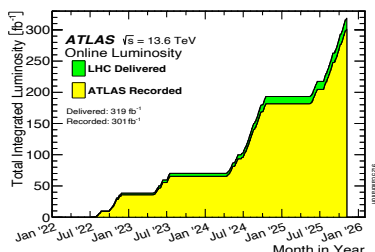


RESUM GRÀFIC DELS RESULTATS DEL PROJECTE (TIPUS PÒSTER) (Obligatori): 1 - 2 pàgines màxim
RESUMEN GRÁFICO DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO (TIPO PÓSTER) (Obligatorio): 1 - 2 páginas máximo

Operación del detector ATLAS



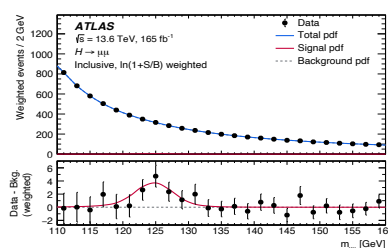
Durante 2025 se han acumulado **119 fb⁻¹ de datos a 13,6 TeV**, con los que se han alcanzado los 301 fb⁻¹ en el Run-3 del LHC (2022-2025). Se ha contribuido a la **operación general de ATLAS** con 29 FTEs ("Full Time Equivalent") y a la **operación de los sub-detectores**: Detector internos de trazas (ID) y al Calorímetro Hadrónico TileCal

Principales resultados del análisis de datos en el experimento ATLAS

Medidas en el sector del bosón Higgs

Observación de la desintegración del bosón de **Higgs en un par $\mu^+\mu^-$** , permite estudiar, por primera vez, el acoplamiento del bosón de Higgs a los fermiones de segunda generación.

<https://doi.org/10.1103/gzdh-p159>

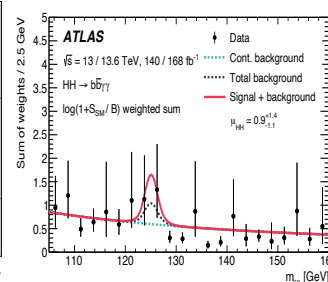
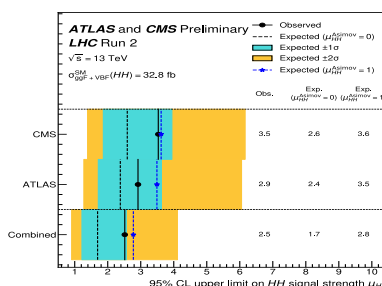


Medidas legado de del Run-2, entre ellas, las secciones eficaces diferenciales de producción del bosón de Higgs en el canal de desintegración a dos leptones tau, $H \rightarrow \tau^+\tau^-$.

[https://doi.org/10.1007/JHEP03\(2025\)010](https://doi.org/10.1007/JHEP03(2025)010)

Primera combinación de las búsquedas de **producción de pares de bosones de Higgs** de ATLAS y CMS, estableciendo un límite superior al 95 % CL sobre la sección eficaz total de producción de 2,5 veces la predicción del Modelo Estándar, Proporcionando información clave sobre el potencial del Higgs y la estructura del sector electrodébil. Esta combinación la medida del canal $HH \rightarrow b\bar{b}\gamma\gamma$ de este proyecto.

<https://doi.org/10.48550/arXiv>

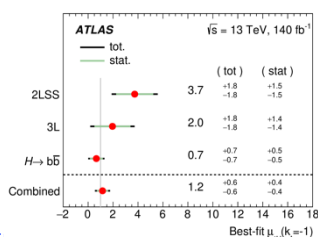


Acoplamiento bosón Higgs-quark top

La medida de la producción asociada de un Higgs con un quark top o un par de tops nos permite medir el **signo** y la **intensidad de su acoplamiento**.

