

Contribución del CIEMAT a la electrónica, operación del detector y sus actualizaciones

C. F. Bedoya, I. Redondo, S. Goy et al.



LA ELECTRÓNICA LEGACY DE DTs (~2000 - 2005)

CIEMAT construía el primer y segundo nivel de Readout

Padova y Bologna
(y UAM, J. Troconiz)
hacían el Trigger

El sistema de adquisición de datos de las cámaras de deriva de CMS

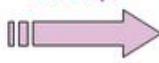
250 Minicrates



1500 ROB



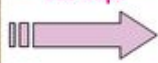
Enlace ROB-ROB
30 m cobre
240 Mbps



60 ROS

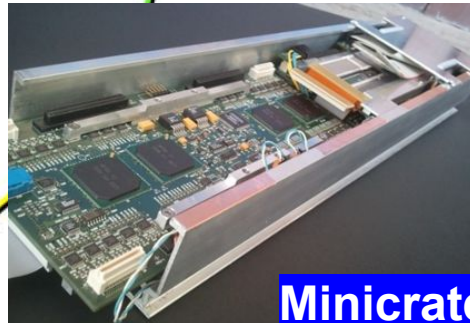


Enlace ROS-DBU
75 m fibra óptica
800 Mbps

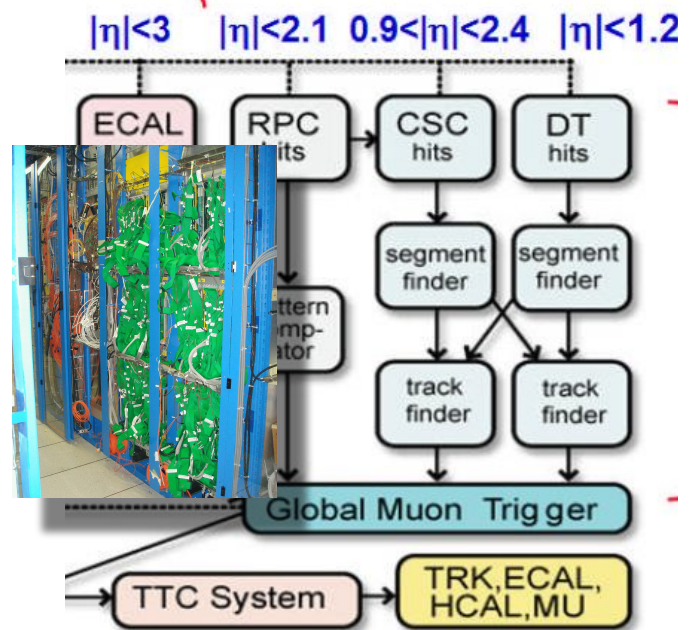


10 SC crate + 10 TIM

**Tecnologías novedosas
en los 2000s: ASICs,
FPGAs, fibra óptica...**



Minicrate



Padova también hacía el FEB, HV y LV

Departamento de Tecnología + Dep. Investigación Básica



Carlos Willmott, C. F. Bedoya, Jesús Marín, David Francia, José Manuel Cella, Javier Sastre, Antonio Pardillo, Sergio Cuadrado, J. C. Oller, Juanjo, Luis Galicia, Luis Amigo, Ignacio Carballo...

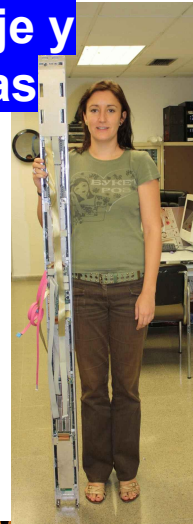


"Taller General"



**2.5 años de
montaje y
pruebas**

**Prototipos,
pruebas...**



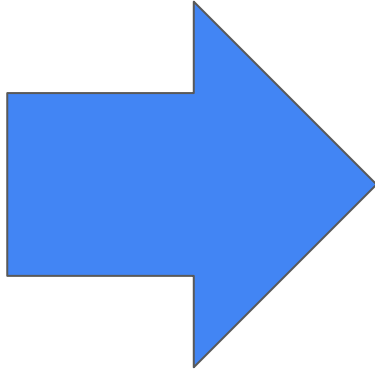
Test beams



**Juanjo
Martínez**

Juan José Martínez Morales

INSTALACIÓN DE DTs en CMS (~2004-2008)



Dpto. de Tecnología, Taller General, Inv. Básica

INSTALACIÓN DE DTs en CMS

Nacho Carballo

Luis Amigo

Gaspar López



David Francia

Gaspar López



Una de las varias pesadillas...



