



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Educació, Cultura,
Universitats i Empreu

GVANEXT
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana



PLAN COMPLEMENTARIO



ASTROFÍSICA Y FÍSICA
DE ALTAS ENERGÍAS



LÍNEAS 1-5 Instrumentación para Física de Partículas, Nuclear, aplicaciones y búsqueda de Materia Oscura

Luca Fiorini y Gabriela Llosá

Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV)

**Paterna, 02 de diciembre
de 2025**



UNIVERSITAT
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÉCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Línea 1: Desarrollo de instrumentación de vanguardia para futuros experimentos de Física de Partículas y Nuclear

Constituyentes de la materia e interacciones fundamentales

LEPTONES

Carga eléctrica

Tau -1 0 Neutrino Tauónico

Muón -1 0 Neutrino Muónico

Electrón -1 0 Neutrino Electrónico

FUERTE

Glúones (8)

Quarks

Mesones Bariones

Núcleo

ELECTROMAGNÉTICA

Fotón

Átomos Luz Elementos químicos

QUARKS

Carga eléctrica

Bottom -1/3 2/3 Top

Strange -1/3 2/3 Charm

Down -1/3 2/3 Up

Cada quark: $\bar{u} \bar{d} \bar{s} \bar{c} \bar{b}$

GRAVITATORIA

Gravitón (?)

Sistema solar Galaxias Agujeros Negros

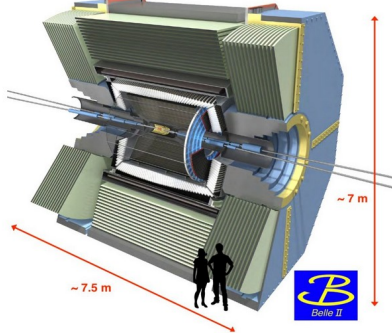
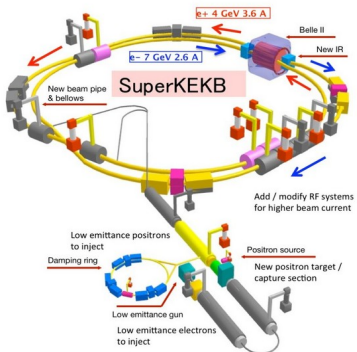
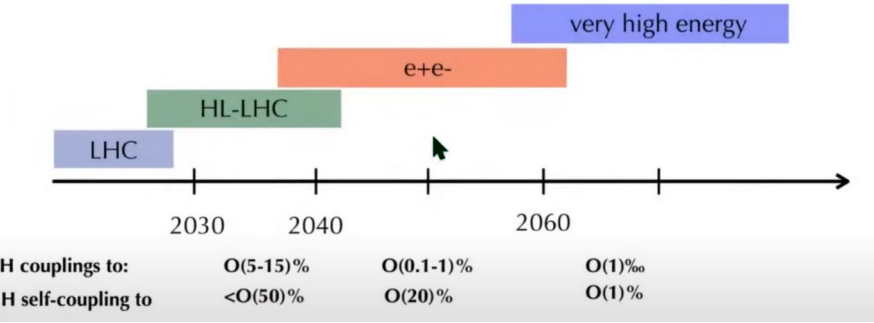
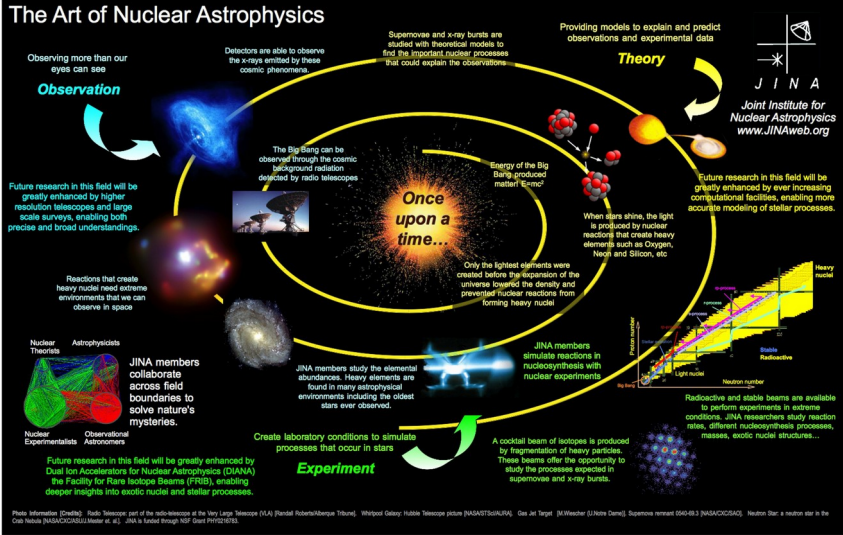
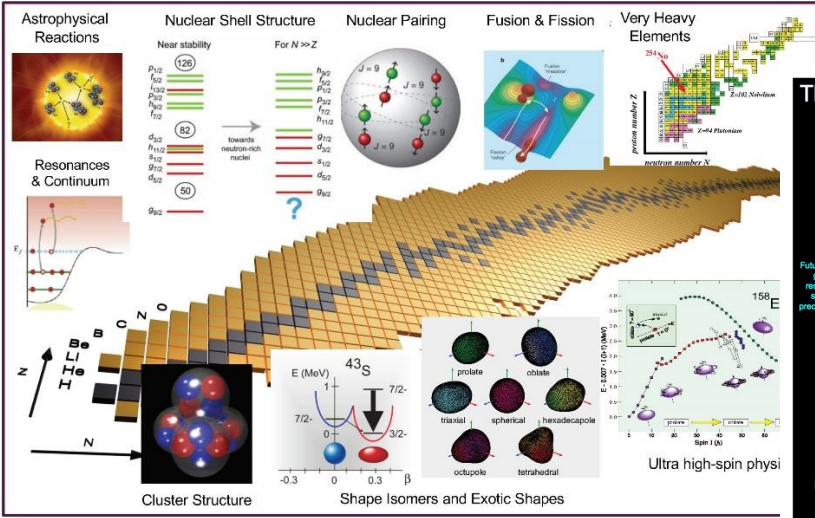
DÉBIL

Bosones W y Z

Desintegración del neutrón Radiactividad β Interacción de los neutrones Procesos solares

Necesitamos:

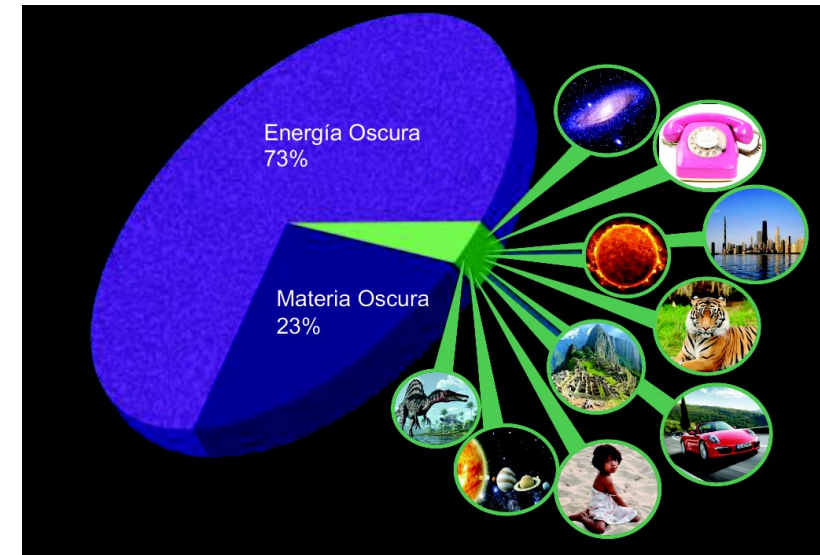
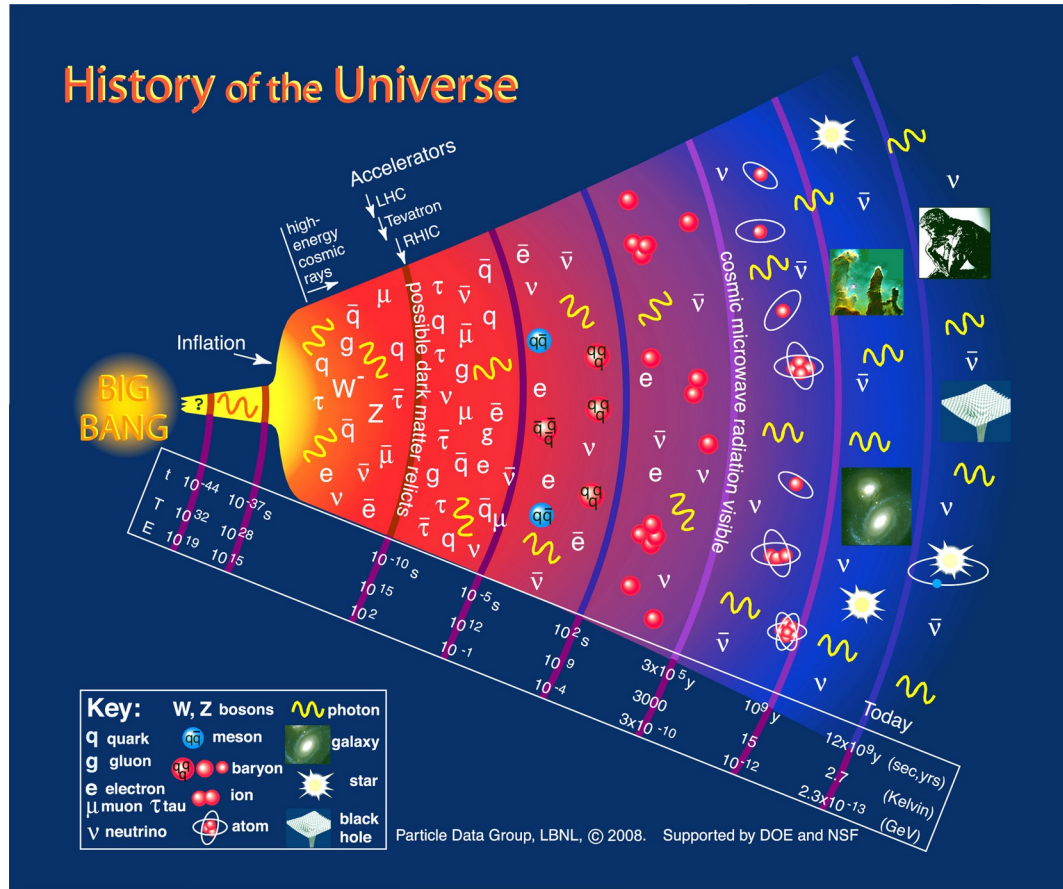
- Suficiente energía para
- Suficiente intensidad (si



Objetivos:

- Operaciones de los detectores y GRID del LHC, análisis de los datos del LHC.
- Contribución a las mejoras de los experimentos ATLAS y LHCb para el High-Luminosity LHC y de Belle II en SuperKEKB.
- Desarrollo de los detectores y aceleradores para los futuros grandes experimentos de partículas más allá del LHC.
- Detectores para experimentos de Astrofísica Nuclear.
- Aplicaciones de la tecnología desarrollada a la Física Médica.