<https://doi.org/10.1007/JHE>

<https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.23755>

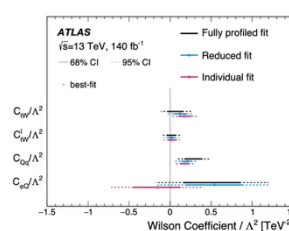


Acoplamiento quark top-bosones gauge

El estudio del **vértice Wtb** en el canal t de producción de un solo top, permite verificar el Modelo Estándar utilizando **Teoría Efectiva**.

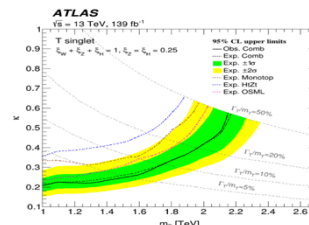
<https://doi.org/10.48550>

[/arXiv.2510.23372](https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.23372)



Búsqueda de Física más allá del Modelo Estándar

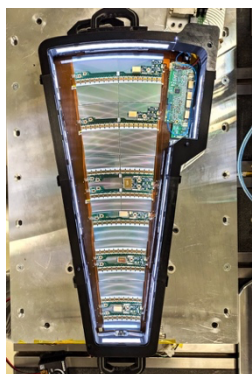
Algunos modelos de física más allá del Modelo Estándar predicen la existencia de **quarks de tipo vectorial**, entre ellos el quark T con ($T \rightarrow Ht$ and $T \rightarrow Zt$). Masa por bajo de 2.1 TeV se excluyen con los datos de Run-2 de ATLAS
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.111.012012>



En el sector del bosón de Higgs, se investiga la posible existencia de **desintegraciones del Higgs con violación del sabor leptónico**, en particular, en los canales que involucran un leptón tau y un electrón o un muón. También, se realizan búsquedas de bosones de **Higgs pesados** que se desintegran en pares de leptones tau, como predicen diversos modelos extendidos del sector de Higgs.

Actualización del detector ATLAS para la fase HL-LHC

Detector de Trazo iTK



Ha comenzado la producción de módulos y pétalos (ver foto) del nuevo detector interno de ATLAS (iTK). El IFIC participa en la producción de **100 pétalos y 648 módulos**. Tras la cualificación del laboratorio, se han ensamblado con éxito **cerca de 40 módulos y 7 pétalos**. Así como, de **2 de los 16 módulos** de servicios.

Calorímetro Hadrónico TileCal

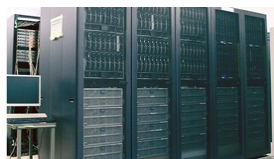


Avance significativo en el desarrollo del **TilePPr**, componente clave entre el TileCal y el sistema de Trigger y la adquisición de datos. **Integrados con éxito los módulos ACBB y CPM** en ATLAS. Tras superar la Final Design Review, se inició y completó la fase de pre-producción.

Computación

Finalmente se ha podido adquirir la **infraestructura necesaria para ampliar la capacidad de cálculo** y con ello poder afrontar el aumento en datos en Run-3. Se está realizando su integración en el Tier-2 del IFIC para su explotación.

Se está trabajando en la búsqueda de **nuevas soluciones para la fase HL-LHC**, utilizando la experiencia en el Run-3 de ATLAS



Aplicaciones

Se ha ensamblado y puesto en funcionamiento una **cámara Compton** para aplicaciones de imagen médica en el PTE, **basada en un detector de silicio y un detector de centelleo** como segundo detector.



En ambos sistemas se han empleado tarjetas **AliVATA** para la lectura de señal, Demostrando su capacidad para operar de forma simultánea y eficiente detectores de distinta naturaleza.