José Alarcón



Jorge Molina



DT: Dream Team



INTERVENCIONES en el pozo

Reparaciones en Year
End Technical Stops

Cristina
F. Bedoya



Ignacio
Redondo



Josemi



Jesús
Puerta

Spider
box



Monster
events



Fretting?



- Actividades de intervención en todos los Technical Stops y Shutdowns...
- Desde el comienzo de colisiones en 2009, garantizamos 24/7 la operación de DT RO o Expertos del sistema
- + Guardias presenciales “online” ⇒ DT DOCs



Pánicos: monster events, fretting LV connectors, HV modules fallando, TRBs fallando, etc

2008-2010

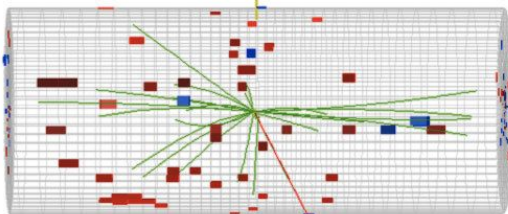
2009: primeras colisiones en el LHC





CMS Experiment at LHC, CERN
Run 133875, Event 1228182
Lumi section: 16
Sat Apr 24 2010, 09:08:46 CEST

Muon $p_T = 38.7 \text{ GeV}/c$
 $ME_T = 37.9 \text{ GeV}$
 $M_T = 75.3 \text{ GeV}/c^2$



Buen
acuerdo
simulación-datos

Primer run de física en 2010

Run 1 (2010–2012): 7 a 8 TeV en el centro de masas,
 $7.7 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (50 ns entre bunch crossings) , pileup ~ 20

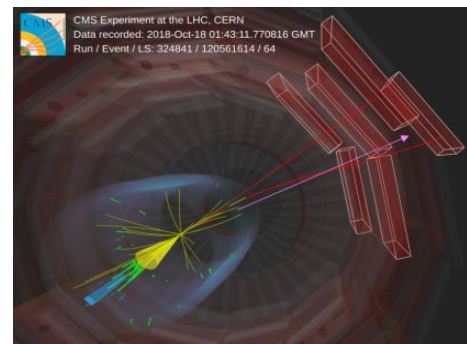


CIEMAT: diez años supervisando los muones de CMS

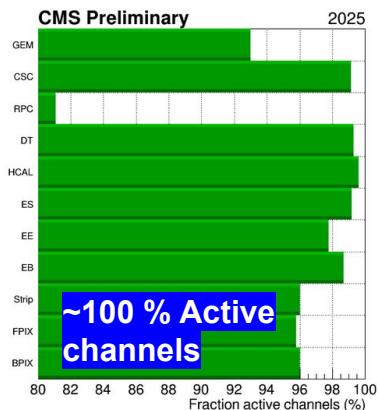
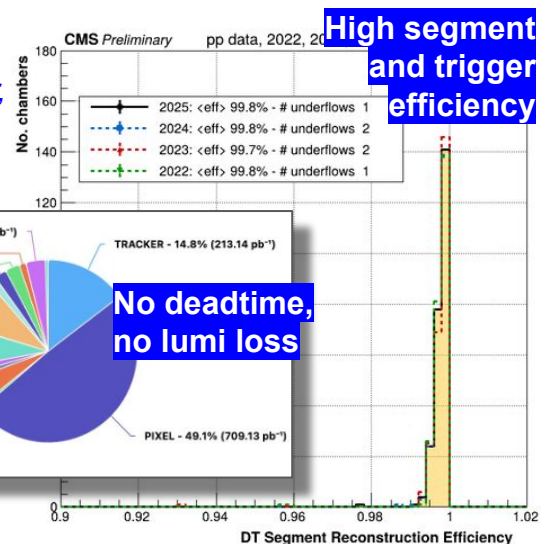
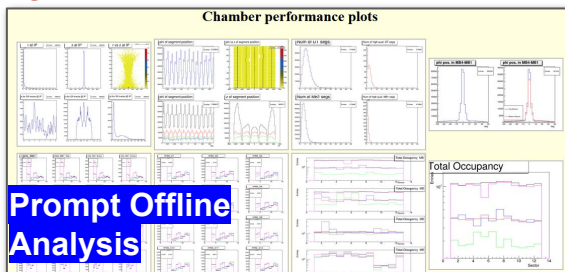
El detector de las cámaras de deriva ha sido uno de los detectores más estables durante todo el LHC.