Línea 5: Búsquedas directas de materia oscura.



- **Origen de las partículas:** expansión y enfriamiento del Universo, podemos recrear las condiciones del Universo primordial con los grandes aceleradores de partículas.
- **Materia Oscura:** a diferencia de la materia ordinaria, sólo detectamos su fuerza gravitatoria, explicación más plausible de las observaciones cosmológicas y galácticas.

Objetivo: Detección directa de candidatos de Materia Oscura en un amplio rango de masas, desde el axión de μeV al WIMP de 100 GeV.

- **Axión:** acciones enmarcadas en la colaboración internacional IAXO, construcción del experimento BabyIAXO de búsqueda de axiones solares.
- **WIMPs:** acciones enmarcadas en varios experimentos con tecnologías complementarias para cubrir distintos rangos de masas, ANAIS, DAMIC-M, TREX-DM.

Proyectos

CODIGO EXPEDIENTE CODI EXPEDIENT	Acrónimo	IP1/IP2	Titulo	ENTIDAD
ASFAE/2022/006	ATLASCOMP-IFIC	VILLAPLANA PÉREZ, MIGUEL TORRÓ PASTOR, EMMA	Computación Avanzada para el procesado intensivo de Big Data en ATLAS.	UV
ASFAE/2022/007	ITK-IFIC	ESCOBAR IBAÑEZ, CARLOS GARCÍA GARCÍA, CARMEN	Detector de trazas de ATLAS para el HL-LHC	CSIC
ASFAE/2022/008	TILEVAL	FIORINI, LUCA RUIZ MARTÍNEZ, ARÁNZASU	Electrónica del Tile Calorimeter y Exploración del Programa de Física	UV
ASFAE/2022/010	ATLAS-RUN3-HIGGS-TOP	POVEDA TORRES, JOAQUÍN MORENO LLACER, MARÍA	Operación del experimento ATLAS durante el Run 3 del LHC y explotación de sus datos para el estudio del bosón de Higgs y el quark top.	UV
ASFAE/2022/013	MONACAX	ESPERANTE PEREIRA, DANIEL FUSTER MARTÍNEZ, NURIA	Tecnologías de RF para monitores de haz en aceleradores y para detectores de axiones de materia oscura.	UV
ASFAE/2022/015	Si4HiggsFactories	IRLES QUILES, ADRIAN VOS, MARCEL ANDRÉ	Desarrollo y construcción de un demostrador de un detector de alta granularidad basado en tecnologías de silicio para futura Fábricas de Higgs y Top.	CSIC
ASFAE/2022/016	MOSES	MARIÑAS PARDO, CARLOS MANUEL MOLINA BUENO, LAURA	Sensores Monolíticos para búsqueda de Nueva Física	CSIC
ASFAE/2022/019	ICOR	LLOSÁ LLÁCER, GABRIELA TORRES ESPALLARDO, IRENE	Imagen Compton para terapia con radionúclidos	CSIC
ASFAE/2022/020	GRAMOLA	RAMOS MARTÍNEZ, ALBERTO MENA, OLGA	Ondas GRavitacionales, Axiones y Materia Oscura, Lattice e Inteligencia Artificial	CSIC
ASFAE/2022/027	DETCoM	ALGORA, ALEJANDRO BALIBREA CORREA, JAVIER	Detectores complementarios modulares de nueva generación	CSIC
ASFAE/2022/030	LHCb-UPGRADE	MARTÍNEZ VIDAL, FERNÁNDO OYANGUREN CAMPOS, M ^a ARANZASU	Retos tecnológicos para el descubrimiento con el detector LHCb mejorado del CERN	UV
ASFAE/2022/031	GRIT	GADEA RAGA, ANDRÉS GONZÁLEZ MILLÁN, VICENTE	Instrumentación avanzada para la experimentación con grit y agata	CSIC

Las líneas 1 y 5 incluyen 12 proyectos que se desarrollan en el IFIC.

7 proyectos CSIC, 5 Universitat de València

LHC: El gran colisionador de hadrones del CERN

- Operaciones de los **detectores** y **GRID** del LHC, **análisis** de los datos del LHC.
- Contribución a las mejoras de los experimentos **ATLAS** y **LHCb** para el High-Luminosity LHC.

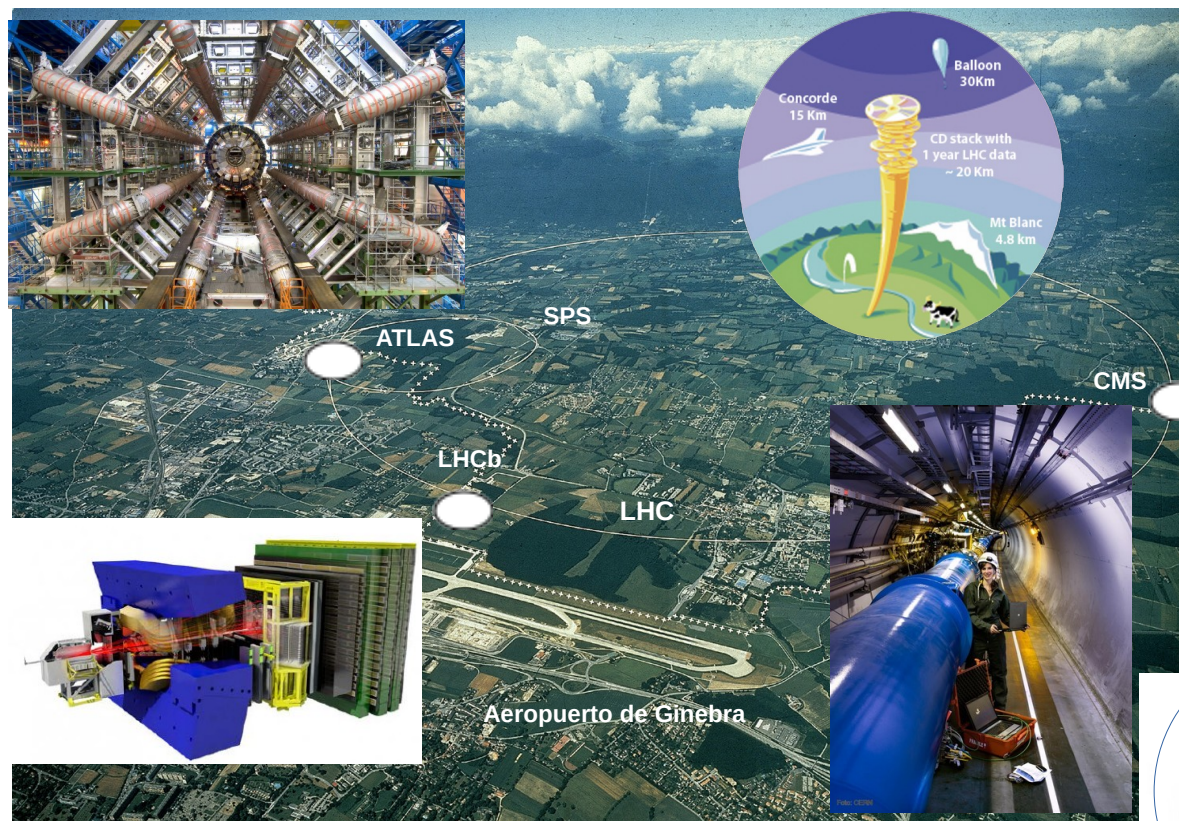
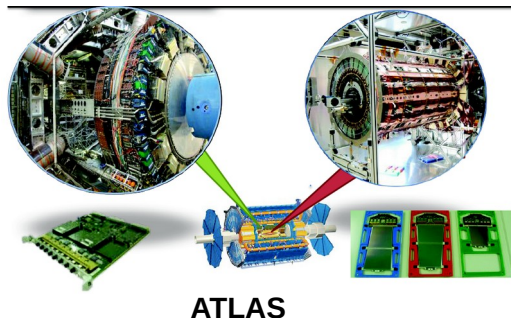
LHC: acelerador de 27 km, a 100 metros bajo tierra. Colisiones de protones.

ATLAS: Detector de mayor tamaño del LHC. Descubrió, junto a CMS, el bosón de Higgs.

- Actualmente está midiendo con gran precisión las propiedades de las partículas fundamentales y buscando nuevas partículas y fenómenos fundamentales que puedan explicar nuestro Universo.
- High Luminosity LHC en 2030.