IMPACTE SOCIAL DELS RESULTATS (Obligatori): 1 pàgina màxim**IMPACTO SOCIAL DE LOS RESULTADOS (Obligatorio): 1 página máximo**

Los resultados del proyecto han tenido un impacto social y científico significativo al reforzar la confianza pública en la ciencia básica, sus aplicaciones tecnológicas y la cooperación internacional como motor del conocimiento. Con una notable aparición en los medios de comunicación y las redes sociales, así como reconocimiento público puesto de manifiesto en la concesión a la colaboración ATLAS del galardonados del [Breakthrough Prize in Fundamental Physics](#), un premio internacional prestigioso que reconoce contribuciones científicas destacadas y amplifica la visibilidad pública de las publicaciones basadas en datos del LHC. Los fondos se están destinando a becas y formación de jóvenes investigadores a través de la Fundación *CERN & Society*.

Los avances científicos realizados contribuyen de forma sustancial a profundizar en la comprensión de la materia y de sus interacciones. Más allá de los avances en ciencia básica, la difusión abierta de datos y resultados desempeñó un papel clave en la transferencia de conocimiento a la sociedad, favoreciendo una mayor cultura científica y transparencia en la investigación. ATLAS lanzó en 2025 una versión beta de sus datos abiertos para educación y divulgación (*Open Data for Education and Outreach*), con herramientas y materiales diseñados para que estudiantes, docentes y público general puedan explorar datos reales del experimento. Los investigadores de este proyecto han utilizado el *ATLAS Open Data* en la escuela de verano del IFIC 2025 como introducción a la investigación en Física de Partículas, Astropartículas, Física Nuclear y en sus aplicaciones a la Física Médica para estudiantes del grado de Física en el ámbito nacional.

Por otra parte, se han impulsado actividades de divulgación dirigidas a públicos diversos, desde Masterclass para estudiantes, charlas en colegios e institutos de secundarias, charlas para el público general o ventos como la celebración del 70 aniversario del CER con 700 asistente.

Así mismo, se contribuyó a la visibilizarían del papel de la mujer en la ciencia, en parte gracias a la concesión del Premio Nacional de Investigación a Carmen García, primera mujer galardonada en el área de Física, lo que ha servido como referente e inspiración para nuevas vocaciones.

Parte de nuestro proyecto es la formación de jóvenes investigadores, alguno de ellos tras su tesis se ha integrado en distintos sectores industriales, principalmente en el sector de empresas de Inteligencia Artificial y gestión de grandes cantidades de datos.

Por otro lado, las innovaciones tecnológicas desarrolladas en ATLAS, como las técnicas avanzadas de análisis de grandes volúmenes de datos y el uso de inteligencia artificial, han encontrado aplicaciones más allá de la física de partículas. Entre ellas destaca el desarrollo de herramientas para la monitorización y alerta temprana de los efectos de las tormentas solares sobre la Tierra, con potencial impacto en la protección de infraestructuras críticas.

Finalmente, una parte esencial del trabajo se centra en la transferencia de tecnología al ámbito de la salud. Las técnicas de detección de partículas y los algoritmos de reconstrucción se están adaptando a aplicaciones de diagnóstico médico por imagen, en particular en tomografía por emisión de positrones (PET). Utilizando detectores de silicio se puede mejorar la resolución de las imágenes y reducir la dosis administrada a los pacientes, con un impacto directo en la calidad de vida.

JUSTIFICACIÓ D'ALTRES MÈRITS QUALITATIUS (Opcional): 2 – 3 pàgines màxim**JUSTIFICACIÓN DE OTROS MÉRITOS CUALITATIVOS (Opcional):** 2 – 3 páginas máximo

Los principales objetivos de este proyecto durante la anualidad 2025 han sido:

- Contribución al **funcionamiento del detector ATLAS** durante el Run-3 del LHC, incluyendo la operación de TileCal, el detector interno y el sistema de *trigger*, así como el estudio de las partículas producidas en colisiones.
- Explotación del **potencial de la física de ATLAS** con datos de Run-2 y Run-3, mediante medidas de precisión del Modelo Estándar en los sectores del Higgs y del quark top y búsquedas de nueva Física.
- Avance en la **construcción y puesta en marcha de los nuevos detectores para el HL-LHC**, en particular el ITk, incluyendo producción, integración e instalación de componentes. Y la actualización de la electrónica de lectura y *trigger* de TileCal.
- Mejora de la **infraestructura informática Tier-2 de ATLAS en el IFIC** para Run-3 y HL-LHC.
- Continuidad y desarrollo de **proyectos con impacto social**, en física médica y en inteligencia artificial y aprendizaje automático.

