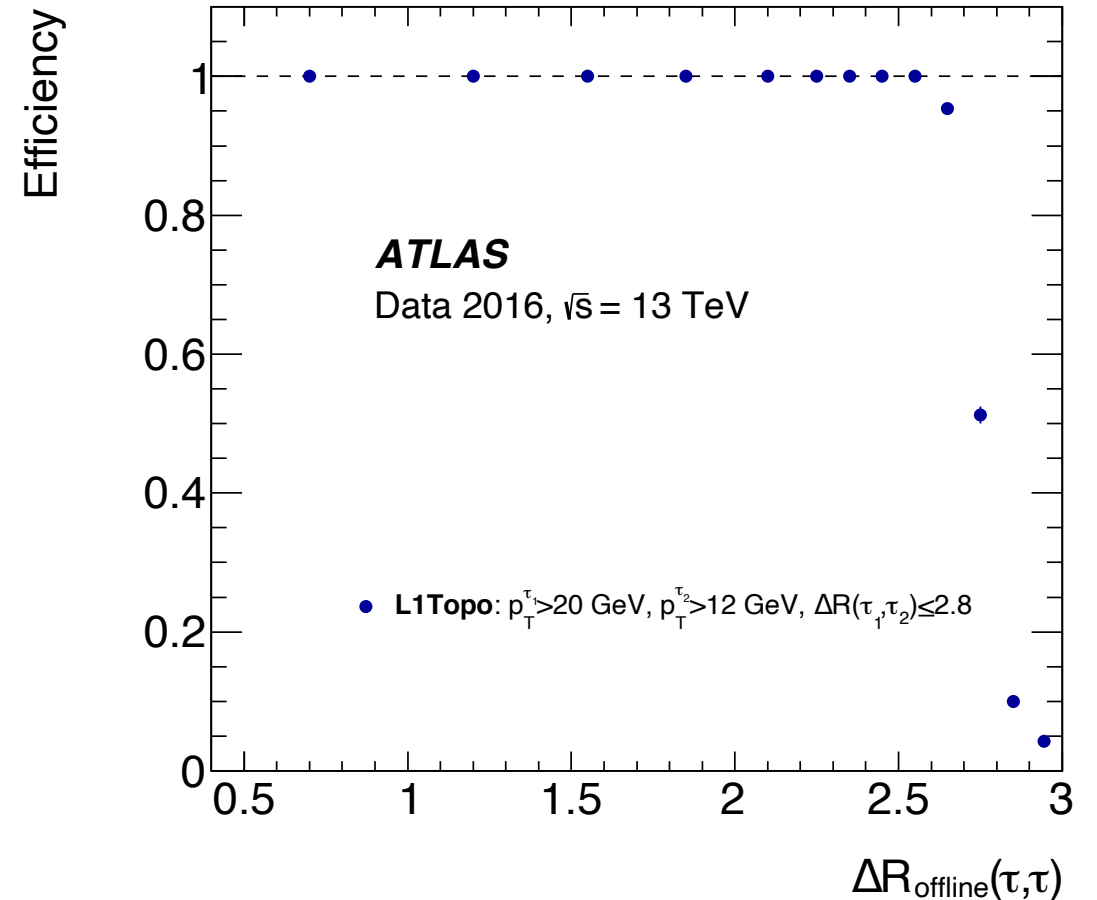
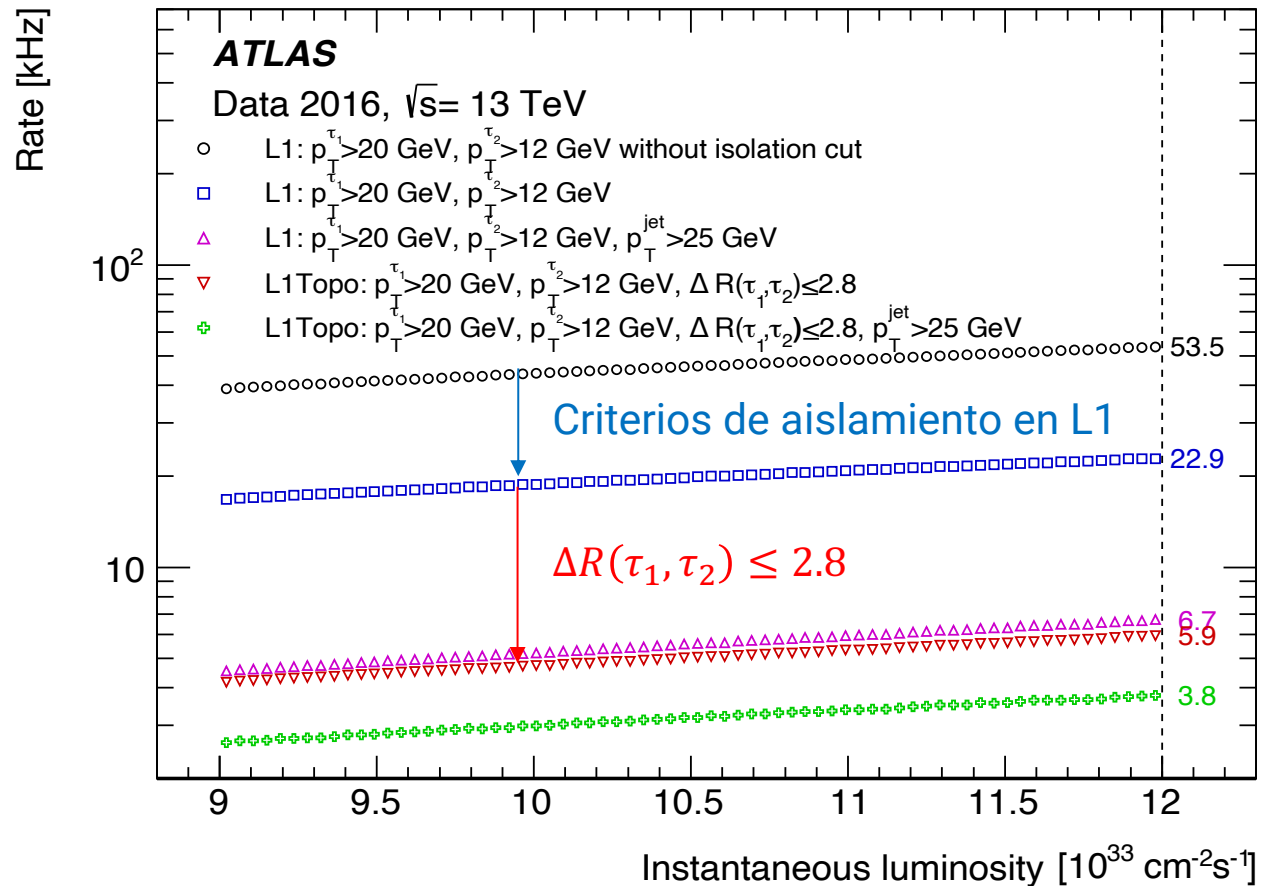






# Primer nivel de trigger de ATLAS: L1Topo

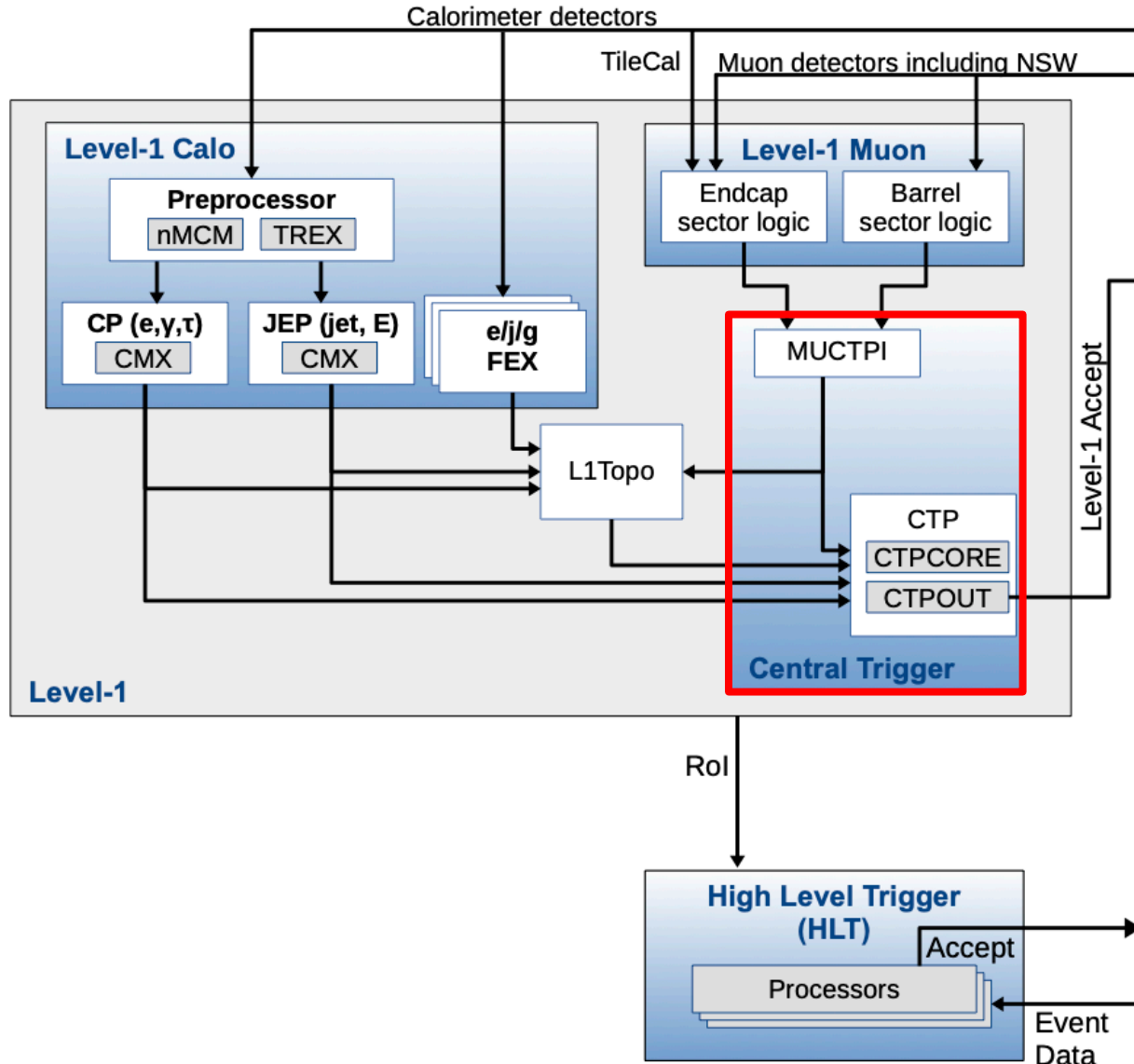
- **Reducción del rate de Level-1  $\sim 75\%$**  (22.9 kHz  $\rightarrow$  5.9 kHz) utilizando selecciones angulares para el trigger diseñado para la señal de  $H \rightarrow \tau\tau$  [[Eur. Phys. J. C 82 \(2022\) 1](#)]