Gracias en mucha medida al CIEMAT:

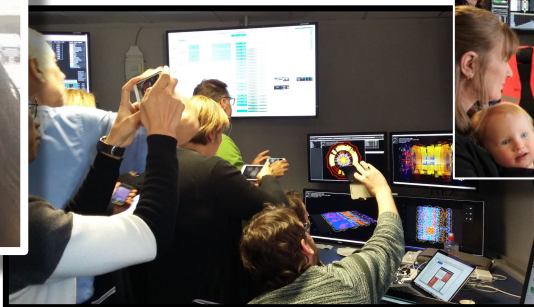
M. C. Fouz, I. Josa, B. de la Cruz, C. Battilana, M. Soares, O. González, S. Goy, J. Alcaraz, D. Moran, C. Carrillo, C. Villanueva, E. Navarro, D. Dominguez, C. Diez, M. Aldaya, S. Sánchez, M. Barrio, A. Fdez, O. Manzanilla, E. Sánchez, M. Alcalde, D. Fdez del Val, C. García, J. Santaolalla, J.P Fernández, L. Urda, I. Bachiller, P. Garcia, etc



Operación, POA, calibraciones, sincronizaciones del sistema, unpackers, estudios de pretrigger, background, etc



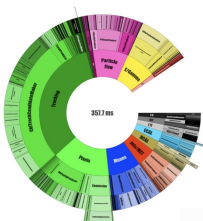
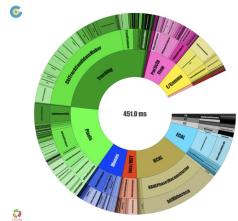
CMS Run Coordination, DPG y HLT (from 2011 to 2024)



Maria Chamizo: Run Coord. 2011-12

Silvia Goy: RUN2, RUN3; Run Coord. DPG, HLT (x2)....

GPUs!

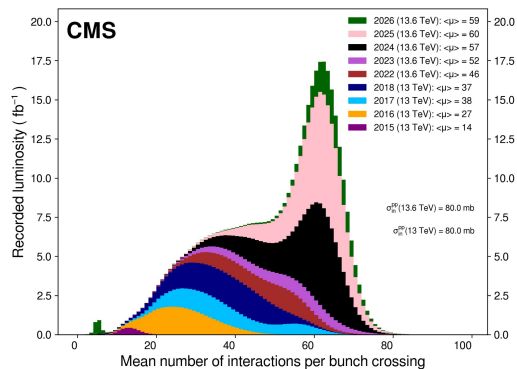


Using the GPU to accelerate:

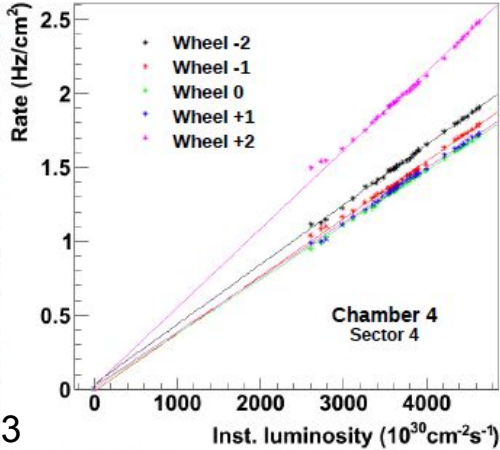
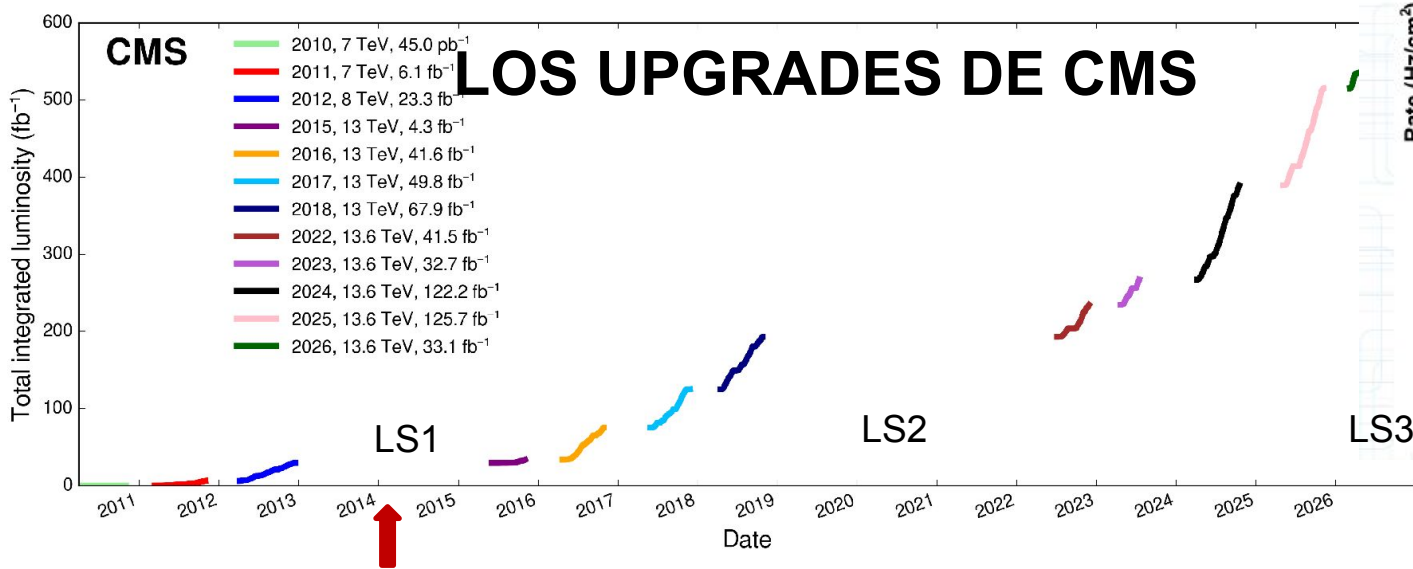
- pixel local reconstruction, track and vertex reconstruction
- HCAL local reco (MAH)
- ECAL unpacking and local reconstruction (multifit)

reduces the CPU usage by 21%, increasing the throughput by 26%.

In order to study a possible evolution for the HLT farm, heterogeneous computing was introduced!

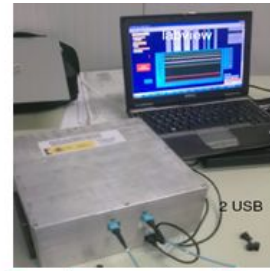
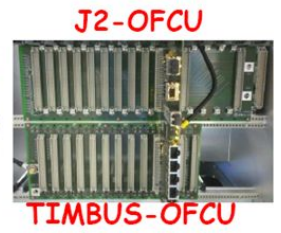


- Problems with the magnet (2015),
- Trigger upgrade 2016,
- new pixel,
- Lumi levelling,
- higher lumi and pile up: pushing the limits (scouting, parking, etc)



Mar Barrio
backgrounds en LHC

1. Sector Collector relocation



LOS UPGRADES DE CMS: PHASE 1 (2015 a 2018)

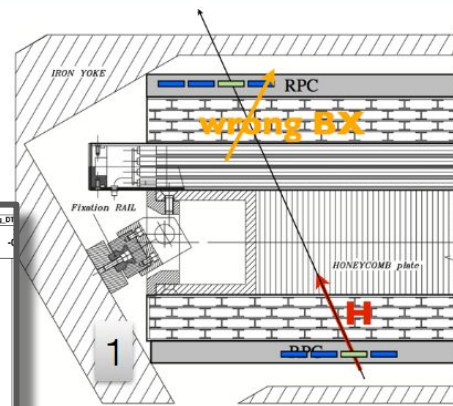
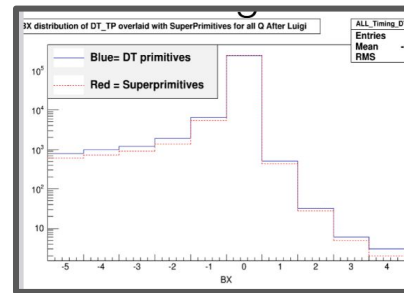