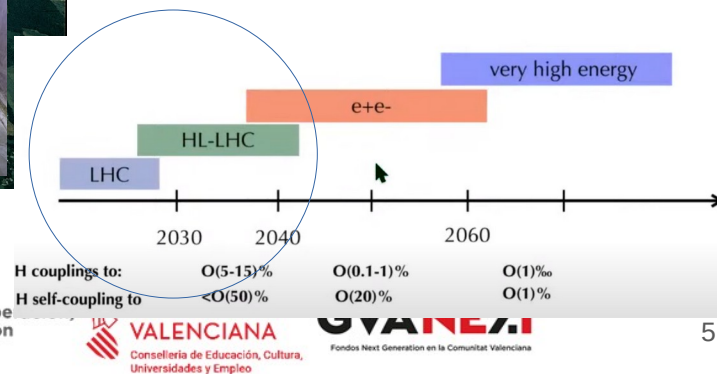
Calorímetro
TileCal

Tracker → ITk



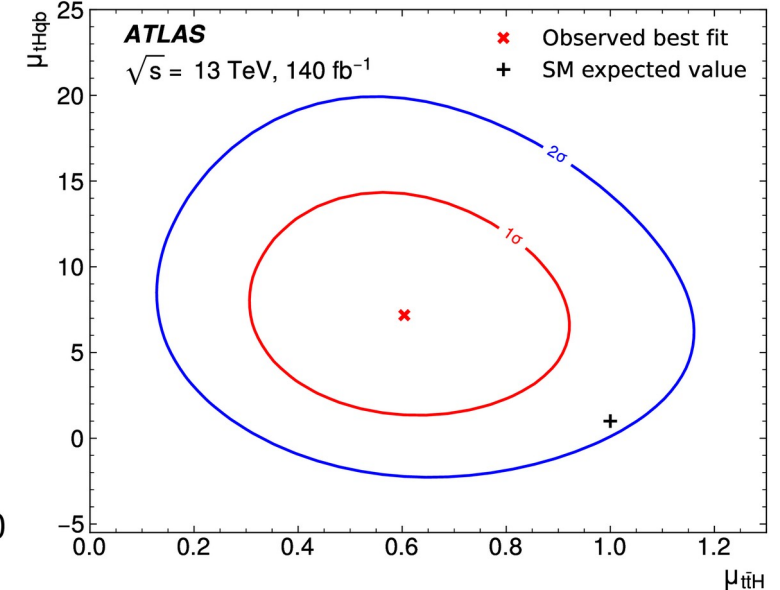
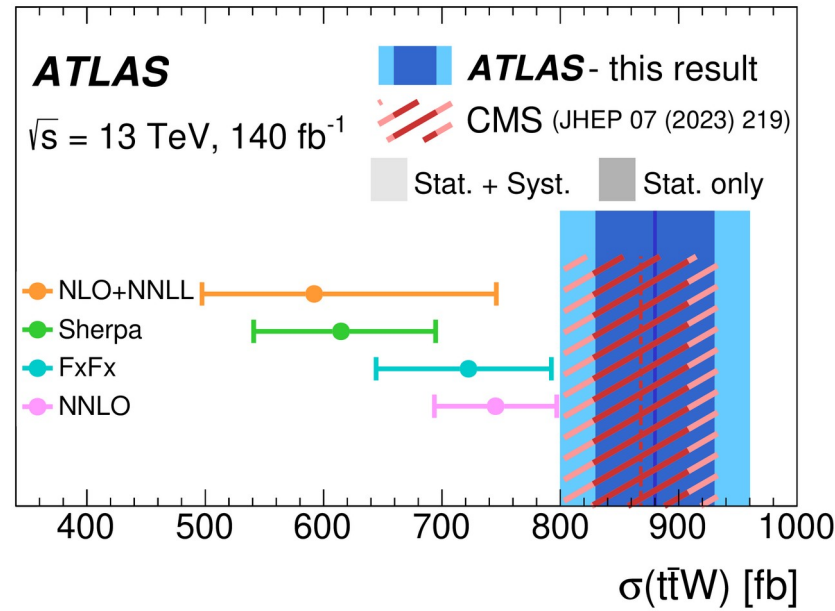
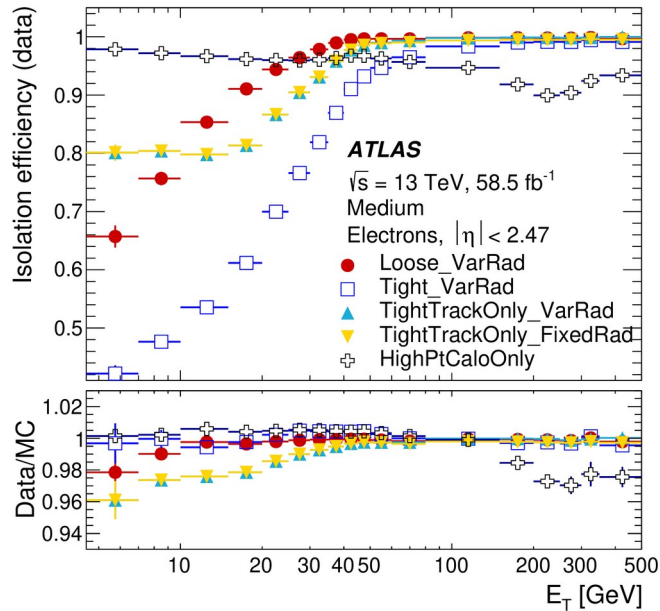
LHCb: Detector especializado en la física del sabor, trata de entender la asimetría entre partículas y antipartículas en nuestro Universo y medir procesos muy poco frecuentes relacionados con los quarks pesados.

GRID: El LHC produce una enorme cantidad de datos. Requieren la colaboración de centros de cálculos de todo el mundo para procesarlos y almacenarlos.



Operación del experimento ATLAS durante el RUN3 del LHC y explotación de sus datos para el estudio del bosón de Higgs y el quark top

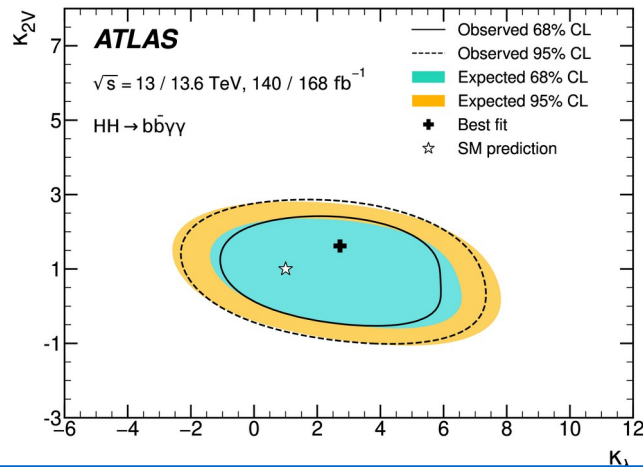
- Contributions to >10 papers and supervised 6 PhD theses
- Highlights of the project activities:
 - Contribution to the **operation of the ATLAS detector** during LHC Run 3 data taking
 - **Performance studies:** Electron efficiency measurements with LHC Run 2 data ([JHEP 05 \(2024\) 162](#))
 - **Top quark physics:** ttW differential cross-section measurements ([JHEP 05 \(2024\) 131](#))
 - **Higgs physics:** Measurement of ttH and tH production in multi-lepton final states ([arXiv:2510.23755](#))



Upgrade del Detector ATLAS: Electrónica del Tile Calorimeter y Explotación del Programa de Física

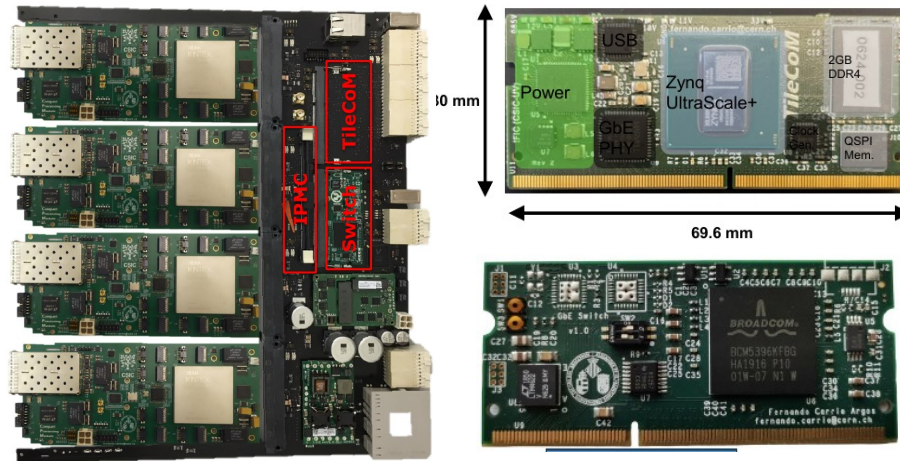
Contributions to DiHiggs physics:

- ATLAS legacy Run 2 HH $\rightarrow$ bbyy and EFT interpretations ([JHEP 01 \(2024\) 066](#))
- First HH search with Run 2 + Run 3 data of the LHC! ([arXiv:2507.03495](#))



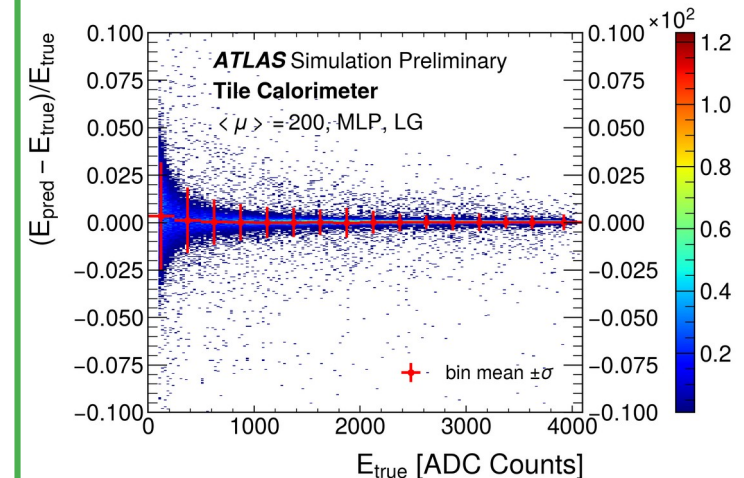
Contribution to the upgrade of the ATLAS detector for the High Luminosity LHC:

- Final Design Review of TileCal Preprocessor (PPr) approved
- Preproduction of PPr boards OK
- Successful tests of the electronics at CERN



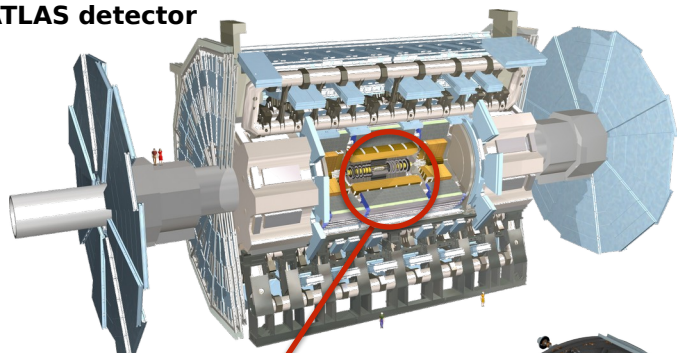
TileCal Signal Reconstruction with Artificial Intelligence using FPGAs:

- Implementation in FPGA done.
- Presented in national and international conferences.