# Primer nivel de trigger de ATLAS: Central Trigger

## Central Trigger



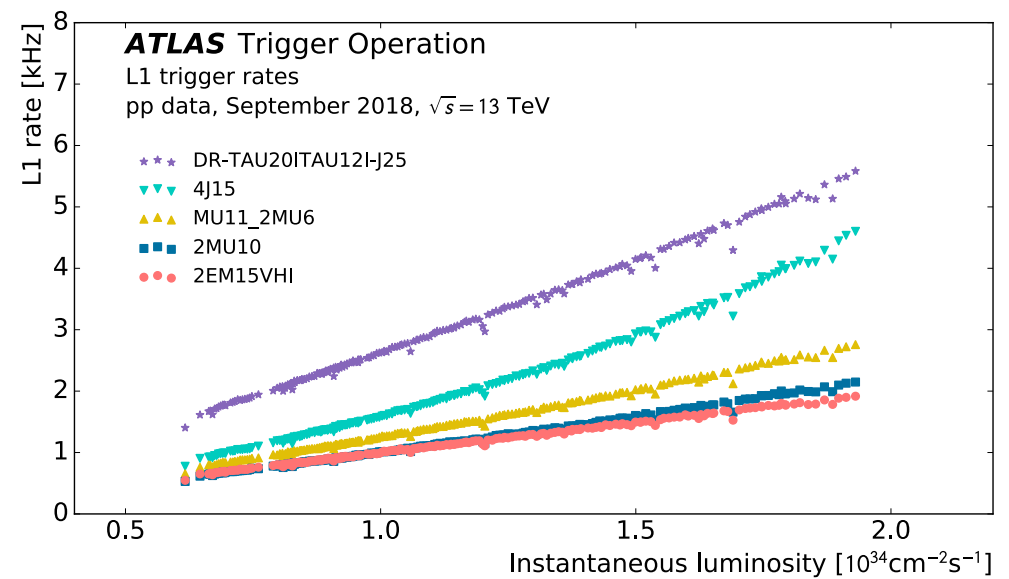
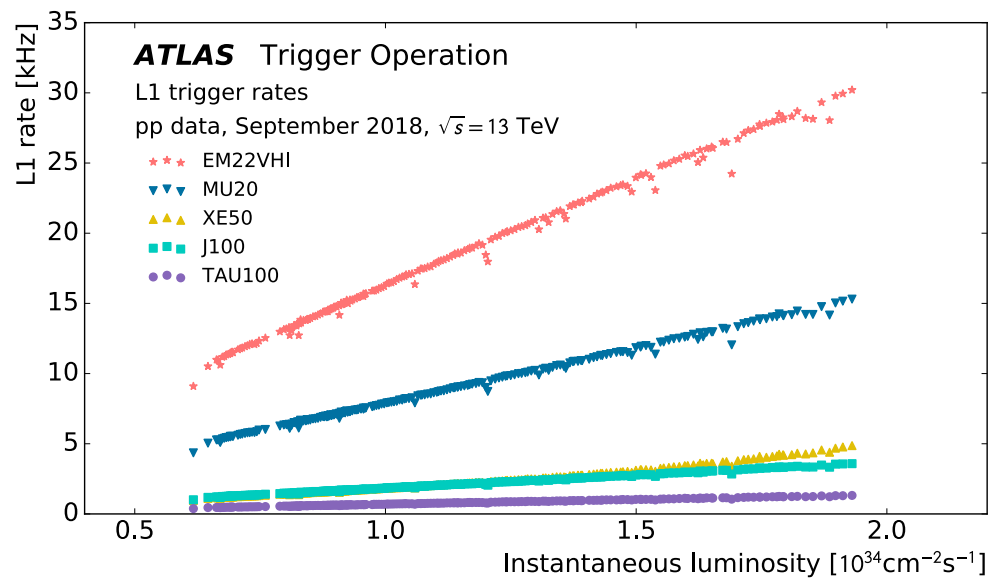
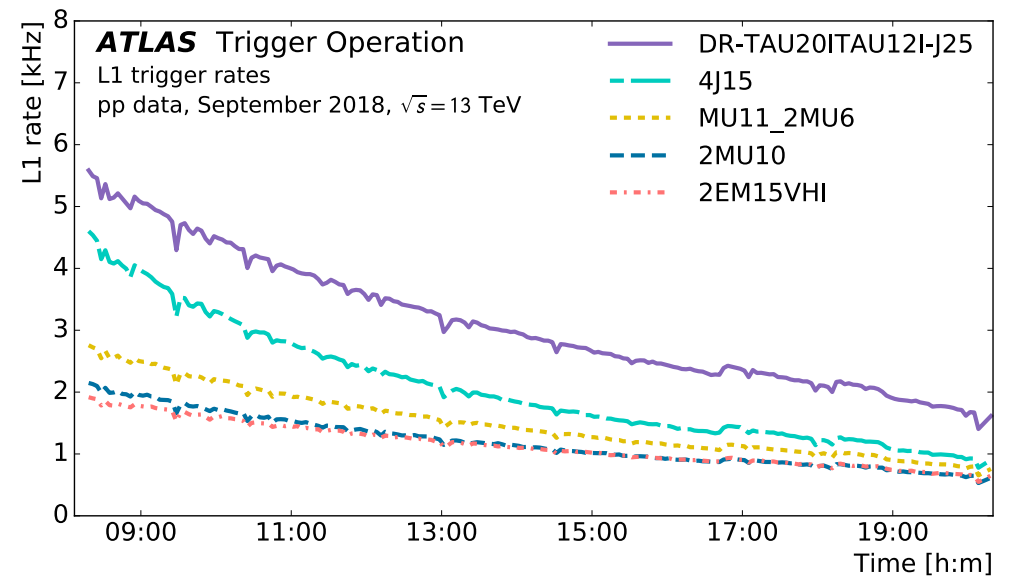
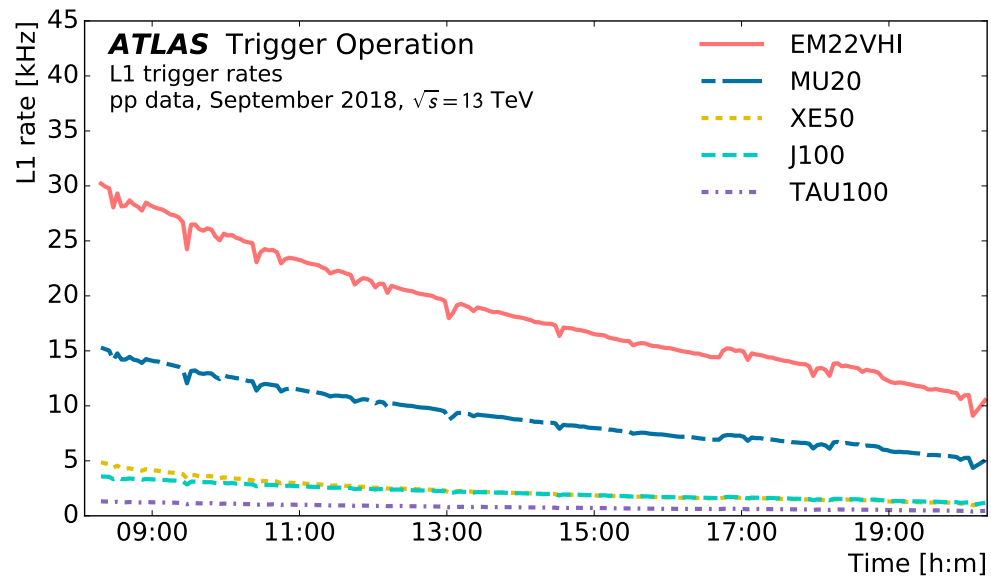
- **Muon-to-Central Trigger Processor Interface (MUCTPI):** combina los candidatos a muones procedentes de la región central (RPC) y del endcap (TGC)
- **Central Trigger Processor (CTP):** combina la información para los diferentes tipos de objetos y toma la decisión de aceptar / rechazar un suceso a Level-1
  - 512 input bits (L1 thresholds tales como EM22VHI, EM15VHI, MU20, MU10, XE50, J100, J15, etc., cada threshold con 3 bits → multiplicidad de  $2^3$ : 0 a 7 objetos)
  - 512 output bits (L1 items como L1\_EM22VHI, L1\_2EM15VHI, L1\_MU20, L1\_2MU10, L1\_4J15, etc.)

Tier-0

1 kHz ↓ 2.4 GB/s

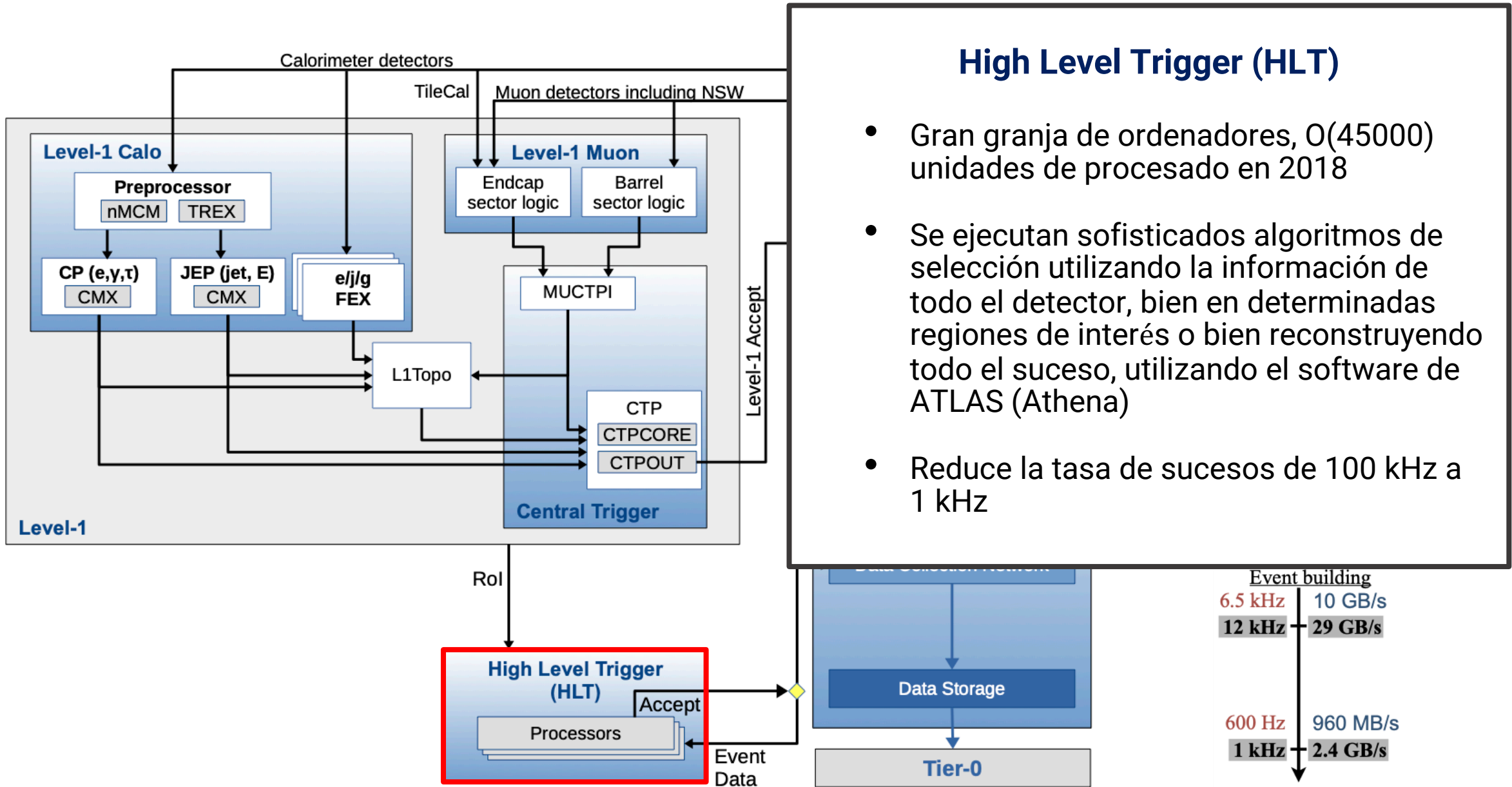


# Primer nivel de trigger de ATLAS





# Segundo nivel de trigger de ATLAS



## High Level Trigger (HLT)

- Gran granja de ordenadores, O(45000) unidades de procesado en 2018
- Se ejecutan sofisticados algoritmos de selección utilizando la información de todo el detector, bien en determinadas regiones de interés o bien reconstruyendo todo el suceso, utilizando el software de ATLAS (Athena)
- Reduce la tasa de sucesos de 100 kHz a 1 kHz





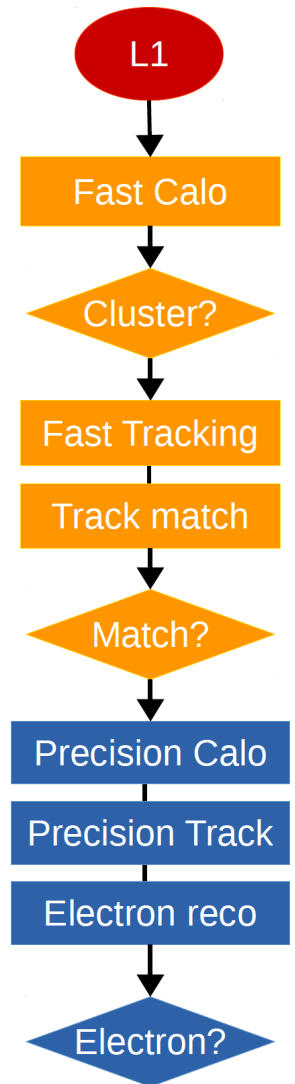
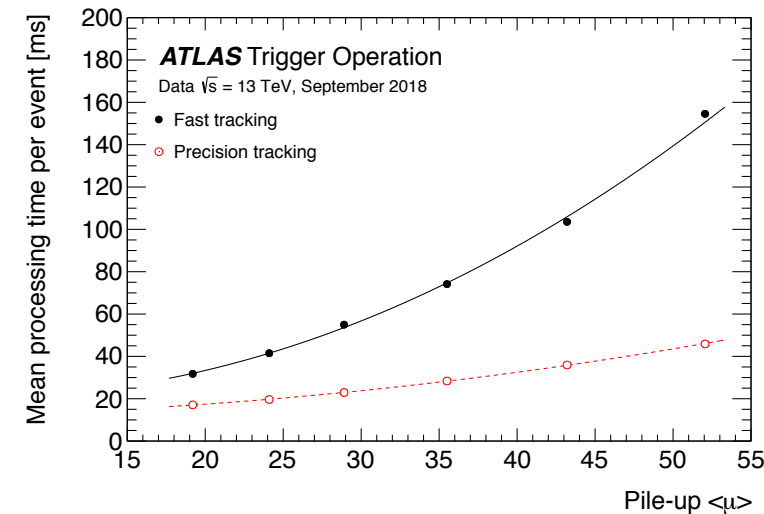
# Segundo nivel de trigger de ATLAS