Muestra de nuestro impacto dentro de la colaboración son los puestos de responsabilidad durante 2005 dentro de la colaboración Susana Cabrera: **Physics Office Member**: 2023-2025. **HIGP-Tops MC Samples contact** desde Julio de 2025; Maria Jose Costa: **ATLAS Collaboration Board Chair**, 2024-2025: Deputy en 2023 y 2026; Luca Fiorini: **Tile IB Chair** desde Mayo de 2025, Tile Calorimeter Off-detector Electronics Responsible, 2018-2025, Tile Calorimeter Preprocessor Carrier Board and CMP Production Coordinator, 2018-2025; Jose Enrique García Navarro: **ATLAS Database and Metadata (ADAM) Coordinator**, desde 2025.

Miembros del equipo, estudiantes predoctorales y contratados postdoctorales supervisados por los mismos, han impartido charlas en las principales **conferencias** internacionales del campo de la Física de Partículas:

Francesco Curcio (LaThuile2025), Mariam Chitishvili (DIS2025_), Jose Enrique Garcia Navarro (2) (LHCP2025_), Eduardo Torres Reoyo (BTTB13), Francesco Curcio (EuCAIFCon2025), Tamar Zakareishvili (EPS-HEP2025_), Arya Aikot (ICNFP2025), Maria Moreno Llacer (CKM2025_), Carlos Lacasta Llacer (VCI2025) y un póster L. Barrientos et al (2025 IEEE)

También se han organizado diversos congresos **Carmen García** (presidenta del comité científico) y **Gabriela Ilosá** han organizado ANIMMA-2025 con 344 participantes, **Carlos Lacasta**, *Endcap Strip Production Preparation Workshop*, con 71 participantes. **Salvador Martí**, *13th edition of the Beam Telescopes and Test Beams Workshop*, con 83 participantes. **Carlos Escobar**, *9th RED LHC workshop*, con 55 participantes. **María José Costa y José Enrique García Navarro**, *XVII Jornadas CPAN*, con 280 participantes. **María José Costas**, 70 Aniversario del CERN en España con 200 participantes, ATLAS week Paestum, con 209 participants., ATLAS Collaboration Week-June 2025, con 442 participants y ATLAS Collaboration Week-February, con 600 participants, **Salvador Martí**, comité organizador local de 2025 *European School of High-Energy Physics*.

En este período se han presentados las 4 tesis doctorales: Antonio Jesús Gómez Delegido (premiado con **2025 ATLAS Thesis Award**), David Muñoz Pérez, Adrián Rubio Jiménez y Mariam Chitishvili, y están en marcha las tesis de Clara Carrión Martínez, Guillem Arbona Ferrer, Eduardo Torres Reoyo, Enrique Valiente, Arya Aikot, Ryan Taylor Juan Ramírez Alfaro y Guillermo García Mir.

Operación del detector ATLAS

Durante el año 2025, con el detector ATLAS hemos acumulado la mayor cantidad de datos registrada en toda la operación del LHC con una eficiencia superior al 97%. Luminosidad acumulada durante la fase LHC Run 3 (2022-2025, recientemente extendida hasta mediados de 2026) es de 301 fb^{-1} , cumpliendo los objetivos marcados en este periodo. Hemos estado muy involucrado en la operación del detector ATLAS, contribuyendo a la adquisición de datos, al sistema de trigger, a la calibración y al software de reconstrucción con una dedicación de equivalente a 29 FTEs. Cabe mencionar la participación en tareas como expertos: *Tile DAQ expert on call* y *Trigger Menu Expert on Call*.