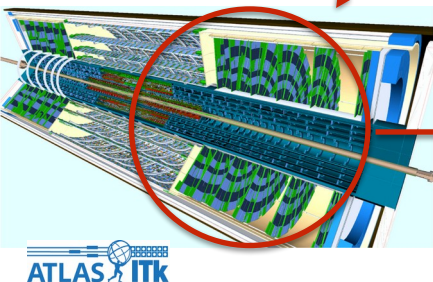


The **ATLAS Inner Tracker (ITk) for the High-Luminosity LHC**, starting in 2030, will precisely reconstruct charged-particle trajectories and interaction vertices in an environment with up to 200 collisions per bunch crossing and radiation doses above 10^{16} neq/cm². It enables accurate momentum measurements and identification of b-jets, τ -leptons, and displaced vertices, while maintaining excellent spatial resolution, low material budget, and fast, reliable readout.

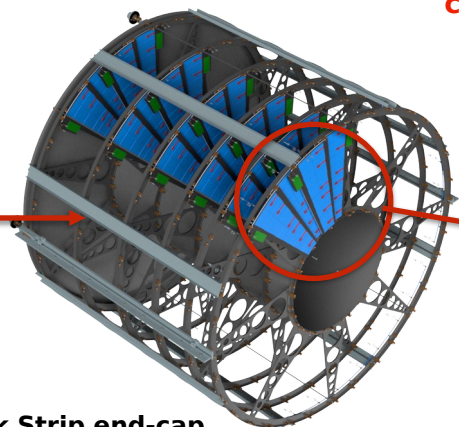
ATLAS detector



ITk detector

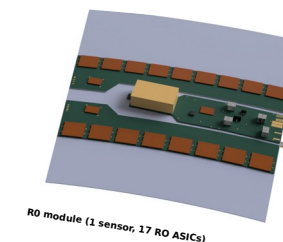
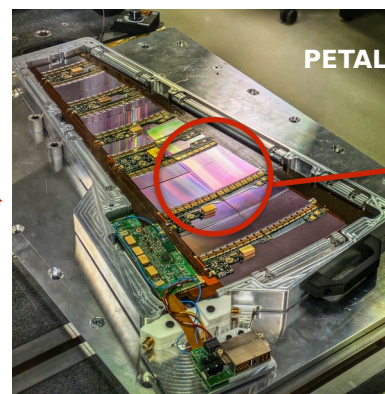


ITk Strip end-cap



The **ITk-Strip detector** is part of the all-silicon ATLAS ITk detector.

- Has ~ 165 m² of silicon micro-strip sensors (barrel + 2 end-caps).
- Each end-cap has 6 disks, each disk has 32 wedge-shaped carbon fiber supports (petals), each petal houses 18 sensors (in modules), 9 on each side.
- **IFIC-Valencia: design, construction, quality assurance, assembly and testing of the ITk-Strip end-cap (services, modules, petals, etc).**



Current status of IFIC-Valencia achievements within the ATLAS Collaboration:

168 petal cores out of 600 built and fully tested!

81 modules out of 400 and 11 petals out of 100 assembled and tested!

With the financial support of the ASFAE/2022/007 project, **IFIC-Valencia has become a worldwide reference in micro-strip detectors and is one of the leading institutes in the ATLAS ITk-Strip project.**

Computación Avanzada para el procesamiento intensivo de Big Data en ATLAS

Personal

- 4 investigadores (2 CSIC + 2 U. Valencia)
- Incorporación de una ingeniera informática para dar soporte a las actividades del proyecto.

Refuerzo del Tier2 de ATLAS en el IFIC

- Inversión: ≈180 000 €:
- 3 servidores CPU (288 cores)
- 6 servidores de almacenamiento (3 000 TB SAS, 19 TB SSD)

Explotación de Recursos externos

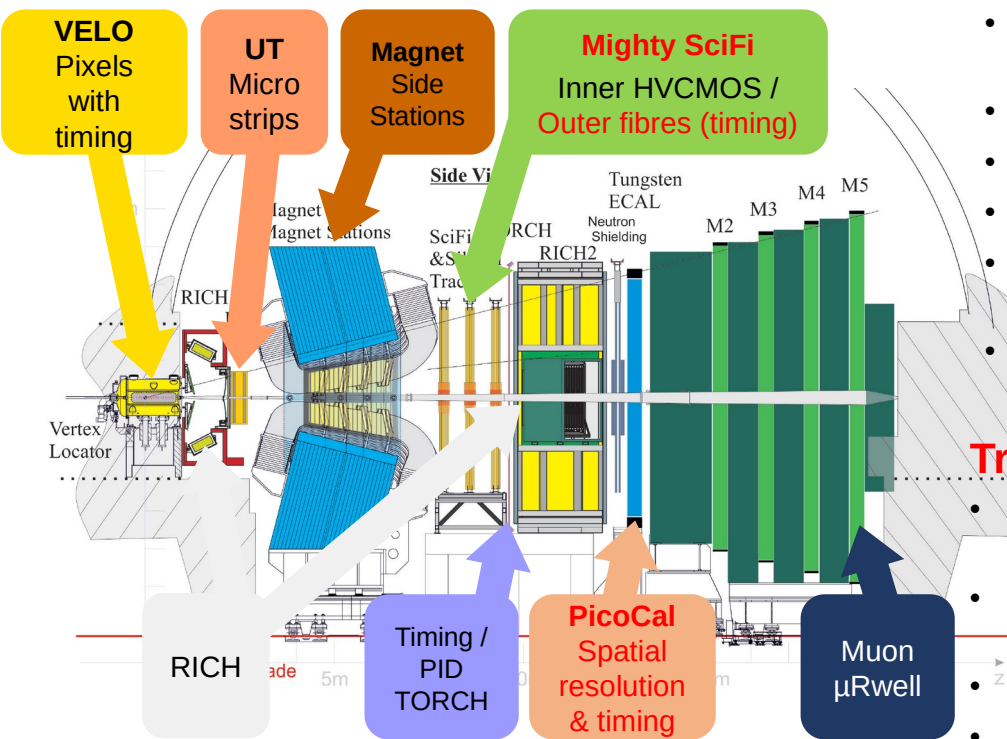
- ~40 millones de horas CPU en MareNostrum5
- Generación de simulaciones MC para ATLAS

Infraestructura local de análisis de datos en el IFIC

- Infraestructura con CPUs, GPUs, JupyterHub (kore.ific.uv.es)
- Abierto a todos los usuarios ATLAS del IFIC (unas 50 personas)
- Análisis eficiente y escalable frente al aumento de eventos del HL-LHC



Retos tecnológicos para el descubrimiento con el detector LHCb mejorado del CERN



Mighty SciFi (PACIFIC++)

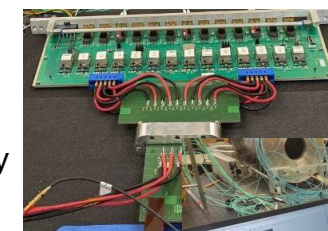
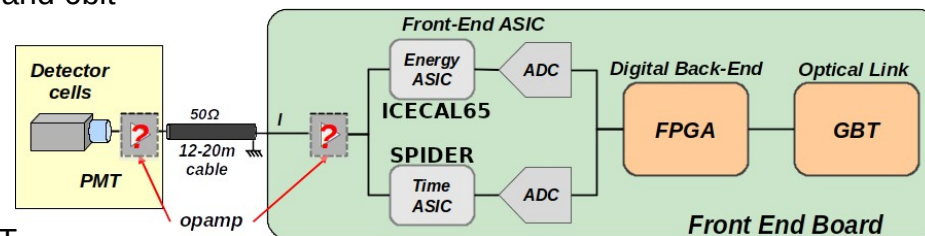
- 99% hit efficiency, $<100\mu\text{m}$ resolution, $250\mu\text{m}$ granularity
- Shaper + integration to get charge
- SiPMs not matched with fibres, clustering required
- $<1\text{ns}$ time measurement
- SiPM readout ASIC with anode DC coupling and current mode input
- Two processing paths with 10bit ADC and 6bit TDC respectively.