# Selección de sucesos en tiempo real

- La reconstrucción de una determinada signatura en tiempo real se lleva a cabo en varios pasos para reducir la tasa de sucesos
- **Primer nivel de trigger (Level-1 o L1):**
- **Segundo nivel de trigger (HLT):**
  - Hay 2 tipos de algoritmos:
    - **Feature Extraction** (■): construye objetos (e.g., trazas, clusters, etc.)
    - **Hypothesis** (◊): aplica cortes de selección ( $p_T$ , masa invariante, etc.)
  - Cadena o secuencia de trigger típica:
    - **“Fast reconstruction”**: se utilizan algoritmos de trigger específicos accediendo a regiones de interés definidas en Level-1
    - **“Precision reconstruction”**: se utiliza toda la información del detector y sofisticados algoritmos de reconstrucción





# Tipos de triggers

- Las cadenas de trigger pueden utilizar “full event building” o “partial event building” si guardan toda la información del suceso o solo determinadas partes de ciertos subdetectores
- Asignación del rate:
  - **Triggers genéricos:** sirven para múltiples análisis y por tanto se diseñan para tener una gran fracción de rates: **O(10 Hz)**
  - **Triggers específicos:** están diseñados para un determinado análisis y un estado final particular: **O(1 Hz)** o se pueden activar a mitad del run cuando la luminosidad instantánea ha decrecido
  - **Triggers de apoyo:** se les asigna **O(0.5 Hz)** y representan alrededor del 15%
- Se puede diseñar un trigger con un determinado rate:
  - Aplicando una selección más estricta
  - Requiriendo criterios de aislamiento
  - Requiriendo distintos objetos en el estado final
  - Utilizando prescales (un trigger con un PS=10 se ejecuta una vez cada 10 sucesos)



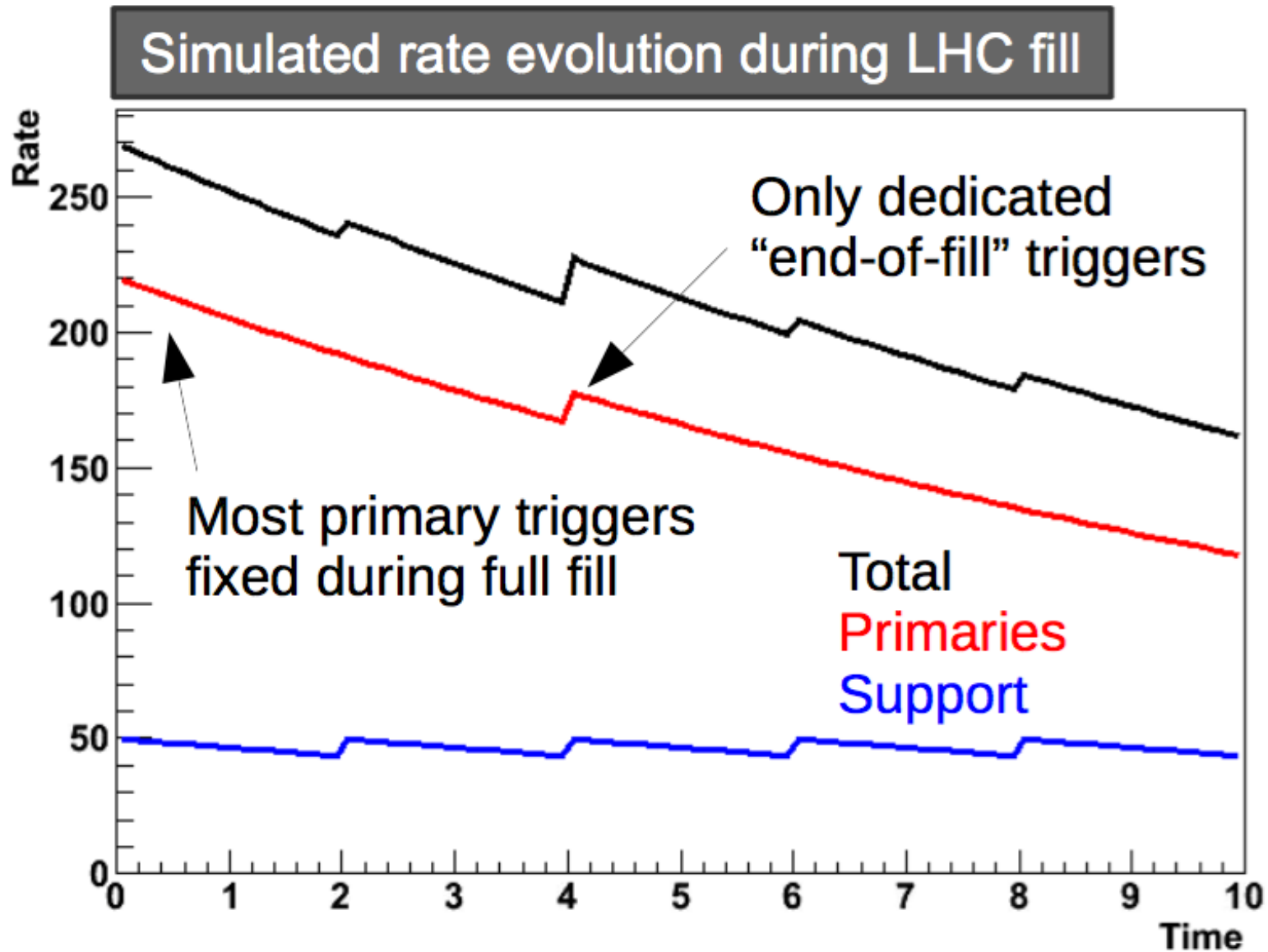


# Tipos de triggers

- **Triggers primarios:** se utilizan para análisis de física (medidas del Modelo Estándar o búsquedas de nueva física), ejecutados en todos los sucesos
- **Triggers de apoyo:** se utilizan para la adquisición de muestras de datos para estimar fondos en análisis de física y para medir eficiencias
- **Triggers “end-of-fill”:** se activan al final del “run” o “fill” cuando la luminosidad instantánea se ha reducido, por ejemplo para B-physics
- **Triggers alternativos:** se utilizan para ejecutar algoritmos de selección alternativos
- **Triggers de reserva o backup:** se ejecutan en paralelo a los triggers primarios utilizando selecciones para reducir la tasa de sucesos
- **Triggers de calibración:** se utilizan para la calibración del detector



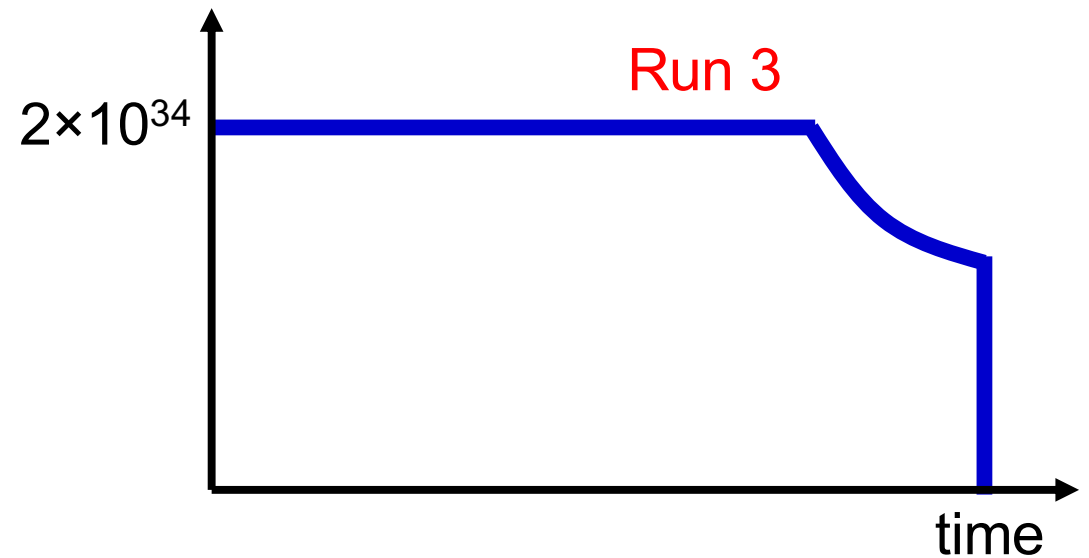
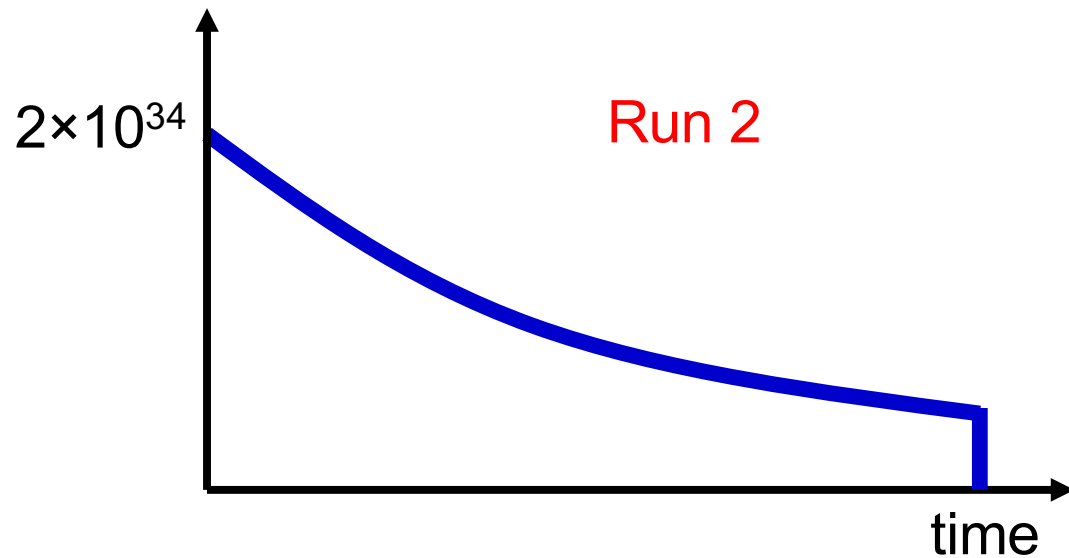
# Estrategia para seleccionar datos





# Menú de trigger del experimento ATLAS

- Menú de trigger en 2018:
  - **Menú de Level-1**: consta de un máximo de **512 L1 items**
  - **Menú de HLT**: consta de **O(1500) cadenas de trigger**, de las cuales 300 son triggers primarios





# Menú de trigger del experimento ATLAS en 2018

[ATL-DAQ-PUB-2019-001](#)

- **Electron:**  
 $W \rightarrow e\nu, Z \rightarrow ee, WW, WZ, ZZ$ , etc.
- **Muon:**  
 $W \rightarrow \mu\nu, Z \rightarrow \mu\mu, WW, WZ, ZZ$ , etc.
- **Jet:**  
SM, búsquedas de resonancias con dos jets en el estado final, etc.
- **b-jet:**  
 $H \rightarrow bb, tt \rightarrow bWbW$ , etc.
- **Missing  $E_T$  (MET):**  
búsquedas de SUSY, etc.
- **Tau:**  
 $H \rightarrow \tau\tau$ , búsquedas, etc.
- **Photon:**  
 $H \rightarrow \gamma\gamma$ , SM  $\gamma, \gamma\gamma, \gamma\gamma\gamma$ , etc.
- **B-physics and LS:**  
 $J/\psi, \Upsilon$ , estados finales con muones de bajo momento transverso, etc.