Phase 1 CMS DT
Trigger: TWINMUX

Phase 1 CMS DT Readout : uROS



DT+RPC Superprimitives



C. Battilana, D. Moran, O. Manzanilla, D. Blanco, B. de la Cruz, O. Glez

The fear of pre-trigger (2017)

- Un déficit de muones de alto pt en el barrel disparó una alarma de pre-trigger en DTs
- Desde entonces, lo monitorizamos cuidadosamente

HL-LHC y el asunto de la longevidad de las cámaras

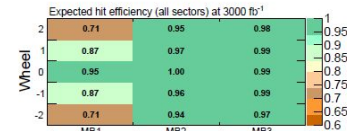
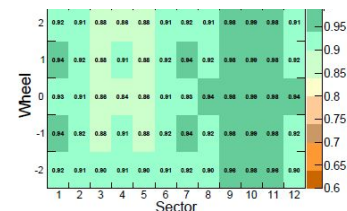
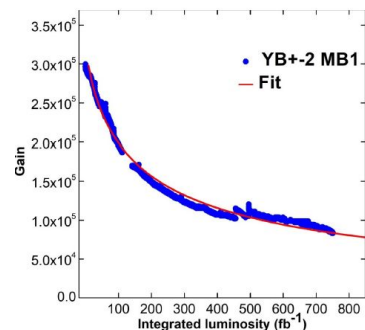
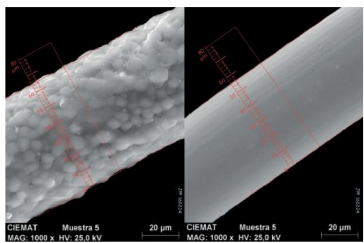
Las cámaras se habían diseñado para 10 años y las condiciones de LHC, funcionarán en HL-LHC?

- 10 años de estudios de radiación en GIF++ [2015,2025] : “Si, pero”

□ Tesis David Redondo

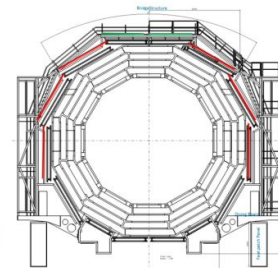
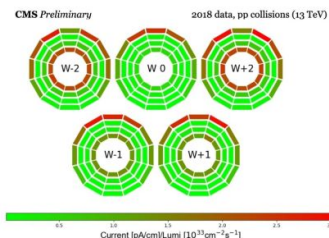
!SPOILER!

Las DTs aguantarán HL-LHC!



□ Consolidación de DT para preservar cámaras

- Open loop, re-comisionar a bajo HV y...**apantallar**



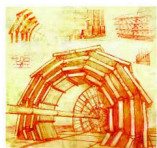
Long Shutdown 2 (2018-2020) Shielding: un tejado para la radiación



Un esfuerzo crítico del CIEMAT: el desarrollo y construcción del blindaje necesario para garantizar el correcto funcionamiento de las DT en el HL-LHC.



Enrique Calvo, Ignacio Redondo, Victor Salto, Ivan Martín, David Redondo, David Francia, Yañez, Álvaro Navarro, etc
Un “tejadillo” de 40 Ton de apantallamiento sobre el barril de CMS



The Phase-2 Upgrade of the CMS Muon Detectors
TECHNICAL DESIGN REPORT

EL UPGRADE DE PHASE 2: HL-LHC

2018-2026

x10 LUMI
PILEUP
RADIACIÓN, etc

Nuevas responsabilidades en DTs: OBDT-theta:
Tarjeta de mucha más alta integración: reviewer de
JINST no se creía lo que habíamos hecho...



Náyade del CIEMAT
(gracias!)



Unidad de fabricación
y apoyo a i+D
(gracias!)



INTEGRACION
EN CMS

- Ya no se filtran los datos, se leen todos a mucha más alta velocidad y con mucha mayor integración
- Firmware de alta complejidad, tolerante a radiación, protocolos de alta velocidad. Mano a mano Álvaro y Javier.

