

## PLAN COMPLEMENTARIO



ASTROFÍSICA Y FÍSICA  
DE ALTAS ENERGÍAS



## LÍNEA 8. COMPUTACIÓN, BIG DATA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Miguel Villaplana Pérez

**IFIC** INSTITUT DE  
FÍSICA  
CORPUSCULAR

Coordinadores LIA8: Jose Enrique García, Susana Planelles

# L8: Sublíneas de actuación

Actuación 8.1. Fortalecimiento y actualización de la infraestructura informática ya existente (nodo local de la RES y ARTEMISA) potenciando sus capacidades en supercomputación e inteligencia artificial.

Actuación 8.2. Simulación, gestión y explotación de los datos masivos de los experimentos de física de altas energías de las próximas décadas, astrofísica y cosmología computacional.

Actuación 8.3. Desarrollo de algoritmos de *big data*, *data science* e inteligencia artificial para uso en las líneas de investigación de este programa.



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



# Proyectos Línea 8

INSTRUMENTACIÓN  
FAE Y NUCLEAR

GRANDES CARTOGRÁFIOS  
ASTRÓNOMICOS

ASFAE/2022/010	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.
ASFAE/2022/016	MARIÑAS PARDO, CARLOS MANUEL; MOLINA BUENO, LAURA	Sensores Monolíticos para búsqueda de Nueva Física
ASFAE/2022/030	MARTÍNEZ VIDAL, FERNÁNDO ; OYANGUREN CAMPOS, M <sup>a</sup> ARANZAZU	Retos tecnológicos para el descubrimiento con el detector LHCb mejorado del CERN
ASFAE/2022/001	PLANELLES MIRA, SUSANA; QUILIS QUILIS, VICENT	Vacíos cósmicos:modelos teóricos, simulaciones numéricas y comparación con las observaciones
ASFAE/2022/005	PERUCHO PLA, MANEL ; MARTÍ PUIG, JOSE MARÍA	Radio galaxies: Actors in Cosmological Evolution
ASFAE/2022/017	NEGUERUELA DÍEZ, IGNACIO; MARCO TOBARRA, AMPARO	Herramientas de Inteligencia Artificial para estrellas masivas y en WEAVE



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



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 y Empleo



# Proyectos Línea 8

ASFAE/2022/020	RAMOS MARTÍNEZ, ALBERTO; MENA, OLGA	Ondas GRavitacionales, Axiones y Materia Oscura, Lattice e Inteligencia Artificial
ASFAE/2022/026	ALOY TORÁS, MIGUEL ÁNGEL; PONS BOTELLA, JOSÉ	Astrofísica computacional en la era multi-mensajero
ASFAE/2022/009	RODRIGO GARCÍA, GERMÁN VTE.; GONZÁLEZ ALONSO, MARTÍN	Algoritmos cuánticos en fenomenología de partículas elementales

ASFAE/2022/006	VILLAPLANA PÉREZ, MIGUEL; TORRÓ PASTOR, EMMA	Computación Avanzada para el procesado intensivo de Big Data en ATLAS
ASFAE/2022/024	GARCÍA NAVARRO, JOSE ENRIQUE; ZALDÍVAR, BRYAN	ARTEMISA