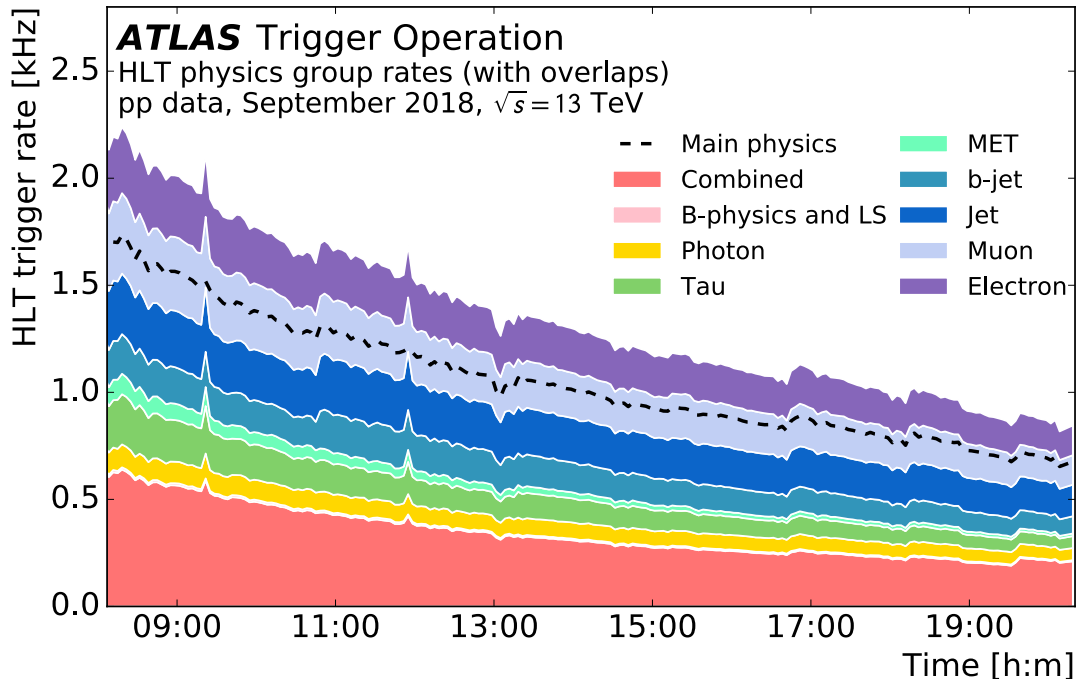
| Trigger   | Typical offline selection  | Trigger Selection             |                            | L1 Peak Rate [kHz]                                      | HLT Peak Rate [Hz] |
|---|--|-------------------------------|----------------------------|---|--------------------|
|   |  | L1 [GeV]                      | HLT [GeV]                  | L=2.0x10 <sup>34</sup> cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> |                    |
| Single leptons                                  | Single isolated $\mu, p_T > 27$ GeV                              | 20                            | 26 (i)                     | 16  | 218                |
|   | Single isolated tight $e, p_T > 27$ GeV                          | 22 (i)                        | 26 (i)                     | 31  | 195                |
|   | Single $\mu, p_T > 52$ GeV                                       | 20                            | 50                         | 16  | 70                 |
|   | Single $e, p_T > 61$ GeV   | 22 (i)                        | 60                         | 28  | 20                 |
|   | Single $\tau, p_T > 170$ GeV                                     | 100                           | 160                        | 1.4   | 42                 |
| Two leptons                                     | Two $\mu$ , each $p_T > 15$ GeV                                  | 2 x 10                        | 2 x 14                     | 2.2   | 30                 |
|   | Two $\mu, p_T > 23, 9$ GeV                                       | 20                            | 22, 8                      | 16  | 47                 |
|   | Two very loose $e$ , each $p_T > 18$ GeV                         | 2 x 15 (i)                    | 2 x 17                     | 2.0   | 13                 |
|   | One $e$ & one $\mu, p_T > 8, 25$ GeV                             | 20 ( $\mu$ )                  | 7, 24                      | 16  | 6                  |
|   | One loose $e$ & one $\mu, p_T > 18, 15$ GeV                      | 15, 10                        | 17, 14                     | 2.6   | 5                  |
|   | One $e$ & one $\mu, p_T > 27, 9$ GeV                             | 22 (e, i)                     | 26, 8                      | 21  | 4                  |
|   | Two $\tau, p_T > 40, 30$ GeV                                     | 20 (i), 12 (i) (+jets, topo)  | 35, 25                     | 5.7   | 93                 |
|   | One $\tau$ & one isolated $\mu, p_T > 30, 15$ GeV                | 12 (i), 10 (+jets)            | 25, 14 (i)                 | 2.4   | 17                 |
| One $\tau$ & one isolated $e, p_T > 30, 18$ GeV | 12 (i), 15 (i) (+jets)   | 25, 17 (i)                    | 4.6                        | 19  |                    |
| Three leptons                                   | Three very loose $e, p_T > 25, 13, 13$ GeV                       | 20, 2 x 10                    | 24, 2 x 12                 | 1.6   | 0.1                |
|   | Three $\mu$ , each $p_T > 7$ GeV                                 | 3 x 6                         | 3 x 6                      | 0.2   | 7                  |
|   | Three $\mu, p_T > 21, 2 x 5$ GeV                                 | 20                            | 20, 2 x 4                  | 16  | 9                  |
|   | Two $\mu$ & one loose $e, p_T > 2 x 11, 13$ GeV                  | 2 x 10 ( $\mu$ )              | 2 x 10, 12                 | 2.2   | 0.5                |
|   | Two loose $e$ & one $\mu, p_T > 2 x 13, 11$ GeV                  | 2 x 8, 10                     | 2 x 12, 10                 | 2.3   | 0.1                |
| Single photon                                   | One loose $\gamma, p_T > 145$ GeV                                | 24 (i)                        | 140                        | 24  | 47                 |
| Two photons                                     | Two loose $\gamma$ , each $p_T > 55$ GeV                         | 2 x 20                        | 2 x 50                     | 3.0   | 7                  |
|   | Two $\gamma, p_T > 40, 30$ GeV                                   | 2 x 20                        | 35, 25                     | 3.0   | 21                 |
|   | Two isolated tight $\gamma$ , each $p_T > 25$ GeV                | 2 x 15 (i)                    | 2 x 20 (i)                 | 2.0   | 15                 |
| Single jet                                      | Jet ( $R = 0.4$ ), $p_T > 435$ GeV                               | 100                           | 420                        | 3.7   | 35                 |
|   | Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 480$ GeV                               | 111 (topo: $R = 1.0$ )        | 460                        | 2.6   | 42                 |
|   | Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 450$ GeV, $m_{\text{jet}} > 45$ GeV    | 111 (topo: $R = 1.0$ )        | 420, $m_{\text{jet}} > 35$ | 2.6   | 36                 |
| b-jets  | One $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ), $p_T > 285$ GeV                   | 100                           | 275                        | 3.6   | 15                 |
|   | Two $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ), $p_T > 185, 70$ GeV               | 100                           | 175, 60                    | 3.6   | 11                 |
|   | One $b$ ( $\epsilon = 40\%$ ) & three jets, each $p_T > 85$ GeV  | 4 x 15                        | 4 x 75                     | 1.5   | 14                 |
|   | Two $b$ ( $\epsilon = 70\%$ ) & one jet, $p_T > 65, 65, 160$ GeV | 2 x 30, 85                    | 2 x 55, 150                | 1.3   | 17                 |
|   | Two $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ) & two jets, each $p_T > 65$ GeV    | 4 x 15, $ \eta  < 2.5$        | 4 x 55                     | 3.2   | 15                 |
| Multijets                                       | Four jets, each $p_T > 125$ GeV                                  | 3 x 50                        | 4 x 115                    | 0.5   | 16                 |
|   | Five jets, each $p_T > 95$ GeV                                   | 4 x 15                        | 5 x 85                     | 4.8   | 10                 |
|   | Six jets, each $p_T > 80$ GeV                                    | 4 x 15                        | 6 x 70                     | 4.8   | 4                  |
|   | Six jets, each $p_T > 60$ GeV, $ \eta  < 2.0$                    | 4 x 15                        | 6 x 55, $ \eta  < 2.4$     | 4.8   | 15                 |
|   | $E_T^{\text{miss}}$  | $E_T^{\text{miss}} > 200$ GeV | 50                         | 110   | 5.1                |
| B-physics                                       | Two $\mu, p_T > 11, 6$ GeV, $0.1 < m(\mu, \mu) < 14$ GeV         | 11, 6                         | 11, 6 (di- $\mu$ )         | 2.9   | 55                 |
|   | Two $\mu, p_T > 6, 6$ GeV, $2.5 < m(\mu, \mu) < 4.0$ GeV         | 2 x 6 ( $J/\psi$ , topo)      | 2 x 6 ( $J/\psi$ )         | 1.4   | 55                 |
|   | Two $\mu, p_T > 6, 6$ GeV, $4.7 < m(\mu, \mu) < 5.9$ GeV         | 2 x 6 ( $B$ , topo)           | 2 x 6 ( $B$ )              | 1.4   | 6                  |
|   | Two $\mu, p_T > 6, 6$ GeV, $7 < m(\mu, \mu) < 12$ GeV            | 2 x 6 ( $\Upsilon$ , topo)    | 2 x 6 ( $\Upsilon$ )       | 1.2   | 12                 |
| Main Rate                                       |  |                               |                            | 86  | 1750               |
| B-physics and Light States Rate                 |  |                               |                            |   | 200                |



# Menú de trigger del experimento ATLAS en 2018

Menú de trigger diseñado para ser inclusivo, con triggers genéricos y triggers específicos para seleccionar una gran variedad de estados finales y procesos de física

[ATL-DAQ-PUB-2019-001](#)