Trigger & RTA

- Flexibility of the new software trigger with GPU/CPU (HLT1/HLT2)
- Tracking, vertexing and trigger using UT & SciFi trackers
- Increases decay volume up to 8 m
- Expands physics program for decays with strangeness ($\sim 80\%$ of these decay after VELO) and LLPs (Hidden Sector)

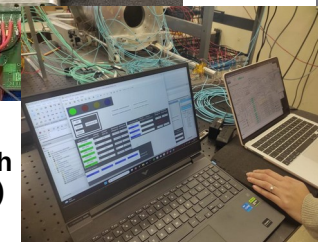
PicoCal (ICECAL+PMT conditioning)

- Energy (12bit, $E_T \approx 40\text{GeV}$) and time ($\sigma_t \approx 10\text{ps}$) measurements using different technologies (SpaCal/Shashlik, W/Pb, GAGG/Polystyrene)
- ASICs using PMT signal under development in TSMC 65nm
- Separate energy and timing processing paths
- PMT conditioning circuit for ASIC input range on base or FE board

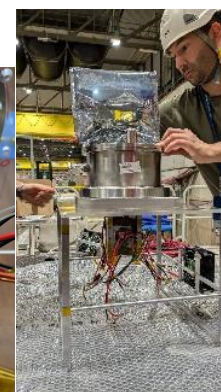
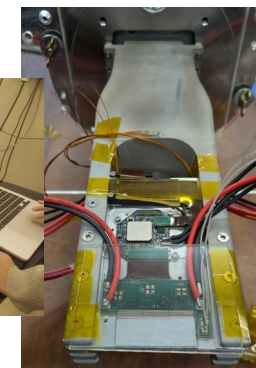


Voltage Feedthrough Board (VFB)

Monitoring & control system (SCADA)



Flexible Front-End PCBs (RP)



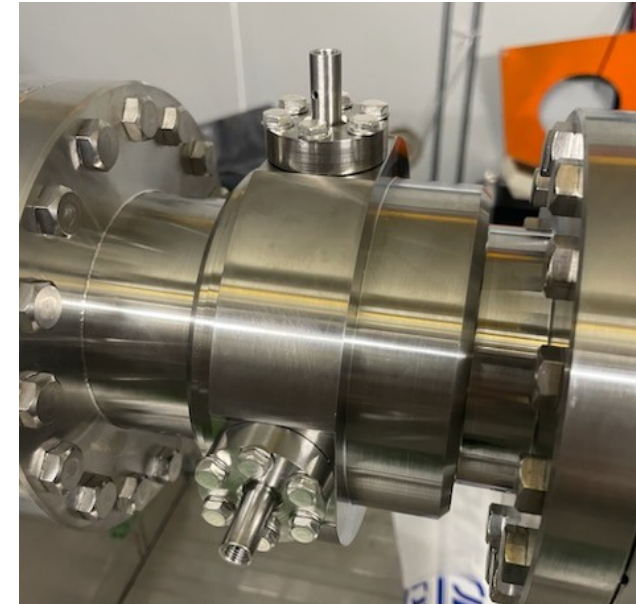
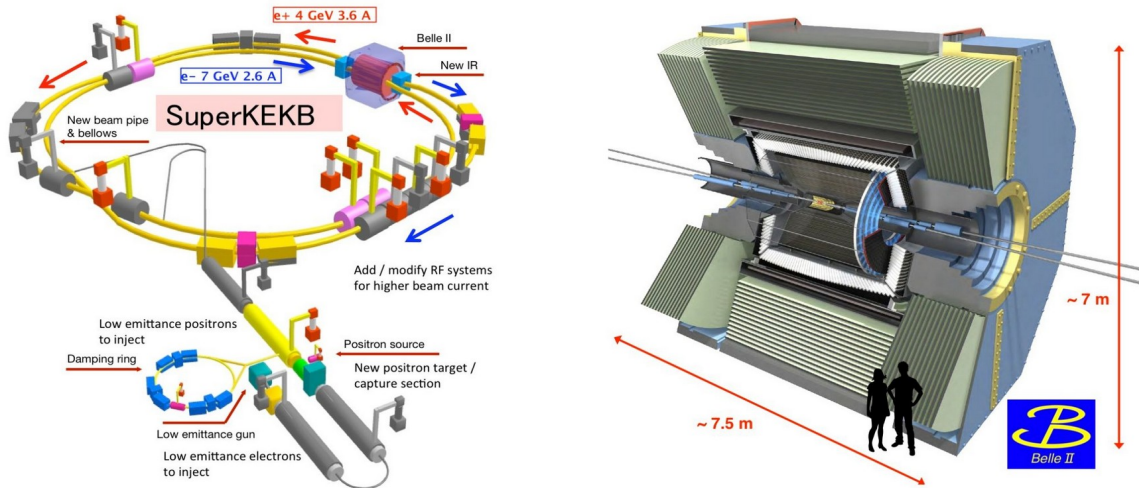
Installation & commissioning

ALADIN and **TWOCRIST** experiments

Fixed-target experiment at IR3 for direct measurement of magnetic and electric dipole moments of charm baryons at the LHC. Ultimately explore lepton Synergy with LHCb physics program and LHCb Upgrade II technologies VELO PicoPix, RICH, DAQ, RTA

Instrumentación para otros experimentos y futuros aceleradores

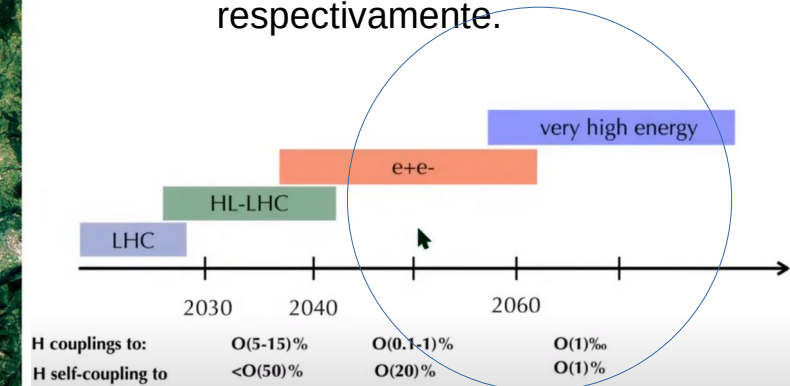
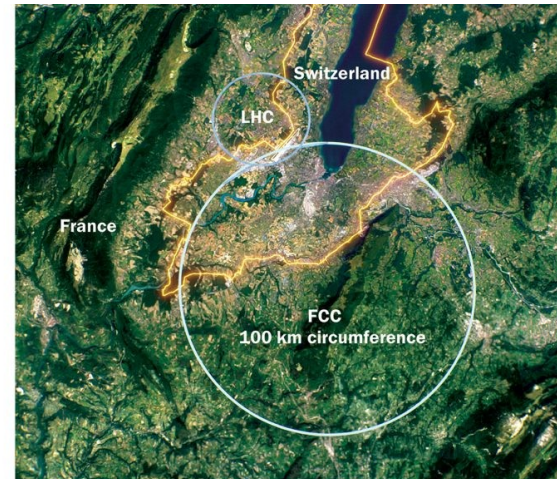
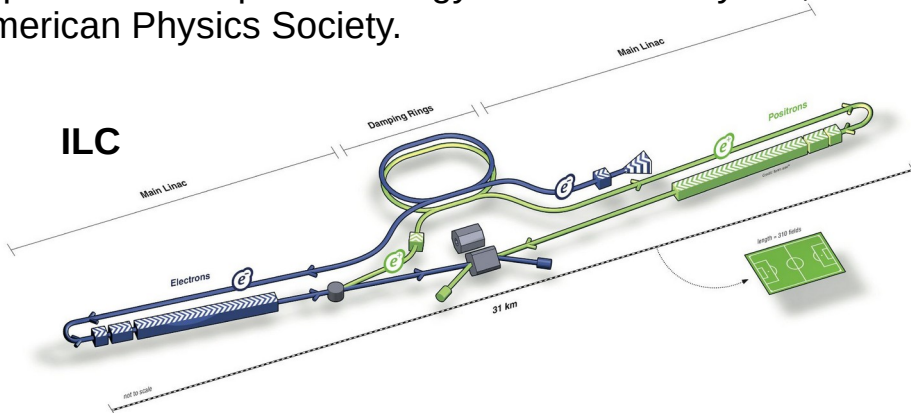
Upgrade de otros experimentos, como Belle II (KEK, Japón) o NA-62 (CERN, Suiza)



monitor de posición de haz para futuros aceleradores, destinado a guiar y estabilizar haces de partículas muy energéticas en el rango de nanómetros con el fin de mejorar la luminosidad en el punto de colisión.

Sistemas para la detección de **axiones** de materia oscura (denominados **halóscopos**) en el rango de las microondas que se puedan instalar en los experimentos de las colaboraciones internacionales RADES, IAXO/baby-IAXO y CADEX para bandas X, UHF y W, respectivamente.

Nueva generación de aceleradores y detectores: proyectos como el ILC, CLIC, FCC permitirán estudiar con **mayor precisión** el **bosón de Higgs** y extender la **frontera de energía**. Tienen el soporte del European Strategy for Particle Physics, CERN y American Physics Society.



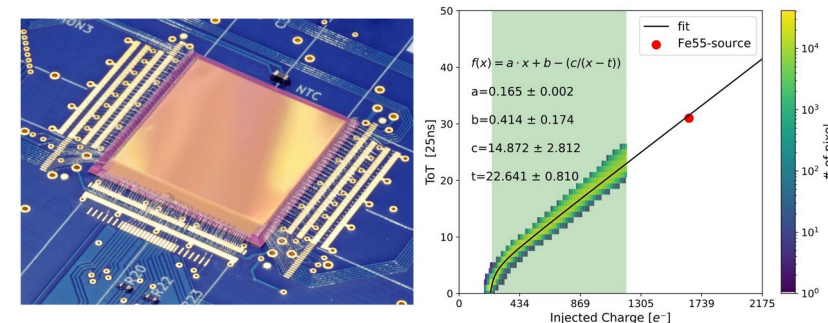
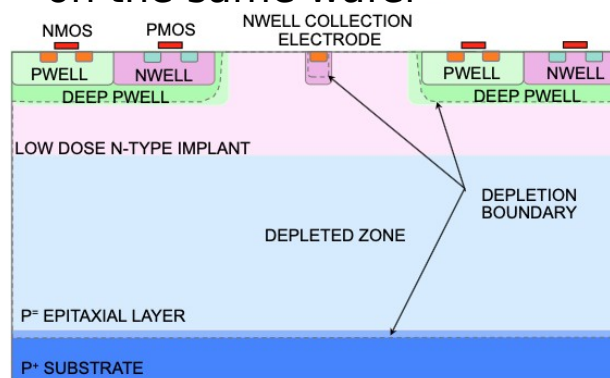
MOSES: Monolithic Sensors for New Physics.

Main target: Develop a demonstrator of a large area pixel monolithic sensor based on CMOS technology for the Belle II (KEK, Japan) and NA-64 (CERN, Switzerland) vertex and tracking detector upgrades

Requirements:

Very high spatial resolution ($O(10 \mu\text{m})$)
 Good timing performance ($O(10 \text{ ns})$)
 High output data rate ($O(100 \text{ Mbit/s})$)
 Moderate power consumption ($O(100 \text{ mW/cm}^2)$)
 Low material budget ($O(0.1 \% X/X_0 \text{ per layer})$)
 Radiation tolerance ($O(100 \text{ Mrad})$ and ($O(10^{15} \text{ n}_{\text{eq}})$)
 Large area ($O(10 \text{ cm}^2)$)
 Affordable cost ($O(3 \text{ kEUR/wafer})$)
 ...and ultimately combine these requirements in one single detection unit...