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia

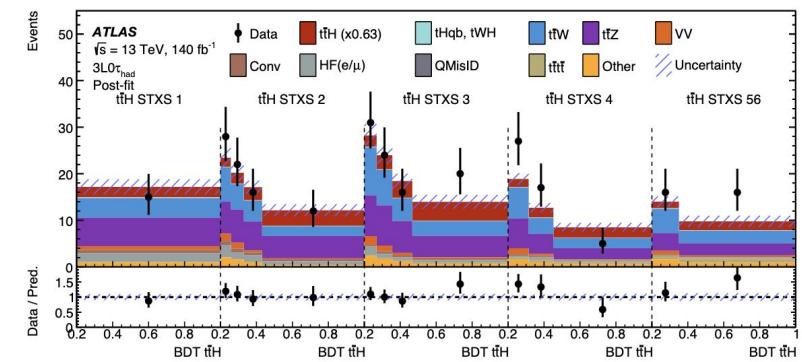
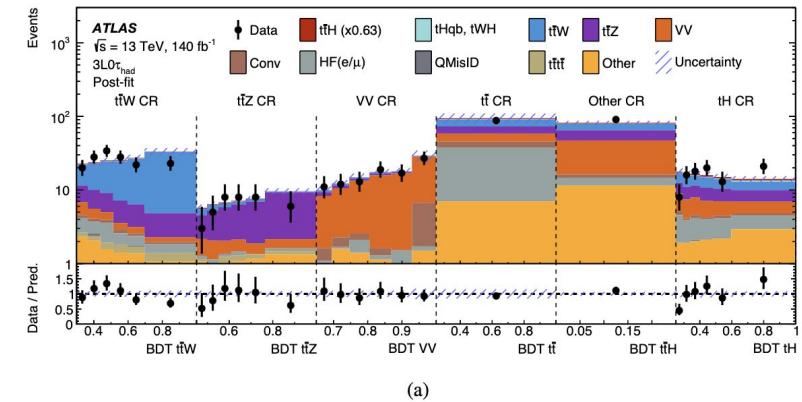
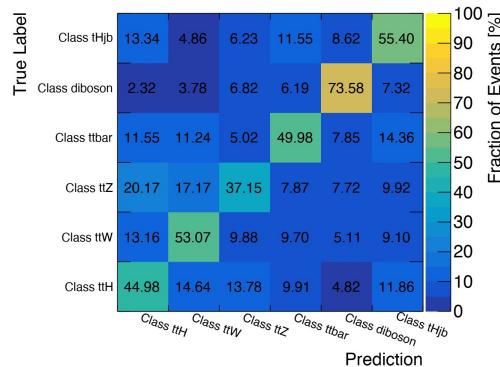
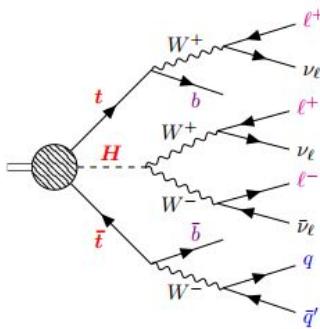


GENERALITAT  
VALENCIANA  
Conselleria de Educació, Cultura,  
Universitats y Empleo



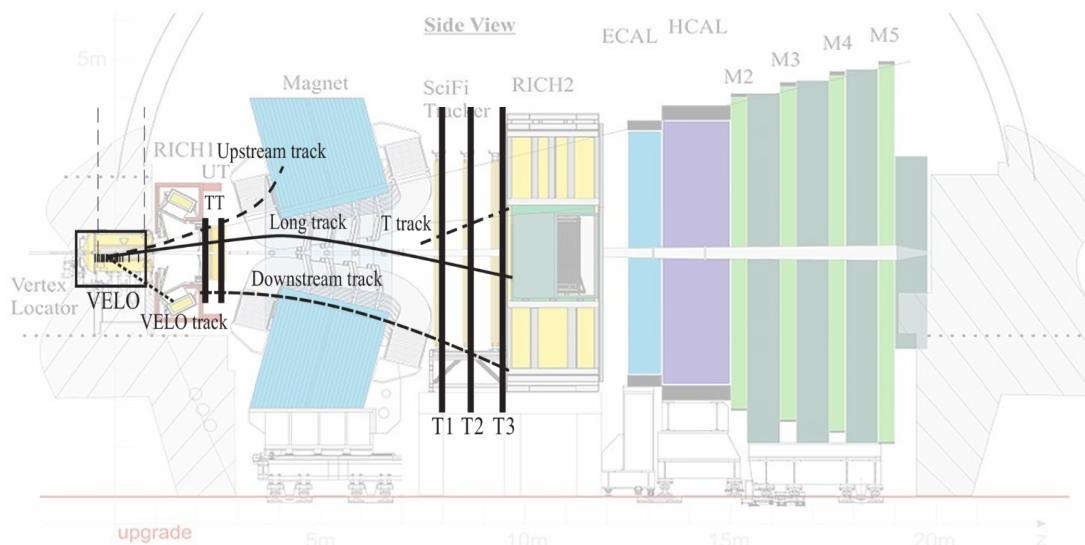
# Análisis de datos en el experimento ATLAS: Higgs & top

- Personal: dos estudiantes predoctorales
- Equipamiento informático: servidores CPU y discos de almacenamiento
- Viajes y estancias en el CERN
- Explotación de datos de ATLAS: identificación de electrones, bosón de Higgs ( $H \rightarrow \tau\tau$ ,  $t\bar{t}H$ ,  $tH$ ) y quark top( $t\bar{t}W$ )
- Aplicación de DNN en identificación de electrones y BDTs para realizar la categorización de Señal frente a Fondo