En 2025, los dos contratados pre-doc del proyecto, Ryan James Taylor Vara y Clara Carrion Martinez, han finalizado sus

proyectos de cualificación para formar parte de la colaboración en ATLAS, y se ha iniciado los procesos de Guillermo García Mir, Guillem Arbona y Eduardo Torres.

Contribuciones al programa de física de ATLAS:

Medidas en el sector del bosón Higgs.

En 2025 el equipo contribuyó de forma destacada a las medidas del sector del bosón de Higgs, centradas en la autointeracción mediante la producción no resonante de pares de Higgs en el canal $H(\rightarrow bb)H(\rightarrow \gamma\gamma)$, con datos del Run 2 y parte del Run 3, desarrollando infraestructura de análisis, estudios de incertidumbres, mejoras del *trigger* de un fotón, modelado del fondo γ +jets y técnicas de *machine learning* basadas en BDT, cuyos resultados se publicaron en Phys. Lett. B (*arXiv:2507.03495*), en el marco de la tesis doctoral de Ryan James Taylor Vara. Los resultados del Run 2 (JHEP 01 (2024) 066) se incluyeron en la combinación ATLAS–CMS de búsquedas de HH, estableciendo un límite superior del 95% C.L. de 2,5 veces la predicción del Modelo Estándar (ATLAS-CONF-2025-012, CMS-PAS-HIG-25-014). Asimismo, el equipo participó en la primera evidencia experimental de $H\rightarrow\mu+\mu$ (Phys. Rev. Lett. **135** (2025) 231802) y en las medidas legado de secciones eficaces diferenciales en $H\rightarrow\tau+\tau^-$, publicadas en JHEP 03 (2025) 01 y en la tesis doctoral de Antonio Jesús Gómez Delegido, distinguida con el 2025 ATLAS Thesis Award.

Medida de acoplamientos del top y el bosón de Higgs.

El estudio de la interacción entre el bosón de Higgs y el quark top es clave para comprender cómo las partículas elementales adquieren masa y para investigar la ausencia de antimateria en el Universo mediante posibles nuevas fuentes de violación de la simetría CP. El equipo contribuyó a la primera búsqueda optimizada específicamente para la producción conjunta de un único quark top y un Higgs utilizando datos del Run 2 del LHC, publicada en JHEP10(2025)093, centrada en canales experimentales con múltiples leptones (electrones y muones), y coordinando el grupo de ATLAS responsable de estos análisis y de la combinación global de canales para maximizar la sensibilidad. Asimismo, participó en la medida de la producción asociada de un par quark–antiquark top y un Higgs utilizando el conjunto completo de datos del Run 2, a través del canal experimental de tres leptones (electrones, muones y leptones tau), incluyendo medidas diferenciales en función del momento transversal del Higgs dentro de la aproximación *Simplified Template Cross Section*, lo que permite estudiar la intensidad del acoplamiento top–Higgs y restringir posibles mezclas CP impares; este trabajo se publicó en *arXiv:2510.23755* y fue enviado a JHEP. En este contexto se enmarca la tesis doctoral de David Muñoz Pérez.

Búsqueda de Nueva Física en el sector del bosón de Higgs.

En el ámbito de la búsqueda de nueva física en el sector del bosón de Higgs, el grupo desarrolla análisis avanzados con el experimento ATLAS centrados en dos líneas principales. Por un lado, se investiga la posible existencia de desintegraciones del bosón de Higgs con violación del sabor leptónico, en particular en los canales que involucran un leptón tau y un electrón o muón, lo que constituiría una señal inequívoca de física más allá del Modelo Estándar. Por otro lado, se realizan búsquedas de bosones de Higgs pesados que se desintegran en pares de leptones tau, como predicen diversos modelos extendidos del sector de Higgs. Durante 2025 el equipo trabajó activamente en el desarrollo de nuevos análisis que combinan datos de Run 2 y Run 3, con el objetivo de mejorar significativamente la sensibilidad y producir resultados competitivos en los próximos años.