Monolithic detector:
 Combine sensor and readout on the same wafer



TJ-Monopix2 characterization



iVTX Demonstrator Unit

All-silicon module produced

Project goals and achievements:

- Successful characterization of irradiated TJ-Monopix2 CMOS sensors in test beams at KEK and CERN → OBELIX preproduction chip designed.
- All-silicon ladder demonstrator units successfully produced: Electrical and thermomechanical tests performed.
- Simulations show robustness against large background levels and improvements in resolution and tracking efficiency in the future vertex detectors.



Controlled access clean Room with HEPA filters.

Qualified as **ISO7**.

Compatible with **ISO5** with in-situ measurements of particles below 1 μ m

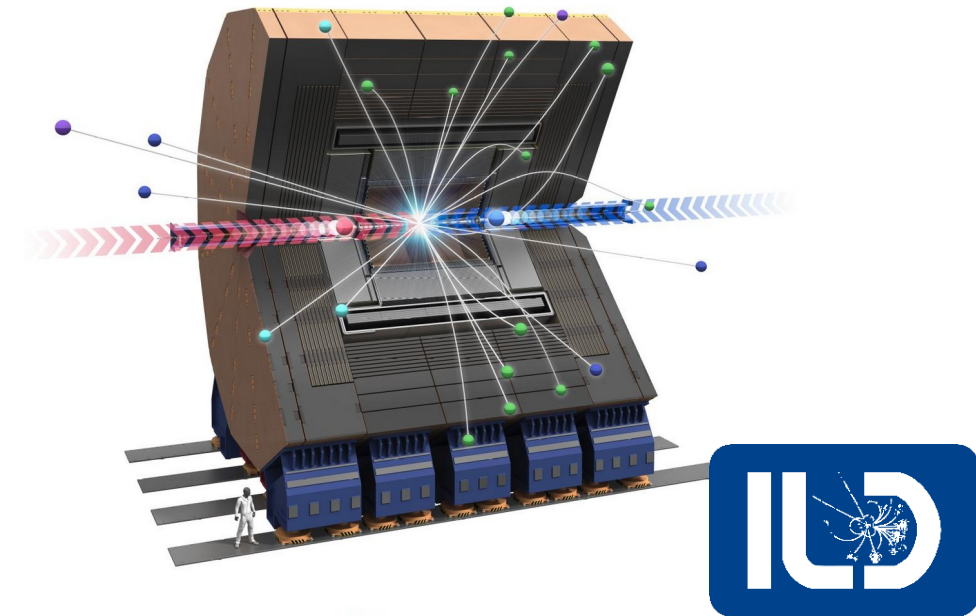
The **TARDIS-Lab** is a new installation at IFIC devoted to **characterization** and **hybridization** of **silicon sensors** for **high granularity calorimetry**.

It is a **unique facility** in Europe, key in the R&D programs of the **DRD-Calo** and **FCAL collaborations**.

- ✓ **Milestone 1:** design, development and installation of the **TARDIS-Lab**
 - ✓ **Milestone 2:** development of novel hybridization technique and unique expertise.
 - ✓ **Deliverable 1:** demonstrator of SiWECAL tested in beam particle with HCAL and telescope (DESY)
- Next steps: 20X₀ prototype (2026)

<https://agenda.linearcollider.org/event/10594/contributions/57544/>

- **Particle Flow Detectors:** all future **Higgs Factories** and beyond (e+e-, hh) colliders propose this type of detectors.
- **High Granular&Compact calorimetry** is a key element of the concept.
 - Able to reconstruct all individual hits of a shower (aka “tracking calorimeters” or “imaging calorimeters”) in 5D
- **Si-ECAL** Technology for **Linear** and **Circular Colliders** (refs *ILD for ILC* *ILD for FCC and LC* *SiW-ECAL for FCCee (Higgs)* *Si-ECAL for FCCee (lumi)*)
 - But also for **Strong-FieldQED** and direct **Dark Matter** experiments (**LUXE**, **LUXE-NPOD**, **Lohengrin**)



RF technologies for beam position monitors in accelerators and detection of dark matter axions

AITANA

Goal 1: Cold cavity Beam Position Monitor (BPM) and DAQ R&D

- ✓ To promote the Spanish industrial participation in Future Colliders
- ✓ To increase our knowledge in cryogenic instrumentation
- ✓ Integrate on the design the mechanical alignment strategy to the splittable quadrupole magnet in collaboration with CIEMAT and KEK

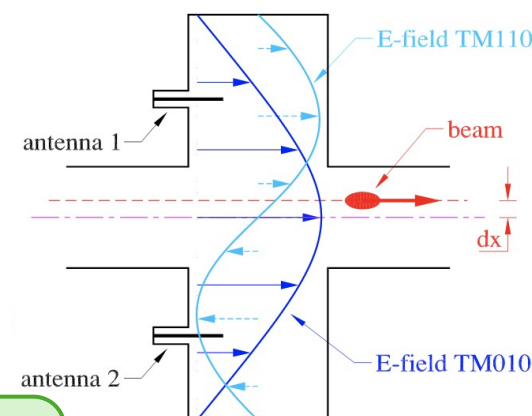
Context: Advanced instrumentation for Future Colliders

Goal 2: Interferometry techniques for detection of dark matter axions using microwave and millimetre-wave cavities

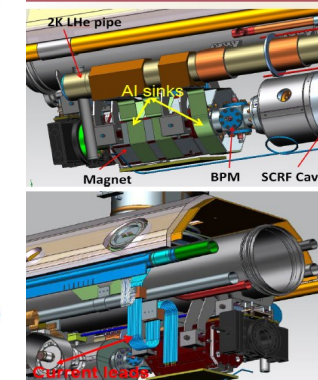
Cross-correlation is better than the typical power summation and can be employed to observed the annual modulation of the signal for velocity distribution characterization of the axion field

Requirements

- High precision, time (< 369 ns) and a spatial (< 1 μm) resolution
- Fast readout electronics
- Low beam dynamics impact
- Ultra high-vacuum and cryogenic temperature performance

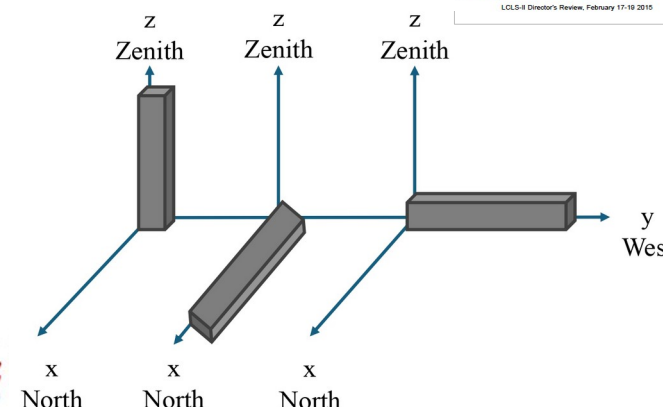


LCLS-II Magnet in the Cryomodule

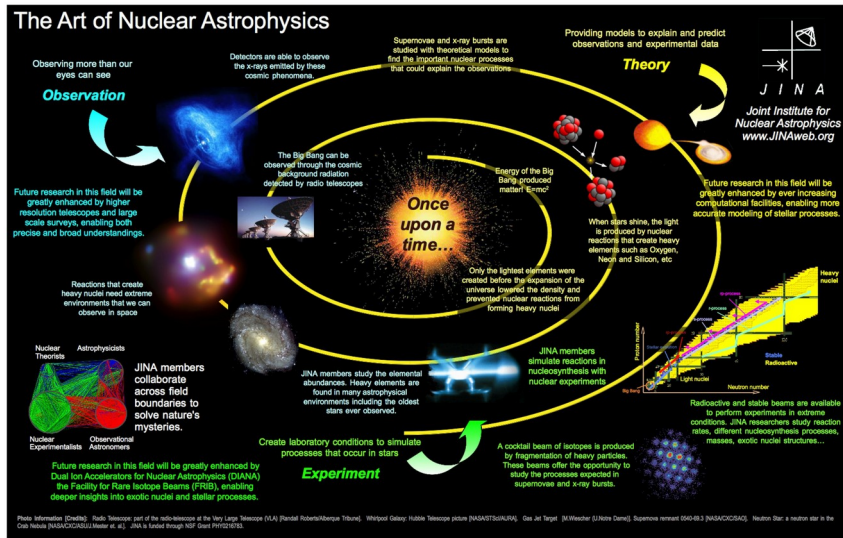


Parameter	Unit	SLAC Value
Magnet physical length	mm	340
Magnet width/height	mm	322/220
Pole tip radius	mm	45
Peak operating current	A	≤ 50
Number of quadrupole coils		4
Number of dipole coils		8
Type of superconducting coils		Racetracks
NbTi diameter	mm	0.5
Quadrupole inductance	mH	82
Liquid helium temperature	K	2.2
Quantity required (with spares)		36

The magnet package for 2 prototypes will be installed at the end of the cryomodule. Magnet conductively cooled through pure Al thermal sinks.