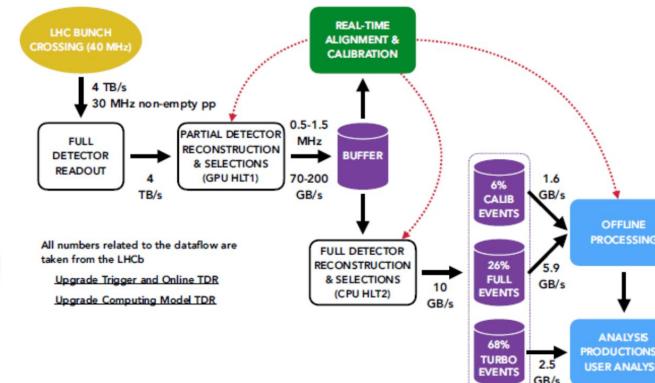


# Nuevo trigger en LHC-b para Runs 3 y 4

- Estrategia pionera que combina análisis en tiempo real y un trigger fuertemente dependiente del aprendizaje automático (ML).
- Sistema trigger basado en software en dos etapas: HLT1 (reconstrucción simplificada) y HLT2 (reconstrucción completa de alta calidad).
- Nuevas capacidades del trigger que se están utilizando para reconstruir partículas de vida media larga empleando trazas downstream y trazas T.
  - Nuevo algoritmo de reconstrucción de trazas downstream en HLT1 con una red neuronal para la eliminación de partículas fantasma.
  - Nuevo algoritmo HLT2 que utiliza únicamente trazas T, usando una red neuronal como clasificador, incorporando diferentes selecciones.



Extensión de la reconstrucción de  $\Lambda$ ,  $K0$  y  $LLP$  a  $\sim 2m$



- Inversión:**
- Servidor HPC
  - Contratación personal



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



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 y Empleo  
GVA NEXT  
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

# Herramientas de Inteligencia Artificial para estrellas masivas y en WEAVE

- Desarrollo de herramientas automatizadas de IA para procesar grandes volúmenes de datos de catálogos estelares como Gaia (ESA) y WEAVE (Observatorio de La Palma)
  - Caracterización de estrellas masivas mediante aprendizaje automático
  - Descubrimiento de patrones ocultos con herramientas estadísticas
  - Adquisición de equipos científicos y técnicos para computación intensiva
- Dos nuevos servidores de cálculo:
  - CPU para análisis de datos paralelizado
  - GPU para desarrollo de aprendizaje automático

Process	BEFORE	NOW
Classifier	1m35s	15s x 4
HiChi	1h20m	5m x 20
Stepar	1h30m	12m x 10

- 3 estudiantes de grado contratados a tiempo parcial para mejorar la base de datos
- Una tesis de máster sobre técnicas de IA
- Técnicas de aprendizaje profundo en colaboración con el Dpto de Lenguajes y Sistemas

## Informáticos de la UA



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES  
Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



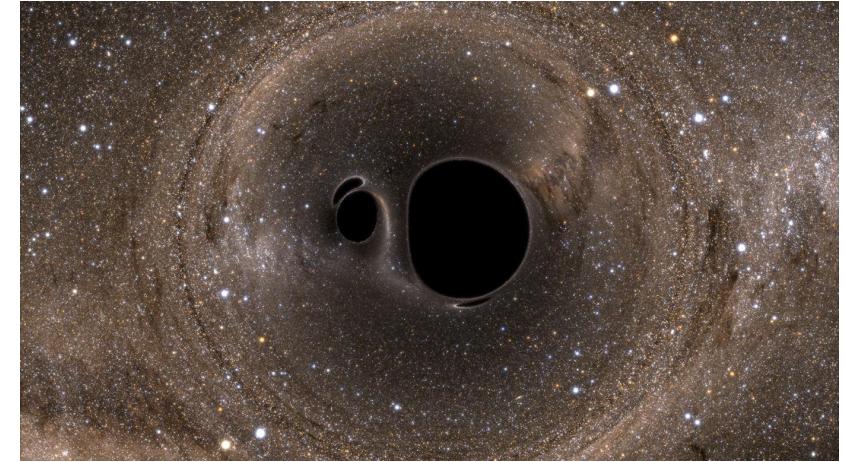
GENERALITAT  
VALENCIANA  
Conselleria de Educació, Cultura,  
Universitats y Empleo  
GVA.NEXT  
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.