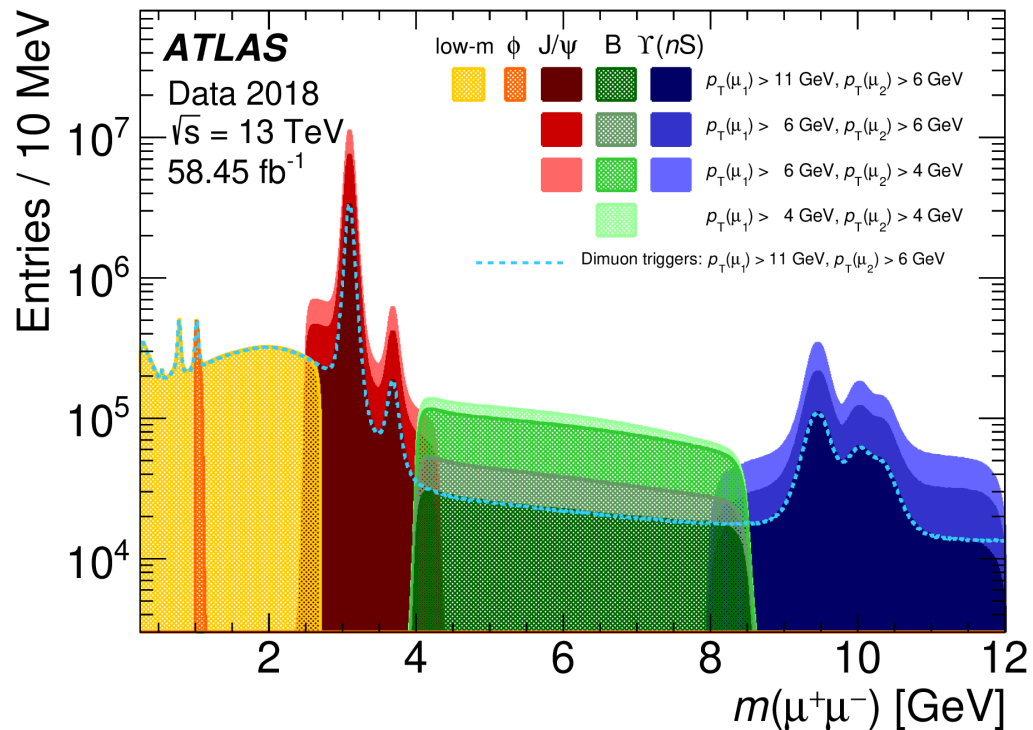


| Trigger  | Typical offline selection  | Trigger Selection               |                             | L1 Peak Rate [kHz]                                    | HLT Peak Rate [Hz] |
|--|--|---------------------------------|-----------------------------|---|--------------------|
|  |  | L1 [GeV]                        | HLT [GeV]                   | $L=2.0 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |                    |
| Single leptons   | Single isolated $\mu$ , $p_T > 27 \text{ GeV}$                                 | 20                              | 26 (i)                      | 16  | 218                |
|  | Single isolated tight $e$ , $p_T > 27 \text{ GeV}$                             | 22 (i)                          | 26 (i)                      | 31  | 195                |
|  | Single $\mu$ , $p_T > 52 \text{ GeV}$  | 20                              | 50                          | 16  | 70                 |
|  | Single $e$ , $p_T > 61 \text{ GeV}$  | 22 (i)                          | 60                          | 28  | 20                 |
|  | Single $\tau$ , $p_T > 170 \text{ GeV}$  | 100                             | 160                         | 1.4   | 42                 |
| Two leptons  | Two $\mu$ , each $p_T > 15 \text{ GeV}$  | $2 \times 10$                   | $2 \times 14$               | 2.2   | 30                 |
|  | Two $\mu$ , $p_T > 23, 9 \text{ GeV}$  | 20                              | 22, 8                       | 16  | 47                 |
|  | Two very loose $e$ , each $p_T > 18 \text{ GeV}$                               | $2 \times 15$ (i)               | $2 \times 17$               | 2.0   | 13                 |
|  | One $e$ & one $\mu$ , $p_T > 8, 25 \text{ GeV}$                                | 20 ( $\mu$ )                    | 7, 24                       | 16  | 6                  |
|  | One loose $e$ & one $\mu$ , $p_T > 18, 15 \text{ GeV}$                         | 15, 10                          | 17, 14                      | 2.6   | 5                  |
|  | One $e$ & one $\mu$ , $p_T > 27, 9 \text{ GeV}$                                | 22 (e, i)                       | 26, 8                       | 21  | 4                  |
|  | Two $\tau$ , $p_T > 40, 30 \text{ GeV}$  | 20 (i), 12 (i) (+jets, topo)    | 35, 25                      | 5.7   | 93                 |
|  | One $\tau$ & one isolated $\mu$ , $p_T > 30, 15 \text{ GeV}$                   | 12 (i), 10 (+jets)              | 25, 14 (i)                  | 2.4   | 17                 |
| One $\tau$ & one isolated $e$ , $p_T > 30, 18 \text{ GeV}$ | 12 (i), 15 (i) (+jets)   | 25, 17 (i)                      | 4.6                         | 19  |                    |
| Three leptons  | Three very loose $e$ , $p_T > 25, 13, 13 \text{ GeV}$                          | $20, 2 \times 10$               | $24, 2 \times 12$           | 1.6   | 0.1                |
|  | Three $\mu$ , each $p_T > 7 \text{ GeV}$                                       | $3 \times 6$                    | $3 \times 6$                | 0.2   | 7                  |
|  | Three $\mu$ , $p_T > 21, 2 \times 5 \text{ GeV}$                               | 20                              | $20, 2 \times 4$            | 16  | 9                  |
|  | Two $\mu$ & one loose $e$ , $p_T > 2 \times 11, 13 \text{ GeV}$                | $2 \times 10$ ( $\mu$ )         | $2 \times 10, 12$           | 2.2   | 0.5                |
|  | Two loose $e$ & one $\mu$ , $p_T > 2 \times 13, 11 \text{ GeV}$                | $2 \times 8, 10$                | $2 \times 12, 10$           | 2.3   | 0.1                |
| Single photon  | One loose $\gamma$ , $p_T > 145 \text{ GeV}$                                   | 24 (i)                          | 140                         | 24  | 47                 |
| Two photons  | Two loose $\gamma$ , each $p_T > 55 \text{ GeV}$                               | $2 \times 20$                   | $2 \times 50$               | 3.0   | 7                  |
|  | Two $\gamma$ , $p_T > 40, 30 \text{ GeV}$                                      | $2 \times 20$                   | 35, 25                      | 3.0   | 21                 |
|  | Two isolated tight $\gamma$ , each $p_T > 25 \text{ GeV}$                      | $2 \times 15$ (i)               | $2 \times 20$ (i)           | 2.0   | 15                 |
| Single jet   | Jet ( $R = 0.4$ ), $p_T > 435 \text{ GeV}$                                     | 100                             | 420                         | 3.7   | 35                 |
|  | Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 480 \text{ GeV}$                                     | 111 (topo: $R = 1.0$ )          | 460                         | 2.6   | 42                 |
|  | Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 450 \text{ GeV}$ , $m_{\text{jet}} > 45 \text{ GeV}$ | 111 (topo: $R = 1.0$ )          | 420, $m_{\text{jet}} > 35$  | 2.6   | 36                 |
| b-jets   | One $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ), $p_T > 285 \text{ GeV}$                         | 100                             | 275                         | 3.6   | 15                 |
|  | Two $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ), $p_T > 185, 70 \text{ GeV}$                     | 100                             | 175, 60                     | 3.6   | 11                 |
|  | One $b$ ( $\epsilon = 40\%$ ) & three jets, each $p_T > 85 \text{ GeV}$        | $4 \times 15$                   | $4 \times 75$               | 1.5   | 14                 |
|  | Two $b$ ( $\epsilon = 70\%$ ) & one jet, $p_T > 65, 65, 160 \text{ GeV}$       | $2 \times 30, 85$               | $2 \times 55, 150$          | 1.3   | 17                 |
|  | Two $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ) & two jets, each $p_T > 65 \text{ GeV}$          | $4 \times 15,  \eta  < 2.5$     | $4 \times 55$               | 3.2   | 15                 |
| Multijets  | Four jets, each $p_T > 125 \text{ GeV}$  | $3 \times 50$                   | $4 \times 115$              | 0.5   | 16                 |
|  | Five jets, each $p_T > 95 \text{ GeV}$   | $4 \times 15$                   | $5 \times 85$               | 4.8   | 10                 |
|  | Six jets, each $p_T > 80 \text{ GeV}$  | $4 \times 15$                   | $6 \times 70$               | 4.8   | 4                  |
|  | Six jets, each $p_T > 60 \text{ GeV}$ , $ \eta  < 2.0$                         | $4 \times 15$                   | $6 \times 55,  \eta  < 2.4$ | 4.8   | 15                 |
| $E_T^{\text{miss}}$  | $E_T^{\text{miss}} > 200 \text{ GeV}$  | 50                              | 110                         | 5.1   | 94                 |
| B-physics  | Two $\mu$ , $p_T > 11, 6 \text{ GeV}$ , $0.1 < m(\mu, \mu) < 14 \text{ GeV}$   | 11, 6                           | 11, 6 (di- $\mu$ )          | 2.9   | 55                 |
|  | Two $\mu$ , $p_T > 6, 6 \text{ GeV}$ , $2.5 < m(\mu, \mu) < 4.0 \text{ GeV}$   | $2 \times 6$ ( $J/\psi$ , topo) | $2 \times 6$ ( $J/\psi$ )   | 1.4   | 55                 |
|  | Two $\mu$ , $p_T > 6, 6 \text{ GeV}$ , $4.7 < m(\mu, \mu) < 5.9 \text{ GeV}$   | $2 \times 6$ ( $B$ , topo)      | $2 \times 6$ ( $B$ )        | 1.4   | 6                  |
|  | Two $\mu$ , $p_T > 6, 6 \text{ GeV}$ , $7 < m(\mu, \mu) < 12 \text{ GeV}$      | $2 \times 6$ ( $Y$ , topo)      | $2 \times 6$ ( $Y$ )        | 1.2   | 12                 |
| Main Rate  |  |                                 |                             | 86  | 1750               |
| B-physics and Light States Rate                            |  |                                 |                             |   | 200                |



# Menú de trigger del experimento ATLAS en 2018

Menú de trigger diseñado para ser inclusivo, con triggers genéricos y triggers específicos para seleccionar una gran variedad de estados finales y procesos de física



## ATL-DAQ-PUB-2019-001

| Trigger   | Typical offline selection   | Trigger Selection                 |                             | L1 Peak Rate [kHz]                                    | HLT Peak Rate [Hz] |
|---|---|-----------------------------------|-----------------------------|---|--------------------|
|   |   | L1 [GeV]                          | HLT [GeV]                   | $L=2.0 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |                    |
| Single leptons  | Single isolated $\mu, p_T > 27 \text{ GeV}$                                 | 20                                | 26 (i)                      | 16  | 218                |
|   | Single isolated tight $e, p_T > 27 \text{ GeV}$                             | 22 (i)                            | 26 (i)                      | 31  | 195                |
|   | Single $\mu, p_T > 52 \text{ GeV}$  | 20                                | 50                          | 16  | 70                 |
|   | Single $e, p_T > 61 \text{ GeV}$  | 22 (i)                            | 60                          | 28  | 20                 |
|   | Single $\tau, p_T > 170 \text{ GeV}$  | 100                               | 160                         | 1.4   | 42                 |
| Two leptons   | Two $\mu, \text{each } p_T > 15 \text{ GeV}$                                | $2 \times 10$                     | $2 \times 14$               | 2.2   | 30                 |
|   | Two $\mu, p_T > 23, 9 \text{ GeV}$  | 20                                | 22, 8                       | 16  | 47                 |
|   | Two very loose $e, \text{each } p_T > 18 \text{ GeV}$                       | $2 \times 15$ (i)                 | $2 \times 17$               | 2.0   | 13                 |
|   | One $e$ & one $\mu, p_T > 8, 25 \text{ GeV}$                                | 20 ( $\mu$ )                      | 7, 24                       | 16  | 6                  |
|   | One loose $e$ & one $\mu, p_T > 18, 15 \text{ GeV}$                         | 15, 10                            | 17, 14                      | 2.6   | 5                  |
|   | One $e$ & one $\mu, p_T > 27, 9 \text{ GeV}$                                | 22 (e, i)                         | 26, 8                       | 21  | 4                  |
|   | Two $\tau, p_T > 40, 30 \text{ GeV}$  | 20 (i), 12 (i) (+jets, topo)      | 35, 25                      | 5.7   | 93                 |
|   | One $\tau$ & one isolated $\mu, p_T > 30, 15 \text{ GeV}$                   | 12 (i), 10 (+jets)                | 25, 14 (i)                  | 2.4   | 17                 |
| One $\tau$ & one isolated $e, p_T > 30, 18 \text{ GeV}$ | 12 (i), 15 (i) (+jets)  | 25, 17 (i)                        | 4.6                         | 19  |                    |
| Three leptons   | Three very loose $e, p_T > 25, 13, 13 \text{ GeV}$                          | $20, 2 \times 10$                 | $24, 2 \times 12$           | 1.6   | 0.1                |
|   | Three $\mu, \text{each } p_T > 7 \text{ GeV}$                               | $3 \times 6$                      | $3 \times 6$                | 0.2   | 7                  |
|   | Three $\mu, p_T > 21, 2 \times 5 \text{ GeV}$                               | 20                                | $20, 2 \times 4$            | 16  | 9                  |
|   | Two $\mu$ & one loose $e, p_T > 2 \times 11, 13 \text{ GeV}$                | $2 \times 10$ ( $\mu$ )           | $2 \times 10, 12$           | 2.2   | 0.5                |
|   | Two loose $e$ & one $\mu, p_T > 2 \times 13, 11 \text{ GeV}$                | $2 \times 8, 10$                  | $2 \times 12, 10$           | 2.3   | 0.1                |
| Single photon   | One loose $\gamma, p_T > 145 \text{ GeV}$                                   | 24 (i)                            | 140                         | 24  | 47                 |
| Two photons   | Two loose $\gamma, \text{each } p_T > 55 \text{ GeV}$                       | $2 \times 20$                     | $2 \times 50$               | 3.0   | 7                  |
|   | Two $\gamma, p_T > 40, 30 \text{ GeV}$                                      | $2 \times 20$                     | 35, 25                      | 3.0   | 21                 |
|   | Two isolated tight $\gamma, \text{each } p_T > 25 \text{ GeV}$              | $2 \times 15$ (i)                 | $2 \times 20$ (i)           | 2.0   | 15                 |
| Single jet  | Jet ( $R = 0.4$ ), $p_T > 435 \text{ GeV}$                                  | 100                               | 420                         | 3.7   | 35                 |
|   | Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 480 \text{ GeV}$                                  | 111 (topo: $R = 1.0$ )            | 460                         | 2.6   | 42                 |
|   | Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 450 \text{ GeV}, m_{\text{jet}} > 45 \text{ GeV}$ | 111 (topo: $R = 1.0$ )            | 420, $m_{\text{jet}} > 35$  | 2.6   | 36                 |
| $b$ -jets   | One $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ), $p_T > 285 \text{ GeV}$                      | 100                               | 275                         | 3.6   | 15                 |
|   | Two $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ), $p_T > 185, 70 \text{ GeV}$                  | 100                               | 175, 60                     | 3.6   | 11                 |
|   | One $b$ ( $\epsilon = 40\%$ ) & three jets, each $p_T > 85 \text{ GeV}$     | $4 \times 15$                     | $4 \times 75$               | 1.5   | 14                 |
|   | Two $b$ ( $\epsilon = 70\%$ ) & one jet, $p_T > 65, 65, 160 \text{ GeV}$    | $2 \times 30, 85$                 | $2 \times 55, 150$          | 1.3   | 17                 |
|   | Two $b$ ( $\epsilon = 60\%$ ) & two jets, each $p_T > 65 \text{ GeV}$       | $4 \times 15,  \eta  < 2.5$       | $4 \times 55$               | 3.2   | 15                 |
| Multijets   | Four jets, each $p_T > 125 \text{ GeV}$                                     | $3 \times 50$                     | $4 \times 115$              | 0.5   | 16                 |
|   | Five jets, each $p_T > 95 \text{ GeV}$                                      | $4 \times 15$                     | $5 \times 85$               | 4.8   | 10                 |
|   | Six jets, each $p_T > 80 \text{ GeV}$                                       | $4 \times 15$                     | $6 \times 70$               | 4.8   | 4                  |
|   | Six jets, each $p_T > 60 \text{ GeV},  \eta  < 2.0$                         | $4 \times 15$                     | $6 \times 55,  \eta  < 2.4$ | 4.8   | 15                 |
| $E_T^{\text{miss}}$                                     | $E_T^{\text{miss}} > 200 \text{ GeV}$                                       | 50                                | 110                         | 5.1   | 94                 |
| $B$ -physics  | Two $\mu, p_T > 11, 6 \text{ GeV}, 0.1 < m(\mu, \mu) < 14 \text{ GeV}$      | 11, 6                             | 11, 6 (di- $\mu$ )          | 2.9   | 55                 |
|   | Two $\mu, p_T > 6, 6 \text{ GeV}, 2.5 < m(\mu, \mu) < 4.0 \text{ GeV}$      | $2 \times 6$ ( $J/\psi$ , topo)   | $2 \times 6$ ( $J/\psi$ )   | 1.4   | 55                 |
|   | Two $\mu, p_T > 6, 6 \text{ GeV}, 4.7 < m(\mu, \mu) < 5.9 \text{ GeV}$      | $2 \times 6$ ( $B$ , topo)        | $2 \times 6$ ( $B$ )        | 1.4   | 6                  |
|   | Two $\mu, p_T > 6, 6 \text{ GeV}, 7 < m(\mu, \mu) < 12 \text{ GeV}$         | $2 \times 6$ ( $\Upsilon$ , topo) | $2 \times 6$ ( $\Upsilon$ ) | 1.2   | 12                 |
| Main Rate   |   |                                   |                             | 86  | 1750               |
| B-physics and Light States Rate                         |   |                                   |                             |   | 200                |