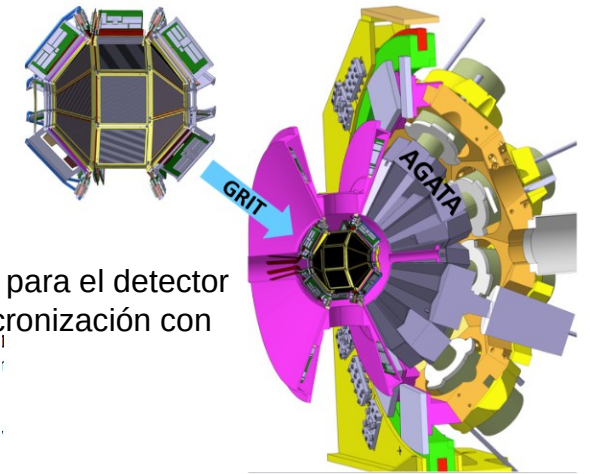
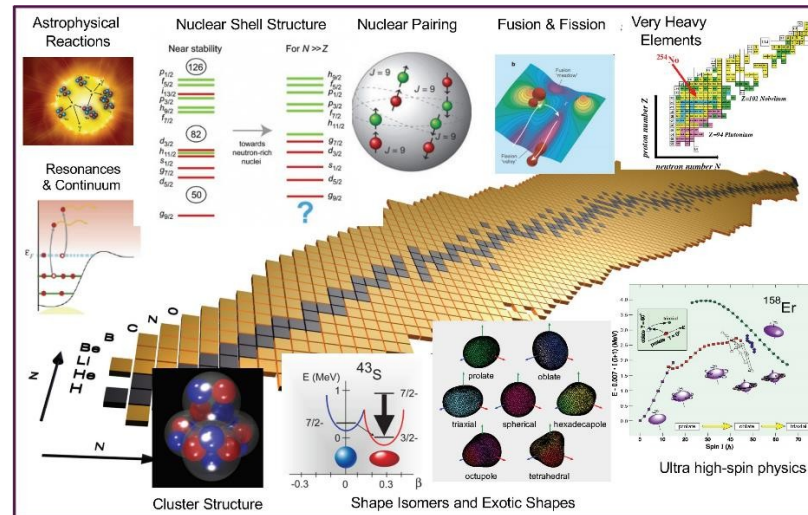


Instrumentación para experimentos de física nuclear

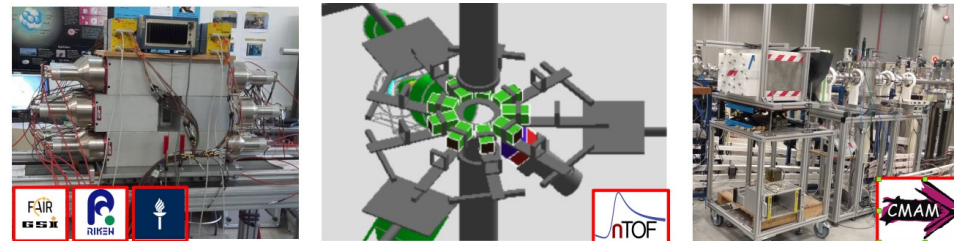


- **Astrofísica nuclear:** Procesos nucleares en evolución estelar y nucleosíntesis.
- Estudios de **estructura nuclear y reacciones nucleares.**
 - Estructura y origen de la materia.
 - Formación y origen de elementos pesados en el universo.
- Validación de **modelos nucleares.**

Detectores para estudios de astrofísica nuclear en experimentos de grandes laboratorios europeos



Electrónica para el detector GRIT y sincronización con AGATA.



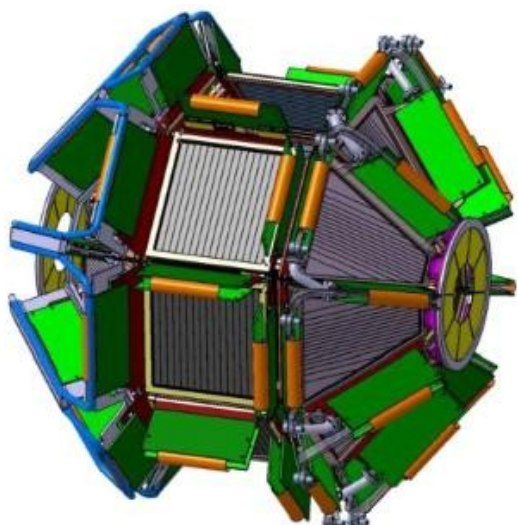
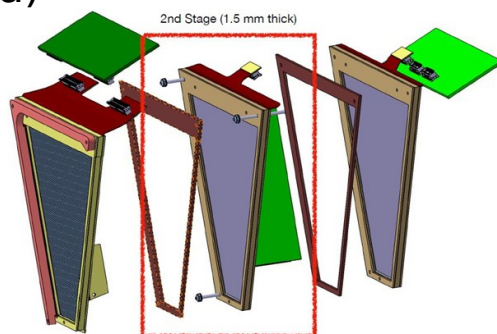
Detectores innovadores modulares



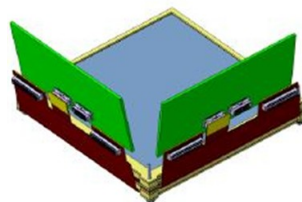
Instrumentation for Direct Reactions in Inverse Kinematics

High efficiency for light charged particles and High granularity with particle identification capability with $\Delta E/E$ and PSA. To be coupled with AGATA for Nuclear Structure and Astrophysics studies with direct reactions in inverse kinematics with Radioactive Ion Beams (INFN Italy, CNRS France, Spain: IFIC, Uni. Valencia, Uni.Huelva, Uni. Santiago de Compostela)

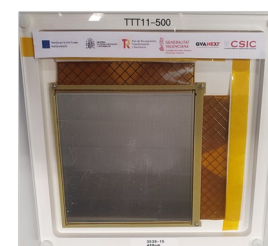
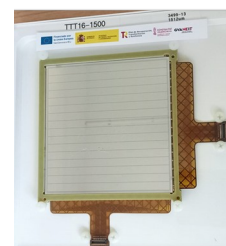
GRIT: High granularity
 4π LCP detector array.
 Low γ -ray absorption



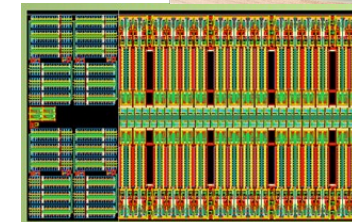
Telescopes of
 prismatic DSSD
 with $\sim 1\text{mm}$
 position resolution



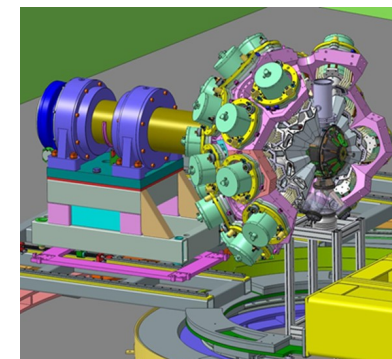
Contribution to the R&D and construction on Detectors
Detector support system and Readout electronics



PLAS Design by ETSE and IFIC
 being migrated by LPC Caen. Early
 setup with commercial solution
 Preparation of the first experimental
 campaign at GANIL, Caen AGATA +
 GRIT + VAMOS++
 With SPIRAL radioactive ion beams



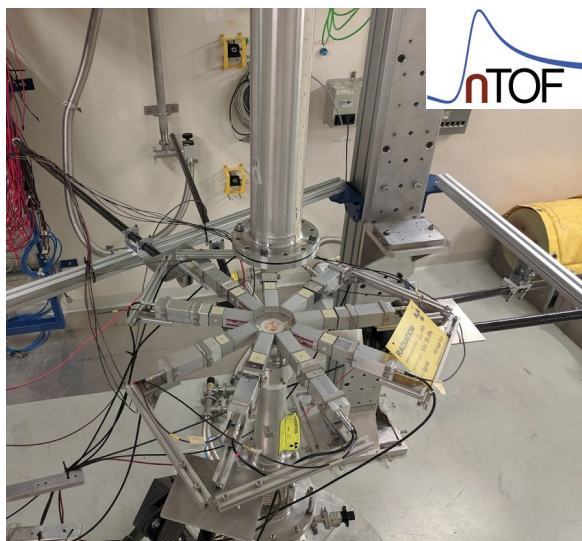
**PipeLined
 Asymmetric
 Switched
 Capacitor Array**



Detectores complementarios modulares de nueva generación

Objetivo: Desarrollar e implementar detectores compactos, modulares e innovadores de radiación γ y para mejorar el estado del arte en detección

(n, γ)



Nueva técnica de corrección de tiempo muerto y pile-up para (n, γ) en altos flujos de neutrones
[J. Balibrea-Correa NIM-A 1064 \(2024\) 169385](#)

Nuevo setup de alta sensibilidad para (n, γ) basados nuevos estilbenos deuterados:
[J. Balibrea-Correa NIM-A 1072 \(2025\) 170110](#)

Detectores comprados junto con **MRR CERN/CIEMAT/n_TOF**. Llegan a finales de Noviembre

Comisionado final en n_TOF planificado para Febrero

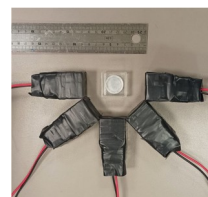
(α ,n)



MiniBELEN is part of the **MANY** collaboration: **Measurement of Alpha Neutron Yields**

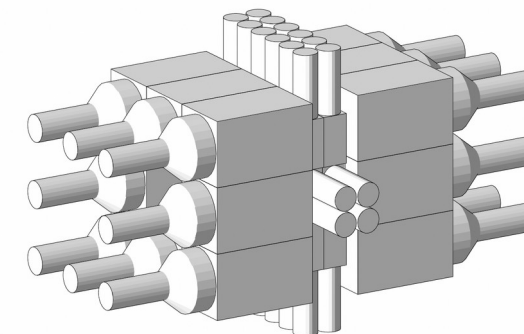
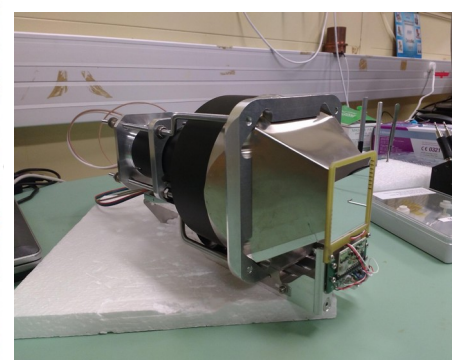
Nuevos diseño de detectores de $\text{LaCl}_3(\text{Ce})$ para la medida de estados excitados en reacciones (α ,n) con MiniBELEN.

Detectores comprados y bajo caracterización:



Planeada campaña de medida para mediados del año que viene en el marco de la colaboración MANY.