# Ondas Gravitacionales, Axiones y Materia Oscura, Lattice e Inteligencia Artificial

- **Ondas Gravitacionales (OG):** Detección de OG y nueva física? [Arxiv:2508.05395](https://arxiv.org/abs/2508.05395)
  - Simulación de catálogos de estrellas binarias y su detección en LISA y Einstein Telescope
- **Axiones:**
  - Potencial como Materia Oscura? [Arxiv:2508.19109](https://arxiv.org/abs/2508.19109)
  - Impacto en CMB? [Arxiv:2404.01457](https://arxiv.org/abs/2404.01457)
- **Lattice:** Estudio de nuevos algoritmos y estrategias
  - Problemas con muchas escalas? (masas de quarks,  $\alpha_s$ ) [Arxiv:2501.06633](https://arxiv.org/abs/2501.06633)
  - susceptibilidad topologica a  $T > 0$  propiedades de axiones? [Arxiv:2402.17518](https://arxiv.org/abs/2402.17518)
- **Inteligencia Artificial:** Uso transversal de nuevas técnicas computacionales para resolver problemas en física de altas energías y cosmología



## Inversión:

- Nodos de calculo (45%): GRAVITON  
<https://som.ific.uv.es/somdocumentation/graviton.html>
- Contratación de administrador de sistemas (55%)  
<https://som.ific.uv.es/postdoc/nicolas-lang/>



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



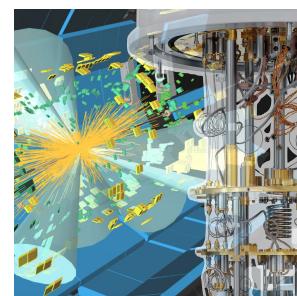
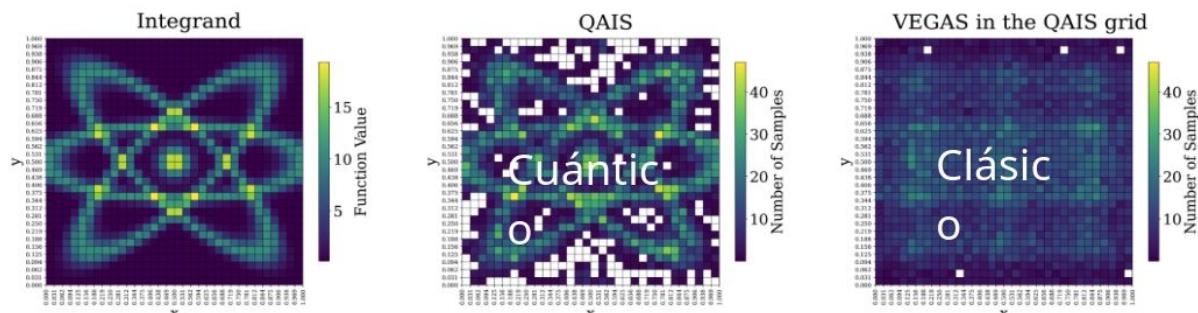
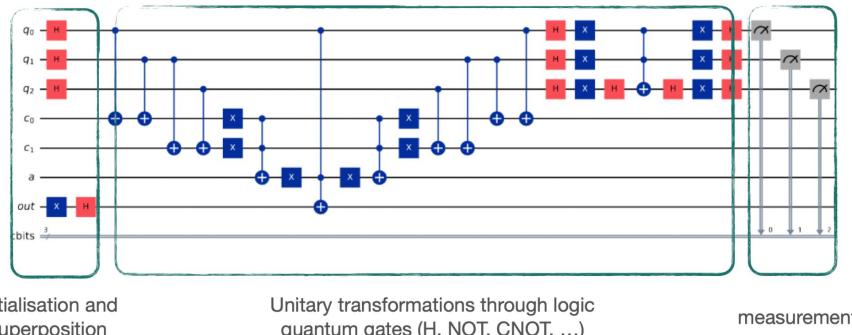
Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