Medidas el acoplamiento del quark top a bosones gauge.

En 2025 el equipo continuó liderando el estudio del vértice $Wb\bar{t}$ en la producción de *single top* en el canal $t\bar{t}$, mediante el análisis cuádruple-diferencial de la desintegración del quark top para extraer simultáneamente fracciones de helicidad, fases y componentes de polarización de top y anti-top, utilizando técnicas de Fourier aplicadas a observables angulares de alta sensibilidad. En el marco de la teoría efectiva de campos se obtuvieron fuertes restricciones a los coeficientes de Wilson, compatibles con el Modelo Estándar, publicadas en *arXiv:2510.23372* (enviado a JHEP), trabajo que constituye la tesis doctoral de Mariam Chitishvili (julio 2025).

Entrelazamiento cuántico en pares de quarks top-antitop y desigualdades de Bell en el LHC.

En esta línea, el equipo ha iniciado nuevos desarrollos en entrelazamiento cuántico en pares $t\bar{t}$ y desigualdades de Bell en el LHC, incorporando protocolos de tomografía cuántica propuestos en Phys. Lett. B 855 (2024), así como la

codirección de la tesis de máster de José Manuel Camacho Suárez sobre entrelazamiento y decoherencia en la producción de pares de quarks top (Universidad de Valencia, julio 2025).

Interpretación en el contexto de Teorías Efectivas (EFT).

Los resultados del equipo abarcan interpretaciones en teorías efectivas de campo (EFT) que establecen límites a los coeficientes de Wilson asociados a nueva Física, publicados en **JHEP 03 (2025) 01** y **arXiv:2510.23372**, así como una actualización global del sector del quark top en SMEFT combinando datos de Tevatron, LEP y LHC, con proyecciones para el LHC de alta luminosidad y futuros colisionadores (**JHEP 10 (2025) 156**).

Búsqueda de Nueva Física en el sector del quark top:

Hemos contribuido a las búsquedas participando en análisis *mono-top* e interpretando los resultados en términos de la producción de quarks vectoriales T , así como en la combinación de búsquedas de producción individual de T en distintos estados finales, estableciendo los **límites más restrictivos hasta la fecha (Phys. Rev. D 111 (2025) 012012)**. Además, desarrolló técnicas de **detección de anomalías basadas en aprendizaje automático**, publicadas en **Eur. Phys. J. C 85 (2025) 415**, y enmarcadas en la tesis doctoral de **Adrián Rubio Jiménez** (julio 2025). En paralelo, **Clara Carrión** inició su tesis doctoral liderando la búsqueda de **jets desplazados en ATLAS**, trabajando en nuevos modelos de señal mediante simulaciones Monte Carlo, incluidos escenarios con axiones acoplados al quark top (*arXiv:2508.21660*) y leptones neutros pesados de larga vida (*arXiv:2510.26946*).

Actualización del detector de ATLAS para la fase de alta luminosidad (HL-LHC).

2025 ha sido el año en el que ha comenzado la producción de módulos, pétalos y módulos de servicios para el nuevo detector de trazas (ITk-Strips) de ATLAS en la fase de alta luminosidad del HL-LHC. Todos los setups están listos y operativos. Se han construido en el IFIC 2 de los 16 módulos de servicios para los endcaps del ITk-Strips, cerca de 40 módulos y 7 pétalos, nuestro compromiso es la construcción de 100 pétalos y 648 módulos.

En paralelo, el grupo desempeñó un papel clave en la **actualización del calorímetro TileCal**, liderando el desarrollo y validación del **Tile PreProcessor (TilePPr)**, incluidos los algoritmos de procesado en tiempo real, el sistema de control y monitorización y su integración con el *trigger*. En 2025 se completaron hitos críticos como la validación en ATLAS del *demonstrator*, la superación de la **Final Design Review** y la **preproducción**, dejando el sistema preparado para la producción en serie y la integración en la Fase II del LHC.