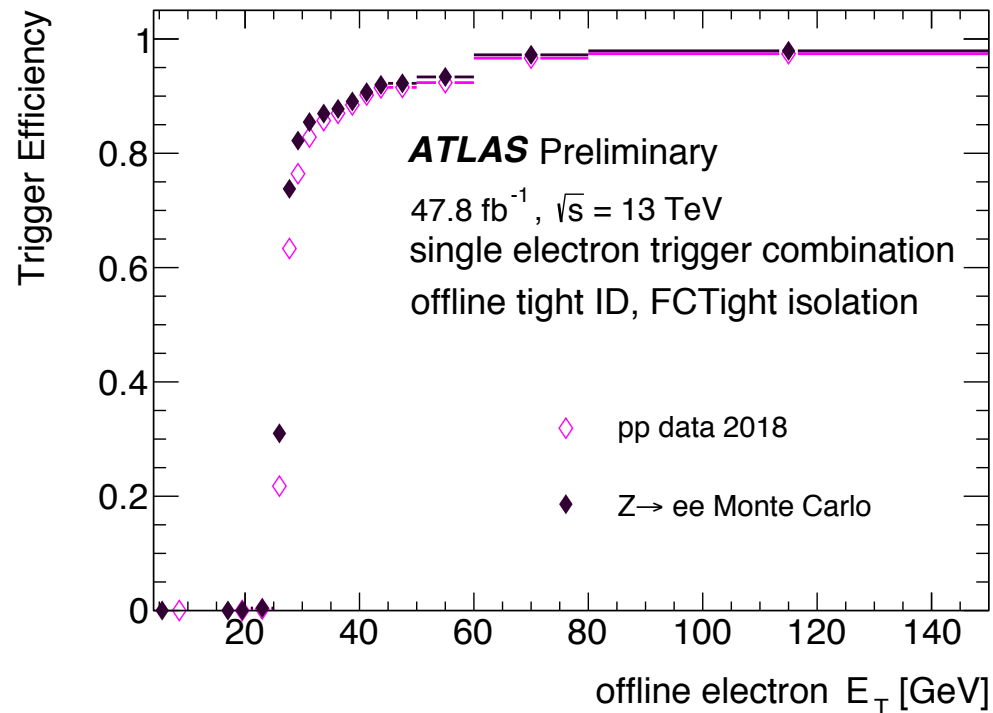




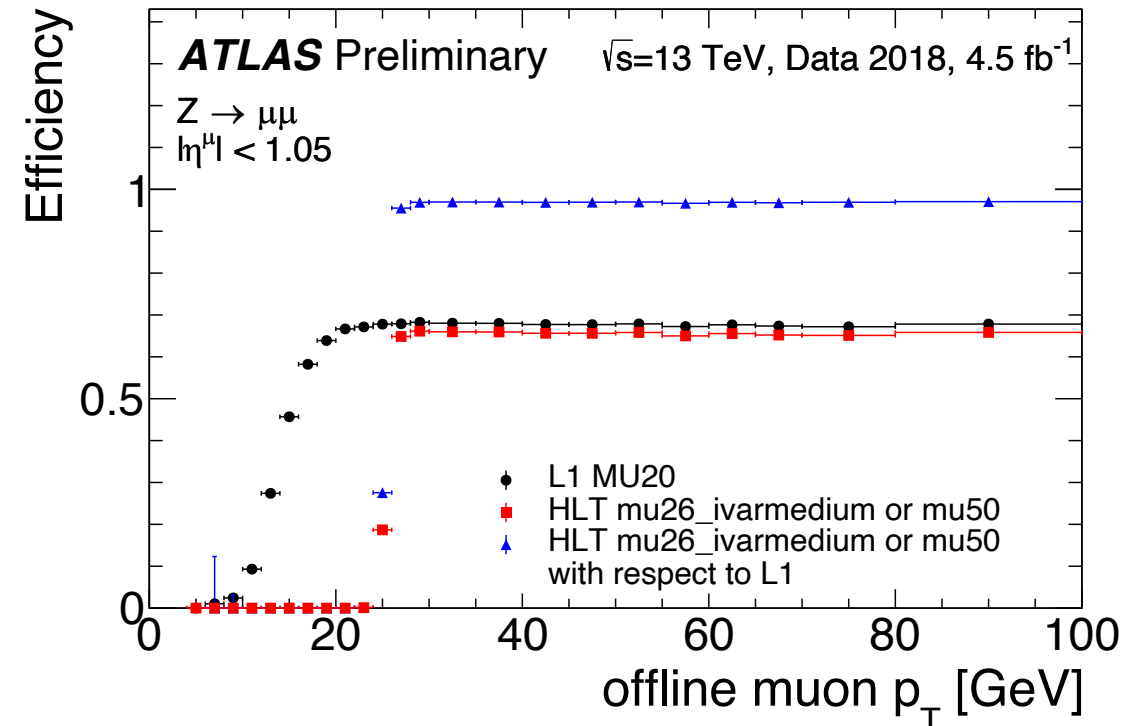
# Medida de la eficiencia de trigger

- Se mide la eficiencia de selección con el **método de Tag and Probe**:
  - Selecciona sucesos de desintegración de resonancias conocidas ( $Z \rightarrow ll$  y  $J/\psi \rightarrow ll$ ) con requisitos de selección estrictos para un leptón (“tag” o “marcador”) dejando el segundo leptón sin ningún sesgo (“probe” o “sonda”)
  - Solo los probes seleccionados se utilizan para las medidas (Eficiencia =  $N_{\text{pass probes}}/N_{\text{total probes}}$ ), después de sustraer el fondo de otros procesos

[Eur. Phys. J. C 80 \(2020\) 47](#)



[JINST 15 \(2020\) P09015](#)



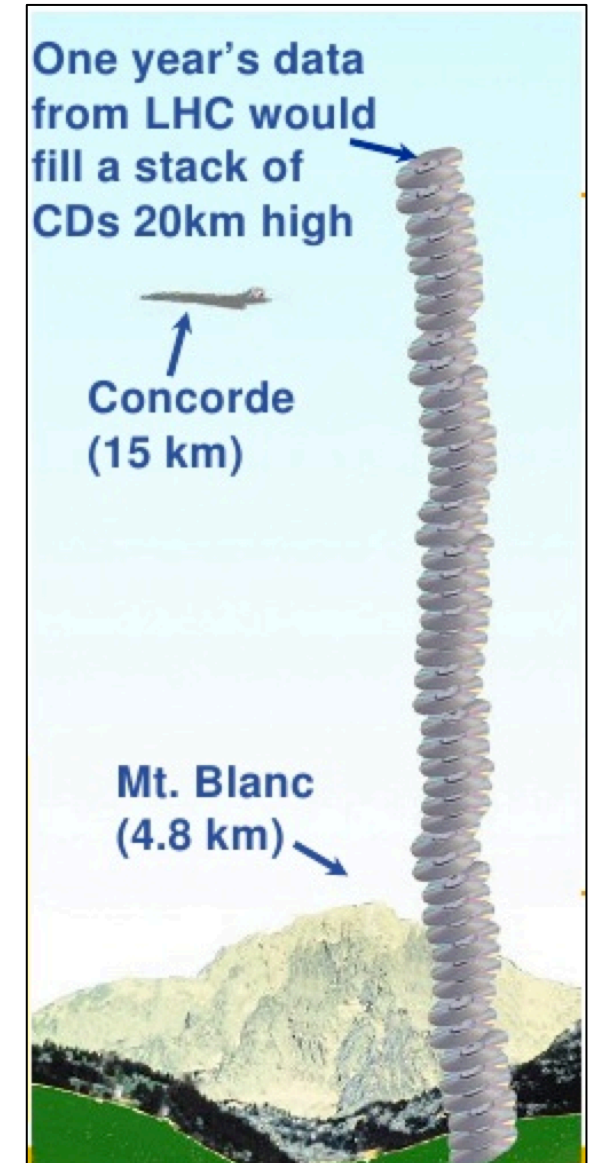
# Tratamiento y análisis de datos





# Tratamiento de datos

- Worldwide LHC Computing Grid:
  - Institutos por todo el mundo con clusters de ordenadores
  - Almacenamiento de datos distribuidos







## Andrea Negrini, ISOTDAQ 2020

```
00000004 00000001 0000c89c aa1234aa 00003227 0000001c 04000000 00793c29 00000001 00000000
00000000 50753e27 0ab16f70 00097a2b 00000000 00033dac 00000063 920117d5 00000aa8 00000081
00000018 00020000 40000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00020000
00000000 dd1234dd 0000002d 00000009 04000000 00210000 00000002 00000000 92011d7f 00000001
ee1234ee 00000009 03010000 00210000 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2003e766
2013e282 201490d2 9c122017 ef322018 9d562023 dfa22039 c2224000 2040aa82 2041c3a2 204282b3
20489082 2057efb2 205a8616 2063cce2 2066aee2 2068a0c2 20768ff7 99522077 de72207b d8224000
00000000 00000000 00000002 00000015 00000001 d04326b2 dd1234dd 0000002d 00000009 04000000
00210001 00000002 00000000 92011d80 00000001 ee1234ee 00000009 03010000 00210001 00033dac
920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2004af72 2010a3f2 20128ec2 2017c212 202083c2 9ec22025
c6c22026 a3022034 afb74000 20488602 2053c7c2 20548512 95829672 2063c2e2 e512ee02 20648fb2
2074a5e2 2075d5b2 207aa892 ad32207b ed72ee32 00000000 00000000 00000002 00000015 00000001
3de510d4 dd1234dd 00000031 00000009 04000000 00210002 00000002 00000000 92011d80 00000001
ee1234ee 00000009 03010000 00210002 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 20109ef2
2011ee42 efc22012 93222013 e2822014 97022017 e182201b e0222025 eaa22027 cab22028 80d3202a
84b22035 c5c2ccb2 2036ebc2 20389672 20508002 95a22051 d3172056 9ee22057 ef42205b cee2eca2
2060ad62 2061c4a2 2063ddb7 20649542 00000000 00000000 00000002 00000019 00000001 f631054a
dd1234dd 00000029 00000009 04000000 00210003 00000002 00000000 92011d80 00000001 ee1234ee
00000009 03010000 00210003 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2027d422 203088a2
2031d692 20369542 2037ed92 20409c92 ace22044 9a822046 a9e22047 d3422048 8fb2204a 8a12204b
e172205b c4872060 8f822065 ea222067 c3f24000 00000000 00000000 00000002 00000011 00000001
aeaa0e15 dd1234dd 00000039 00000009 04000000 00210004 00000002 00000000 92011d80 00000001
ee1234ee 00000009 03010000 00210004 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2006af12
2017eb47 201a8e76 2025e6d2 20268fa2 a292202b dff74000 2040a152 20469122 20529182 2060aea2
2061c4c2 d722d942 2063c5e2 2064a772 206aa152 206bc322 c7c22070 89d22072 8ad22073 c0b7800f
c187c1a7 c1f7c227 c287c2c7 c2e7c3a7 c3c7800f c3f7c417 c497c4d7 c547c5b7 c5e7c637 c657c677
c6b7c727 c767c7a7 00000000 00000000 00000002 00000021 00000001 a1feebf3 dd1234dd 0000002d
00000009 04000000 00210005 00000002 00000000 92011d80 00000001 ee1234ee 00000009 03010000
```