β



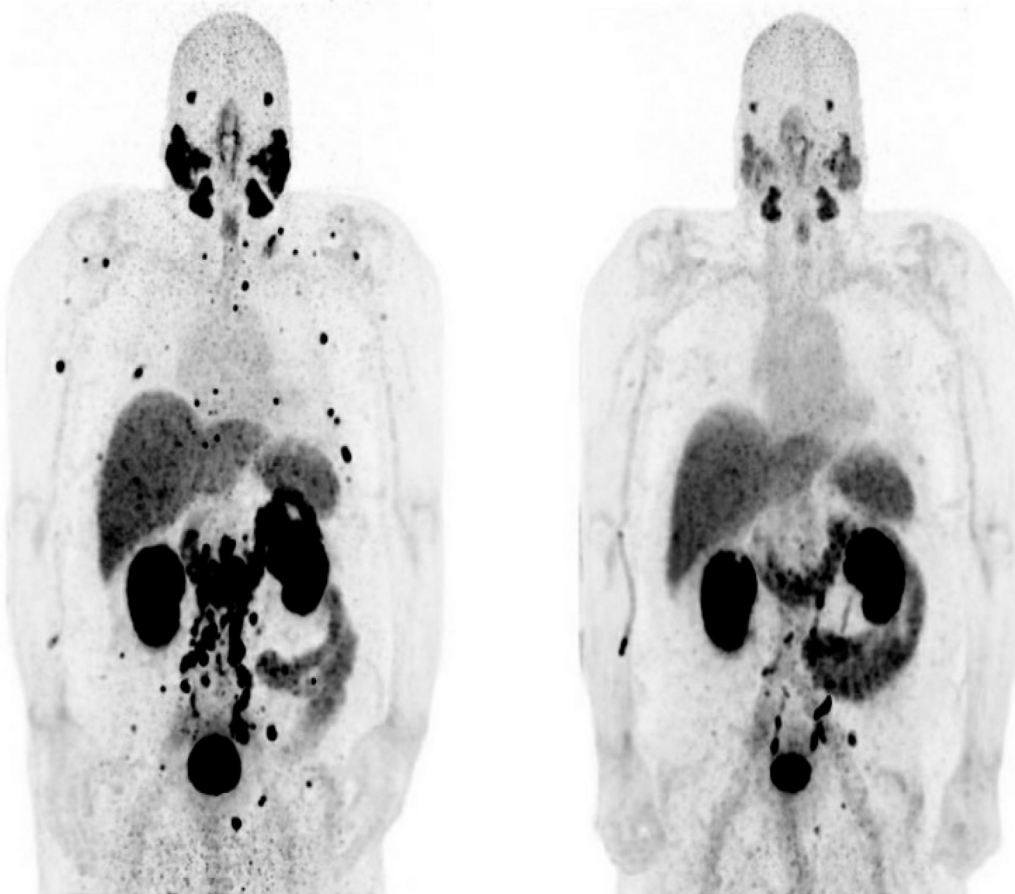
Nuevos detectores DE-E para medir la forma del espectro β en isótopos de interés para tecnología nuclear.
 Experimentos I233, I233Add IGISOL relacionados, y llevados a cabo en Jyväskylä

Análisis del experimento I233Add en progreso con expectativas de una publicación de alto impacto.

Diseño e implementación de un $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ para el calorímetro TAGS de nueva generación. Primeras medidas programadas para junio del 2026 en GANIL.

Publicaciones relacionadas:
[V. Guadilla, et al., JINST 19, P02027 \(2024\)](#)
[G. Alcalá, et al. Phys. Rev. Lett. 135, 142502 \(2025\)](#)

Aplicación de las tecnologías desarrolladas a otros campos



Tratamiento con ^{225}Ac -PSMA

Instrumentación para aplicaciones médicas

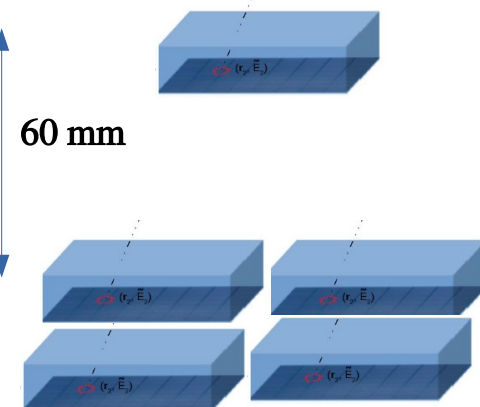
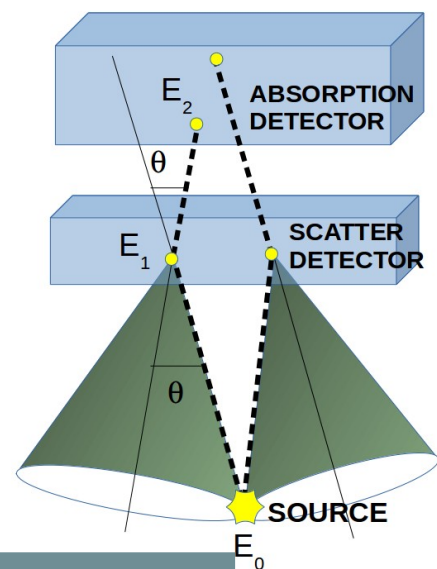
Mejora de la imagen médica funcional con fotones de altas energías.

Sistema de imagen para la monitorización de los tratamientos contra el cáncer.

- Detectores para la visualización de la distribución de los radiofármacos en el paciente.
- Mejora de la dosimetría del tratamiento.

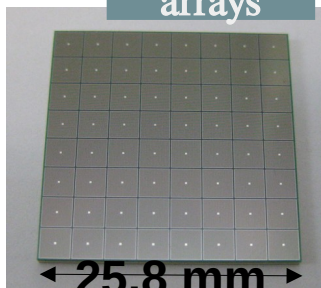
Imagen Compton para monitorización de la terapia con radionúclidos

Compton camera with LaBr₃ and SiPMs

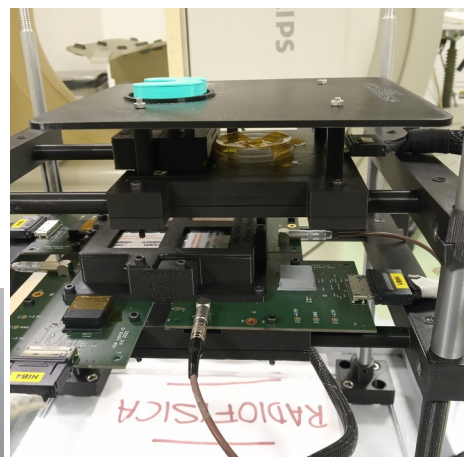


LaBr₃ crystals

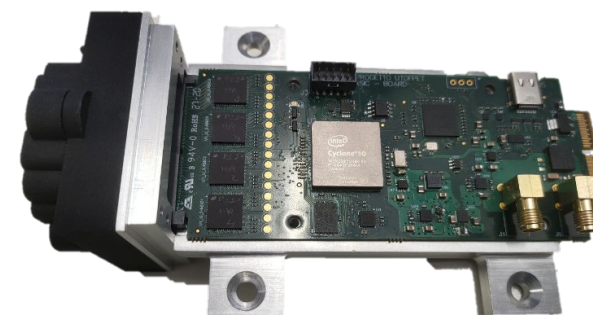
SiPM arrays



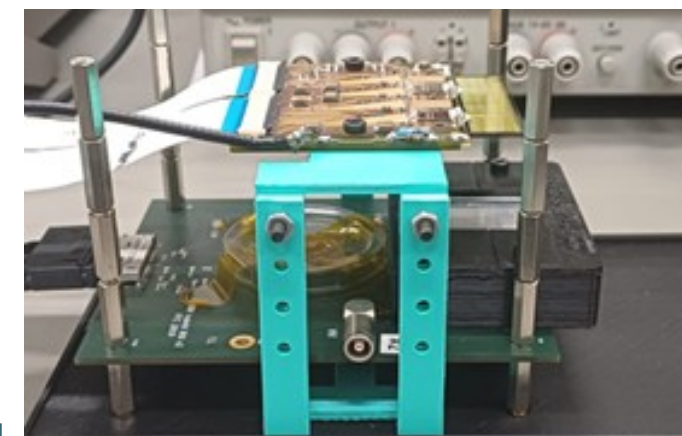
In collaboration with HuiP La Fe



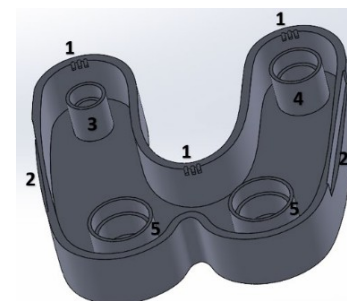
O1: Improvement of performance with scintillators
→ timing resolution < 1ns FWHM with HRFlexToT



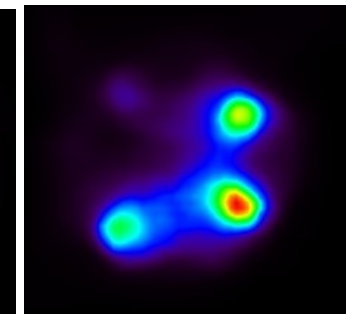
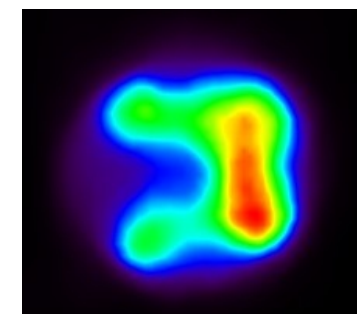
O2: Development of a Compton camera with a silicon scatterer
→ Functioning prototype with two AliVATA boards



O3: Tests in hospitals
→ Images obtained with ²²⁵Ac and with ¹³¹I with irregular phantoms



Thyroid-shaped phantom filled with ¹³¹I-MIBG



Los proyectos ASFAE han contribuido a que los grupos del IFIC se encuentren a la vanguardia de experimentos y tecnologías a nivel mundial.