Computación en ATLAS:

La investigación se ha centrado en el desarrollo y optimización de infraestructuras avanzadas de computación distribuida para el procesamiento y análisis de los grandes volúmenes de datos generados por el LHC del CERN en el experimento ATLAS. Desde el IFIC, se ha contribuido de manera decisiva al funcionamiento del centro, tier2, de computación asociado al experimento ATLAS del LHC, permitiendo análisis científicos de alto impacto en física de partículas. Esta experiencia consolida una base sólida para el desarrollo de nuevas soluciones computacionales escalables, esenciales para afrontar los retos científicos y tecnológicos de la próxima fase del LHC.

Aplicación de las tecnologías desarrolladas a los retos de la Sociedad: Física Médica.

En el ámbito de la física médica, se avanzó en la mejora de la tarjeta AliVATA, completando su nuevo diseño e iniciando las pruebas, cuya caracterización finalizará en la próxima anualidad. Así mismo, se ensambló y validó una cámara Compton basada en un detector de silicio y uno de centelleo, ambos leídos con tarjetas AliVATA optimizadas y un software común de adquisición, dando lugar a un sistema compacto y funcional que será optimizado en la siguiente fase.

Dentro del estudio del efecto de las tormentas solares en infraestructuras sensibles terrestres, hemos desarrolló diversa estrategia para predecir el índice geomagnético a nivel de la superficie terrestre a partir de datos de diversos satélites. Durante este año hemos considerado incluir nuevas técnicas basados en Transformers y así como nuevas variables, junto con la ampliación de los datos utilizados. Hemos trabajado en la definición de nuevas parámetro que nos determinen la calidad de las predicciones.

INFORMACIÓ ADDICIONAL PER ALS INFORMES DE SEGUIMENT I FINAL ANUAL, NECESSÀRIA PER EXIGIR-HO LA CONVOCATÒRIA (Exemple: Acreditació necessitat i especificitat d'equips informàtics, descripció activitats realitzades pels investigadors doctors convidats, incorporació al grup d'investigadors predoctorals en el cas de grups AICO, etc.)

INFORMACIÓN ADICIONAL PARA LOS INFORMES DE SEGUIMIENTO Y FINAL ANUAL, NECESARIA POR EXIGIRLO LA CONVOCATORIA (Ejemplo: Acreditación necesidad y especificidad de equipos informáticos, descripción actividades realizadas por los investigadores doctores invitados, incorporación al grupo de investigadores predoctorales en el caso de grupos AICO, etc.)

Uno de los objetivos del proyecto es la actualización de la infraestructura informática de Tier-2 de ATLAS en el IFIC y de la infraestructura de análisis local (Tier-3), para poder afrontar los retos computacionales del Run-3 de ATLAS al aumentar la luminosidad (intensidad de los haces) del LHC en esta fase. Durante el año 2025, con el detector ATLAS hemos acumulado la mayor cantidad de datos registrada en toda la operación del LHC. Luminosidad acumulada durante la fase LHC Run 3 (2022-2025, recientemente extendida hasta mediados de 2026) es de 301 fb^{-1} , cumpliendo los objetivos marcados en este periodo. Esto supone una inmensa cantidad de datos para analizar a lo que se une los análisis pendientes del Run-2 y la combinación de ambas estadísticas. Con esa infraestructura también se podrá estudiar formas de almacenar y procesar los datos cara a la fase de muy alta luminosidad del LHC (HL-LHC). Con estos objetivos se ha adquirido:

- Servidores de cálculo: 2 SUPERSERVER SSG-540P-E1CTR45H SUPERMICRO y sus complementos para la instalación
- Servidores de disco magnético idénticos orientados a almacenamiento en red: 2 S-1125HS-TNR SUPERMICRO AMD y sus complementos para la instalación.

En este período no hemos recibido investigadores invitados.