+Andrea Triossi, D.
Francia, J.J. Martínez
Morales, C. Díaz Ginzo,
M. Polo, Y. Bethancourt,
J. Romero, J. Brochero,
J. Mora, etc

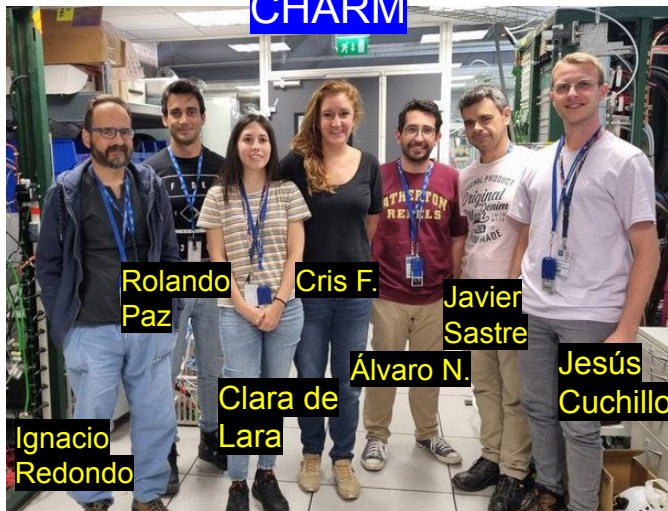
Creación de un mini-CMS con el slice test. Importante despliegue de infraestructura basada en uTCA.

Largos años de esfuerzo de todo el grupo para asegurar que todo iba a funcionar en HL-LHC



Oscar
González

CHARM



Rolando
Paz

Cris F.

Javier
Sastre

Álvaro N.

Jesús
Cuchillo

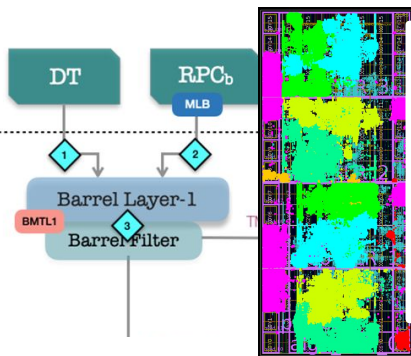
Clara de
Lara

Ignacio
Redondo

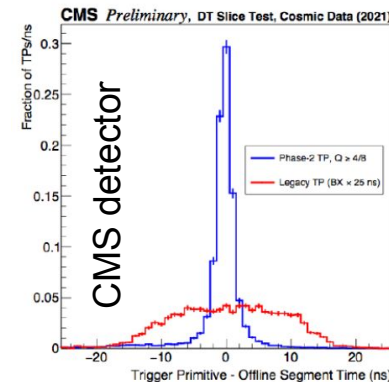
El TRIGGER de muones para HL-LHC

2016-Hoy

- De cara a HL-LHC, hicimos una propuesta de una implementación del algoritmo de DTs capaz de funcionar en FPGAs (**ANALYTICAL METHOD**). Contrincante: Hough Transform de Padova.
- Tras muchos estudios y esfuerzos, quedó claro que nuestra implementación conseguía resoluciones ~offline (**S. Goy, Jaime León, I. Bachiller, Jorge Troconiz**) y ocupaciones de firmware de FPGA mucho más pequeñas (**J. M. Cela, A. Navarro**)
- 2017: decidimos unirnos oficialmente al proyecto del TRIGGER de CMS (con importantes cargos de responsabilidad).



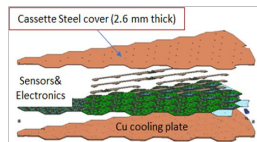
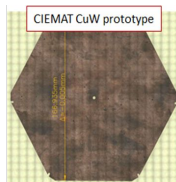
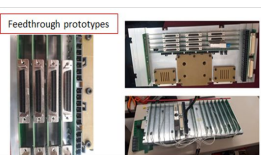
A día de hoy, es un esfuerzo colaborativo CIEMAT que nos ha posicionado muy favorablemente:
C. Martín, C. Carrillo, M. Cepeda, D. Moran, J. Llorente, E. Sánchez, C. García, etc



HGCAL

2023-Hoy

De cara a HL-LHC, también hemos participado en la fabricación de partes de HGCAL (electrónica y mecánica)
I. Redondo, C. F. Bedoya, E. Calvo, J. Cuchillo, S. Cuadrado, D. Redondo, R. Paz, A. Canto, C. Blanco, etc