# RAW Data

## Andrea Negrini, ISOTDAQ 2020

|                   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Full Event Header | 00000004 | 00000001 | 0000c89c | aa1234aa | 00003227 | 0000001c | 04000000 | 00793c29 | 00000001 | 00000000 |
|                   | 00000000 | 50753e27 | 0ab16f70 | 00097a2b | 00000000 | 00033dac | 00000063 | 920117d5 | 00000aa8 | 00000081 |
|                   | 00000018 | 00020000 | 40000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00020000 |
| Full Event Size   | 00000000 | dd1234dd | 0000002d | 00000009 | 04000000 | 00210000 | 00000002 | 00000000 | 92011d7f | 00000001 |
|                   | ee1234ee | 00000009 | 03010000 | 00210000 | 00033dac | 920117d5 | 00000aa8 | 00000081 | 00000000 | 2003e766 |
|                   | 2013e282 | 201490d2 | 9c122017 | ef322018 | 9d562023 | dfa22039 | c2224000 | 2040aa82 | 2041c3a2 | 204282b3 |
| Header Size       | 20489082 | 2057efb2 | 205a8616 | 2063cce2 | 2066aee2 | 2068a0c2 | 20768ff7 | 99522077 | de72207b | d8224000 |
|                   | 00000000 | 00000000 | 00000002 | 00000015 | 00000001 | d04326b2 | dd1234dd | 0000002d | 00000009 | 04000000 |
|                   | 00210001 | 00000002 | 00000000 | 92011d80 | 00000001 | ee1234ee | 00000009 | 03010000 | 00210001 | 00033dac |
| Run Number        | 920117d5 | 00000aa8 | 00000081 | 00000000 | 2004af72 | 2010a3f2 | 20128ec2 | 2017c212 | 202083c2 | 9ec22025 |
|                   | c6c22026 | a3022034 | afb74000 | 20488602 | 2053c7c2 | 20548512 | 95829672 | 2063c2e2 | e512ee02 | 20648fb2 |
|                   | 2074a5e2 | 2075d5b2 | 207aa892 | ad32207b | ed72ee32 | 00000000 | 00000000 | 00000002 | 00000015 | 00000001 |
|                   | 3de510d4 | dd1234dd | 00000031 | 00000009 | 04000000 | 00210002 | 00000002 | 00000000 | 92011d80 | 00000001 |
|                   | ee1234ee | 00000009 | 03010000 | 00210002 | 00033dac | 920117d5 | 00000aa8 | 00000081 | 00000000 | 20109ef2 |
|                   | 2011ee42 | efc22012 | 93222013 | e2822014 | 97022017 | e182201b | e0222025 | ea222027 | cab22028 | 80d3202a |
|                   | 84b22035 | c5c2ccb2 | 2036ebc2 | 20389672 | 20508002 | 95a22051 | d3172056 | 9ee22057 | ef42205b | cee2eca2 |
|                   | 2060ad62 | 2061c4a2 | 2063ddb7 | 20649542 | 00000000 | 00000000 | 00000002 | 00000019 | 00000001 | f631054a |
|                   | dd1234dd | 00000029 | 00000009 | 04000000 | 00210003 | 00000002 | 00000000 | 92011d80 | 00000001 | ee1234ee |
|                   | 00000009 | 03010000 | 00210003 | 00033dac | 920117d5 | 00000aa8 | 00000081 | 00000000 | 2027d422 | 203088a2 |
|                   | 2031d692 | 20369542 | 2037ed92 | 20409c92 | ace22044 | 9a822046 | a9e22047 | d3422048 | 8fb2204a | 8a12204b |
|                   | e172205b | c4872060 | 8f822065 | ea222067 | c3f24000 | 00000000 | 00000000 | 00000002 | 00000011 | 00000001 |
|                   | aeaa0e15 | dd1234dd | 00000039 | 00000009 | 04000000 | 00210004 | 00000002 | 00000000 | 92011d80 | 00000001 |
|                   | ee1234ee | 00000009 | 03010000 | 00210004 | 00033dac | 920117d5 | 00000aa8 | 00000081 | 00000000 | 2006af12 |
|                   | 2017eb47 | 201a8e76 | 2025e6d2 | 20268fa2 | a292202b | dff74000 | 2040a152 | 20469122 | 20529182 | 2060aea2 |
|                   | 2061c4c2 | d722d942 | 2063c5e2 | 2064a772 | 206aa152 | 206bc322 | c7c22070 | 89d22072 | 8ad22073 | c0b7800f |
|                   | c187c1a7 | c1f7c227 | c287c2c7 | c2e7c3a7 | c3c7800f | c3f7c417 | c497c4d7 | c547c5b7 | c5e7c637 | c657c677 |
|                   | c6b7c727 | c767c7a7 | 00000000 | 00000000 | 00000002 | 00000021 | 00000001 | a1feebf3 | dd1234dd | 0000002d |
|                   | 00000009 | 04000000 | 00210005 | 00000002 | 00000000 | 92011d80 | 00000001 | ee1234ee | 00000009 | 03010000 |





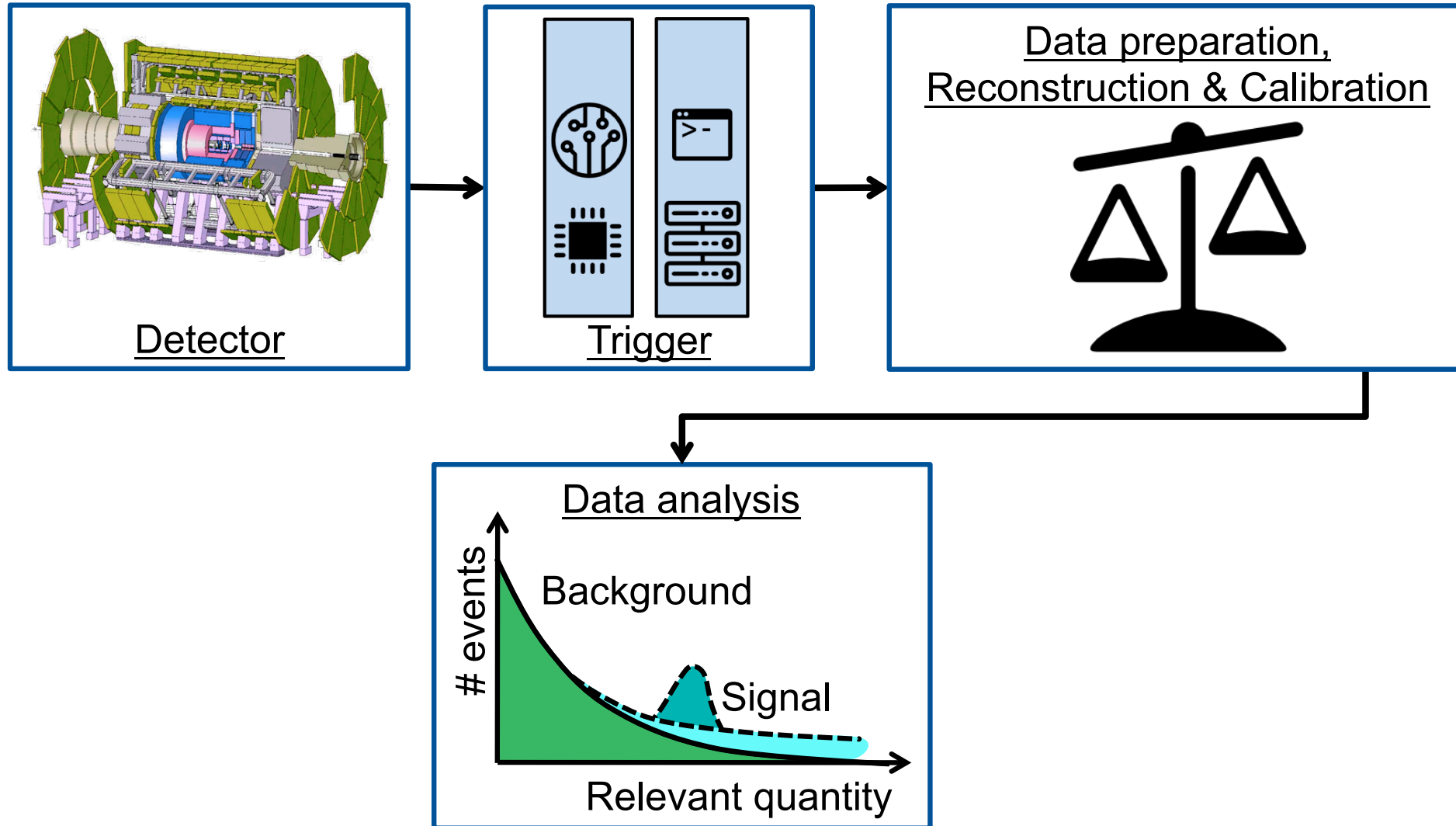
## Andrea Negrini, ISOTDAQ 2020

```
00000004 00000001 0000c89c aa1234aa 00003227 0000001c 04000000 00793c29 00000001 00000000
00000000 50753e27 0ab16f70 00097a2b 00000000 00033dac 00000063 920117d5 00000aa8 00000081
00000018 00020000 40000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00020000
00000000 dd1234dd 0000002d 00000009 04000000 00210000 00000002 00000000 92011d7f 00000001
ee1234ee 00000009 03010000 00210000 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2003e766
2013e282 201490d2 9c122017 ef322018 9d562023 dfa22039 c2224000 2040aa82 2041c3a2 204282b3
20489082 2057efb2 205a8616 2063cce2 2066aee2 2068a0c2 20768ff7 99522077 de72207b d8224000
00000000 00000000 00000002 00000015 00000001 d04326b2 dd1234dd 0000002d 00000009 04000000
00210001 00000002 00000000 92011d80 00000001 ee1234ee 00000009 03010000 00210001 00033dac
920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2004af72 2010a3f2 20128ec2 2017c212 202083c2 9ec22025
c6c22026 a3022034 afb74000 20488602 2053c7c2 20548512 95829672 2063c2e2 e512ee02 20648fb2
2074a5e2 2075d5b2 207aa892 ad32207b ed72ee32 00000000 00000000 00000002 00000015 00000001
3de510d4 dd1234dd 00000031 00000009 04000000 00210002 00000002 00000000 92011d80 00000001
ee1234ee 00000009 03010000 00210002 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 20109ef2
2011ee42 efc22012 93222013 e2822014 97022017 e182201b e0222025 eaa22027 cab22028 80d3202a
84b22035 c5c2ccb2 2036ebc2 20389672 20508002 95a22051 d3172056 9ee22057 ef42205b cee2eca2
2060ad62 2061c4a2 2063ddb7 20649542 00000000 00000000 00000002 00000019 00000001 f631054a
dd1234dd 00000029 00000009 04000000 00210003 00000002 00000000 92011d80 00000001 ee1234ee
00000009 03010000 00210003 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2027d422 203088a2
2031d692 20369542 2037ed92 20409c92 ace22044 9a822046 a9e22047 d3422048 8fb2204a 8a12204b
e172205b c4872060 8f822065 ea222067 c3f24000 00000000 00000000 00000002 00000011 00000001
aeaa0e15 dd1234dd 00000039 00000009 04000000 00210004 00000002 00000000 92011d80 00000001
ee1234ee 00000009 03010000 00210004 00033dac 920117d5 00000aa8 00000081 00000000 2006af12
2017eb47 201a8e76 2025e6d2 20268fa2 a292202b dff74000 2040a152 20469122 20529182 2060aea2
2061c4c2 d722d942 2063c5e2 2064a772 206aa152 206bc322 c7c22070 89d22072 8ad22073 c0b7800f
c187c1a7 c1f7c227 c287c2c7 c2e7c3a7 c3c7800f c3f7c417 c497c4d7 c547c5b7 c5e7c637 c657c677
c6b7c727 c767c7a7 00000000 00000000 00000002 00000021 00000001 a1feebf3 dd1234dd 0000002d
00000009 04000000 00210005 00000002 00000000 92011d80 00000001 ee1234ee 00000009 03010000
```





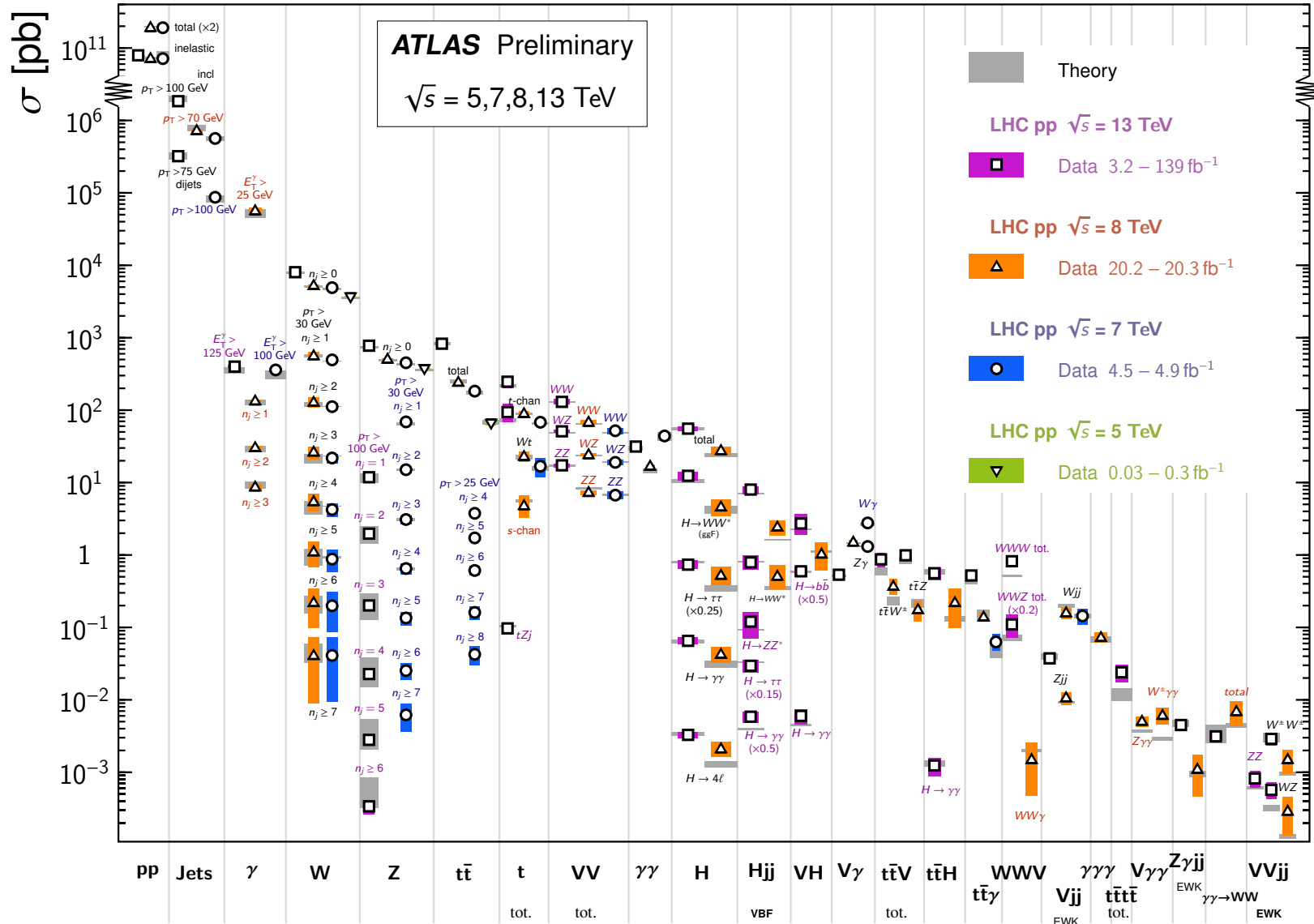
Anna Sfyra, Summer Student Lectures, 2018