GVA  
NEXT  
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

# Algoritmos Cuánticos para Física de Partículas

- Exploración de algoritmos cuánticos para resolver los desafíos actuales de computación en física de partículas
- Varios algoritmos y aplicaciones:
  - Agrupamiento y clasificación (jets)
  - Modelos generativos con computación cuántica
  - Aprendizaje automático cuántico (QML)
  - Algoritmos variacionales (VQE)
  - Optimización de oráculos en teoría de grafos
  - Muestreo de importancia adaptativo cuántico



## Inversiones:

- 4 equipos MAC STUDIO con CPU de 24 Núcleos, GPU de 60 Núcleos, para simulaciones cuánticas



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



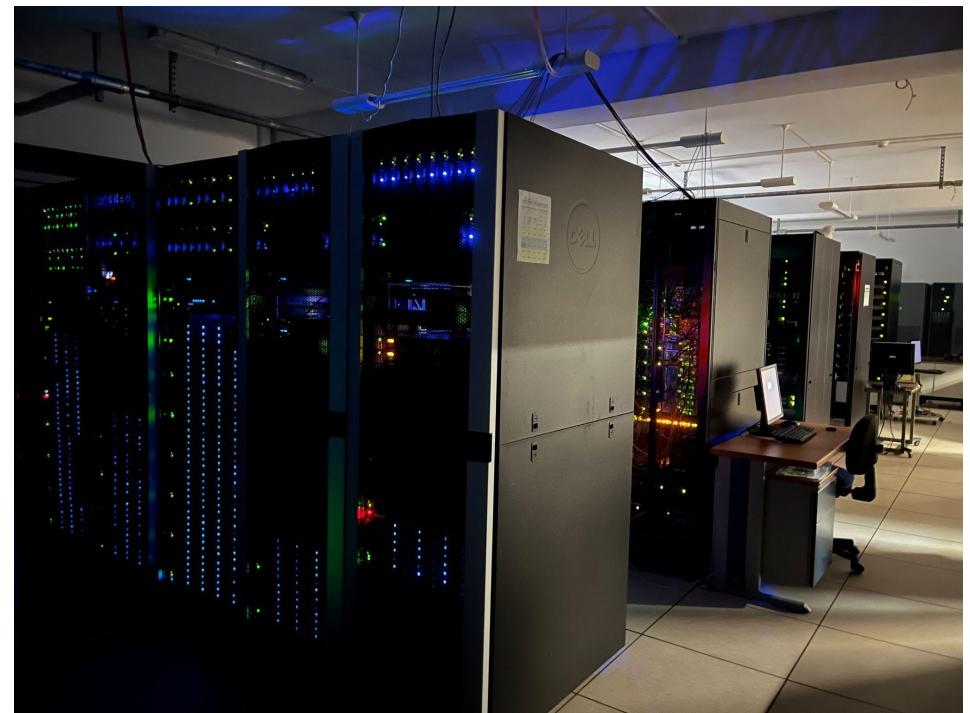
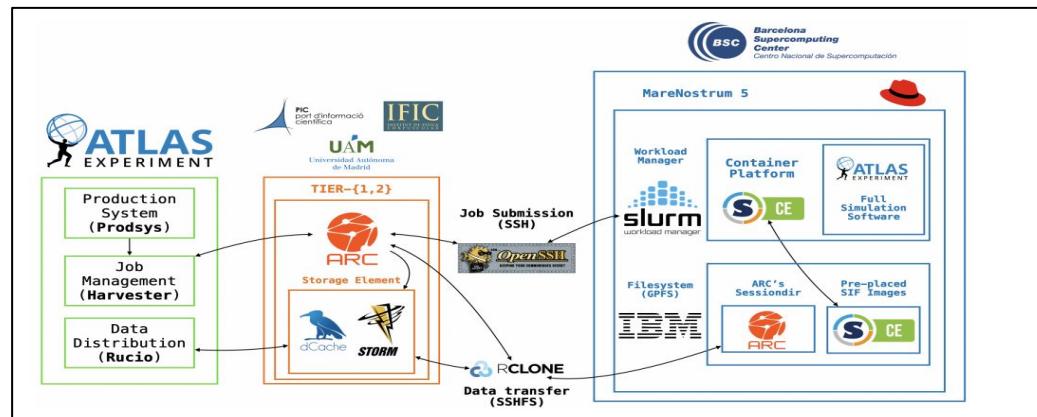
Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