PRODUCCIÓN DE LOS MINICRATES e INSTALACIÓN EN CMS

2021-2026

- Gestion I
- Por fin en agosto 2026 hemos comenzado la instalación final de la electronica on-detector en CMS
- Comienza la cuenta atrás para

Proyecto PID2020-112620GB-C42 financiado por:
INSTITUTO DE CIENCIAS FÍSICAS

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Funded by the European Union
NextGenerationEU



Miguel Pérez

Javier Romero



David Redondo

Rolando Paz



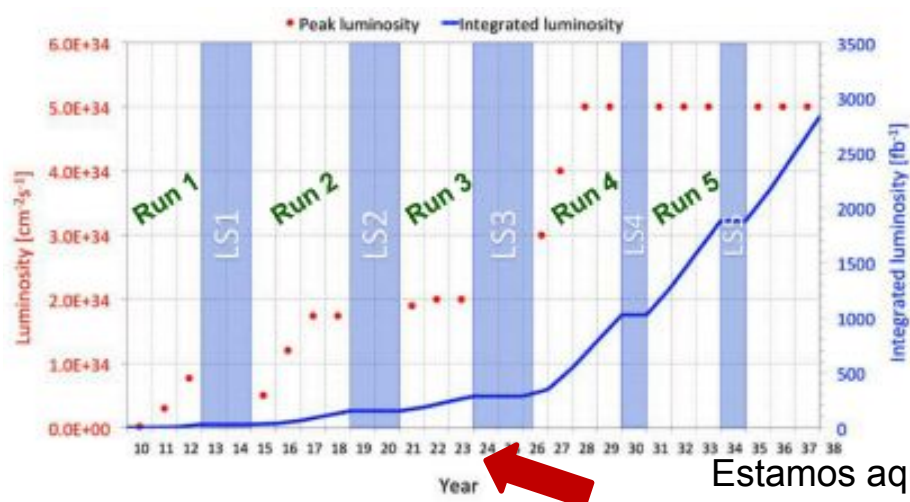
MiC2



CERN
904 DT lab

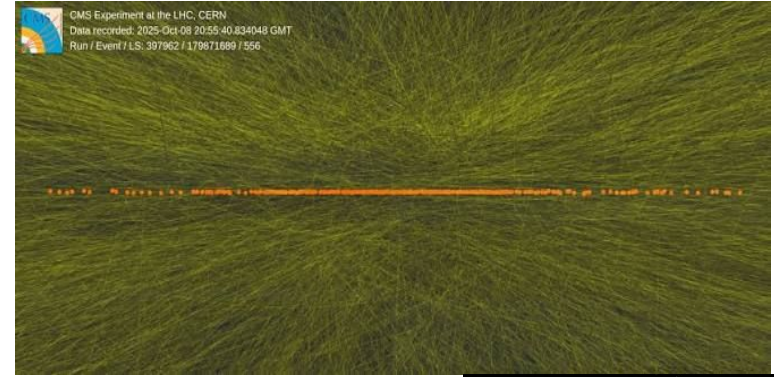


Said Boutachkout

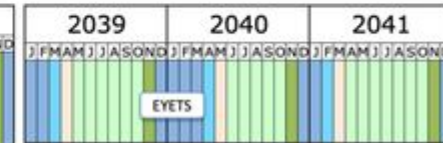
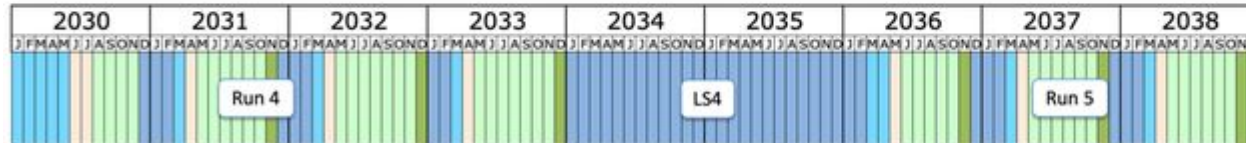


Estamos aquí,
al comienzo de LS3

**Comienza la cuenta atrás
para HL-LHC en 2030!**
⇒ A new beginning!



Shutdown/Technical stop
Protons physics
Ions
Commissioning with beam
Hardware commissioning



FIN