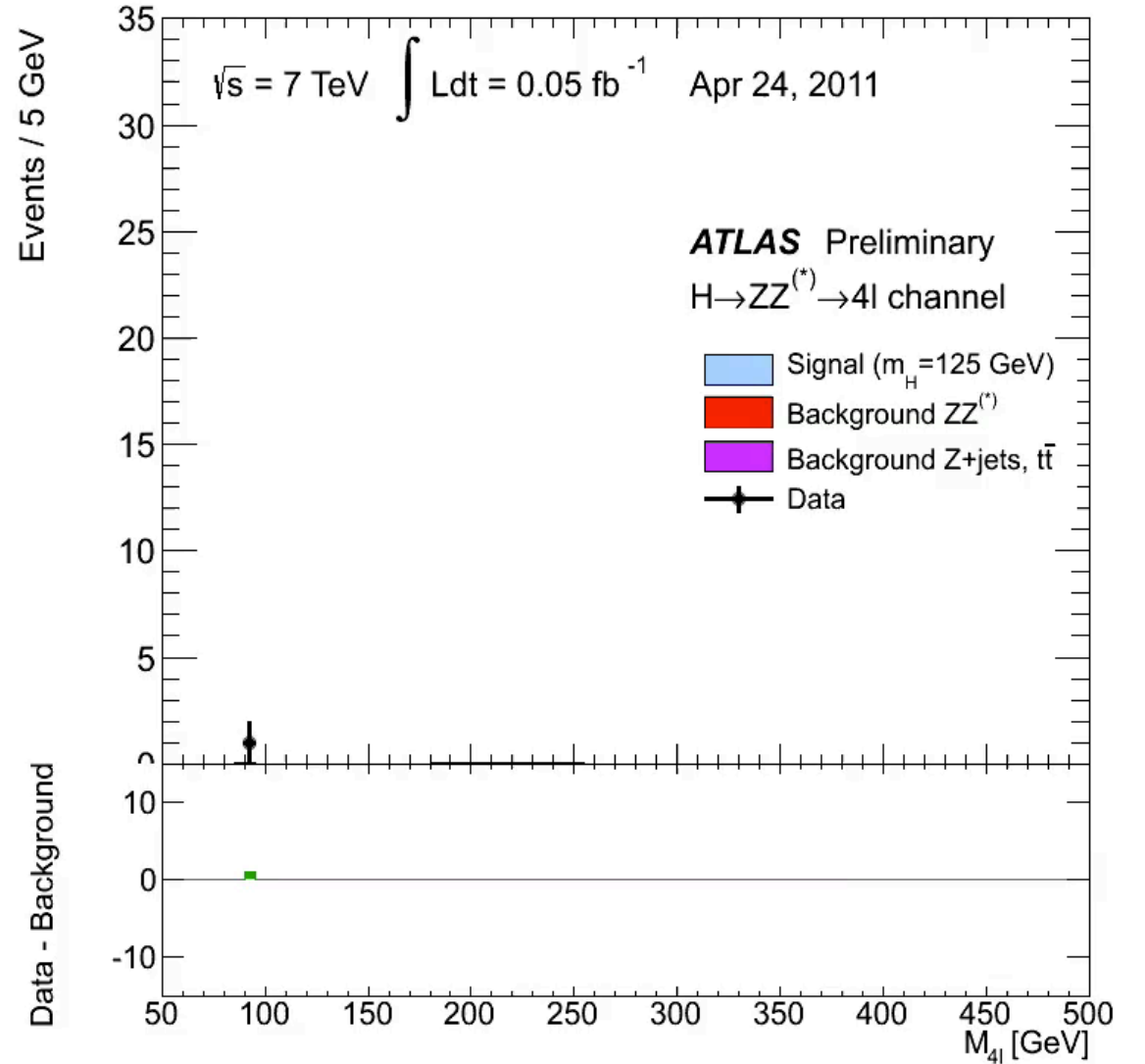
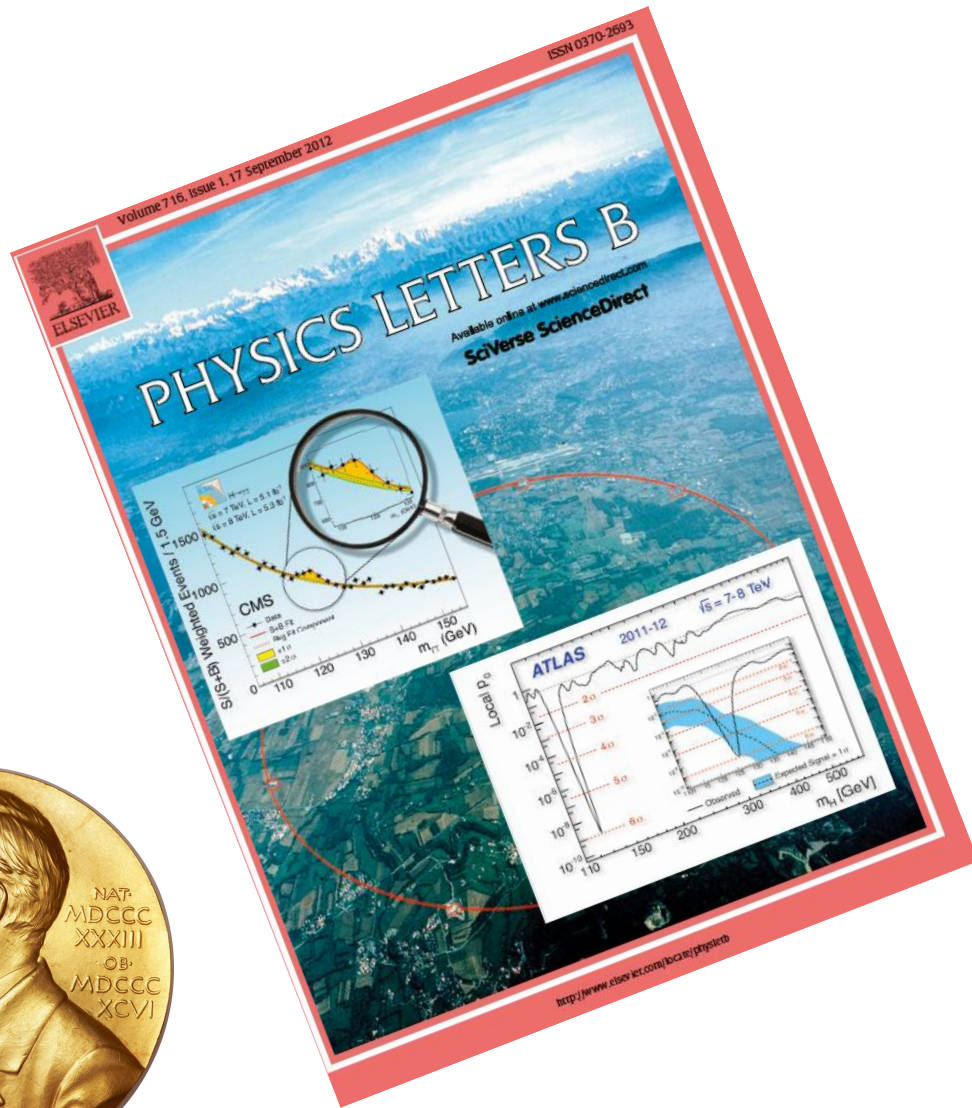
## Standard Model Production Cross Section Measurements

Status: February 2022





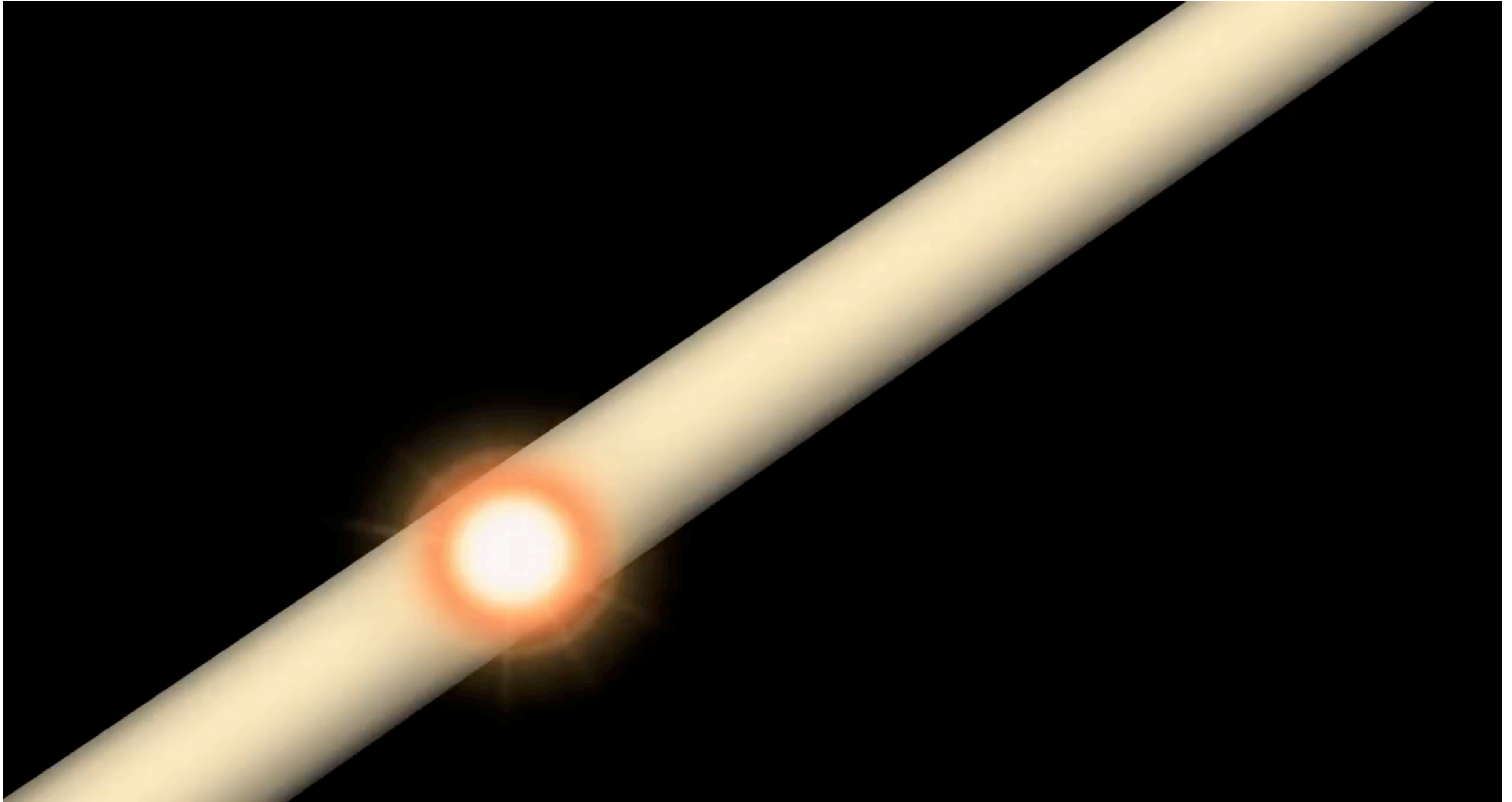
# Análisis de datos







Preparados, listos, ya!





<http://laconga.redclara.net>



[contacto@laconga.redclara.net](mailto:contacto@laconga.redclara.net)



lacongaphysics



Latin American alliance for  
Capacity buildiNG in Advanced physics

**LA-CoNGA physics**



Cofinanciado por el  
programa Erasmus+  
de la Unión Europea

El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.