**GVA** **NEXT**  
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

# Computación Avanzada para el procesado intensivo de Big Data en ATLAS

- Contribución a la operación y mejora del Tier-2 de ATLAS en el IFIC de Valencia
  - Contratación de personal dedicado para colaborar en las tareas de administración y gestión del Tier-2
  - Mejora de las capacidades del Tier-2: 3 servidores CPU (288 núcleos) + 6 servidores de almacenamiento (3 PB SAS, 19 TB SD)
- Explotación de recursos HPC externos
  - Generación de simulaciones MC de ATLAS en MareNostrum 5 (40 Mhoras)
- Despliegue de una infraestructura local de análisis en IFIC (~50 usuarios)
  - Combinación de CPU y GPU con una interfaz de usuario en Jupyter Notebook



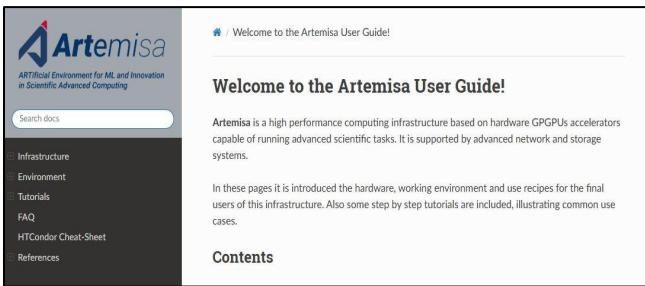
The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



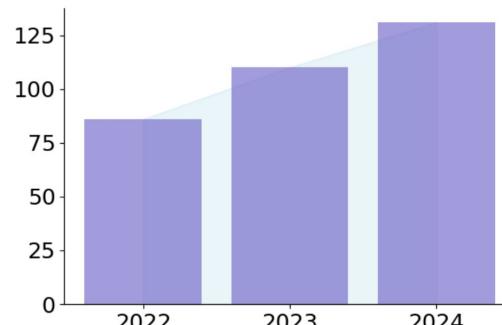
- Artemisa es una infraestructura de computación intensiva en GPU dedicada a IA y ML, ubicada en el IFIC
  - 37 servidores de cálculo que alojan 45 GPUs de última generación (V100, A100, H100), incluyendo un servidor de alto rendimiento con 8 GPUs A100. Se han añadido recientemente 4 GPUs H100.
  - 8 servidores de disco con 500 TB, de los cuales 150 TB son SSD
- Aumento sostenido del número de proyectos, manteniendo una alta retención y un creciente uso de horas de GPU.
- Contratación de un ingeniero informático para el desarrollo y soporte de la infraestructura
  - Elaboración de documentación y soporte a los usuarios
  - Desarrollos y actualizaciones generales de la infraestructura



[artemisa.ific.uv.es](http://artemisa.ific.uv.es)



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



Número de proyectos



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia

GENERALITAT  
VALENCIANA  
Conselleria de Educació, Cultura,  
Universitats y Empleo

**GVA** **NEXT**  
Fondos Next Generation en la Comunitat Valenciana

# Resumen y conclusiones

- **Consolidación de infraestructuras de computación avanzada:**
  - Ampliación y modernización de ATLAS Tier-2, ARTEMISA y GRAVITON, con nuevas capacidades en CPU, GPU y almacenamiento, junto con personal técnico y administradores de sistemas incorporados.
- **Uso transversal de IA:**
  - Aplicación de técnicas avanzadas de ML y deep learning en física de partículas, astrofísica y cosmología, desde identificación de eventos hasta análisis de catálogos y simulaciones.
- **Nuevos algoritmos clásicos y cuánticos:**
  - Desarrollo de herramientas innovadoras de Big Data, data science y computación cuántica para abordar análisis de datos cada vez más complejos.
- **Impacto directo en experimentos clave:**
  - Contribuciones en ATLAS, LHCb, LISA/ET y grandes cartografiados astronómicos, tanto en simulación como en explotación de datos masivos.
- **Refuerzo de capacidades técnicas y humanas:**
  - Incorporación de personal investigador, ingenieros e informáticos para garantizar la sostenibilidad, soporte y evolución de la infraestructura.



The ASFAE's research projects acknowledge the financial support from the MCIN with funding from the European Union NextGenerationEU and Generalitat Valenciana.



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 Esport

GVA  
NEXT

# Gracias

