



Primeras colisiones a 13 TeV en el experimento CMS. Imagen: CERN.

## El LHC rompe el récord de energía

*El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) produce sus primeras colisiones a 13 TeV (teraelectronvoltios), un nivel de energía nunca antes alcanzado en un acelerador de partículas. Es un paso previo al inminente inicio del programa de física, previsto a principios de junio, cuando se producirán colisiones estables en los experimentos.*

En abril, los haces de partículas ya volvieron a circular por el LHC tras dos años de parón. El equipo de operaciones había conseguido colisiones a 900 GeV (450 por cada haz), pero incrementar la energía a 6,5 TeV por haz cambia significativamente los parámetros. Además, los haces se concentran en un punto mucho más pequeño en los detectores, por lo que el lugar de las colisiones dentro de los experimentos puede cambiar. Jorg Wenninger, del equipo de operaciones del LHC, explica: "Los haces son diminutos, solo unas 20 micras (millonésima parte del metro), 10 veces menor que a 450 GeV. Así que tenemos que analizarlo todo, ajustando la órbita de cada haz hasta que las tasas de colisiones que nos proporcionan los experimentos nos muestran que los estamos haciendo colisionar correctamente". El diseño del LHC permite más de 2.800 paquetes de protones circulando a la vez, pero el equipo de operaciones comenzó las pruebas de colisiones a 13 TeV con solo uno o dos paquetes para asegurarse de que todo funciona adecuadamente.

**Quando encuentren los puntos óptimos de interacción y se validen los colimadores, el LHC se convertirá en una "fábrica de colisiones"**

Cuando el equipo de operaciones encuentre los puntos donde los haces interactúan de forma óptima para proporcionar el mayor número de datos, se colocarán los colimadores correctamente alrededor de las órbitas de los haces para interceptar las partículas que se desvían de la trayectoria antes de que puedan llegar a los imanes o detectores. A partir de ahí, el LHC entrará en modo de producción, describe Wenninger, convirtiéndose en una "fábrica de colisiones" que entrega datos a los experimentos. En ese momento, los experimentos podrán entrar completamente en funcionamiento, comenzando el Run 2 del LHC.

Los experimentos del LHC (ATLAS, ALICE, LHCb y CMS) usan los datos de estas pruebas para comprobar partes de sus detectores para el próximo ciclo de funcionamiento. Pero conseguir "haces estables" será solo el comienzo para el equipo de operaciones del LHC. "La máquina cambia alrededor tuyo", puntualiza Wenninger. "Habrá pequeños cambios a lo largo de los meses, por lo que tenemos que ajustarla cada día".

### Datos básicos del acelerador

- El LHC es la máquina científica más grande jamás construida. Es un anillo de 27 kilómetros de circunferencia enterrado a 100 metros bajo la frontera franco-suiza cerca de Ginebra.
- En su interior circulan protones a velocidades cercanas a las de la luz 11.000 veces por segundo. Tecnologías punteras lo convierten en un lugar más frío que el espacio exterior y el más vacío del Sistema Solar.
- El mantenimiento del LHC duró 24 meses (2013-2015). Supuso 1,5 millones de horas de trabajo y 300 personas involucradas.
- Se reforzaron 10.170 interconexiones entre imanes para permitir corrientes de 11.000 A.
- Se reemplazaron 18 imanes superconductores.
- Se instalaron más de 1.000 km de cables.
- En el Run 2, los haces de partículas están compuestos por paquetes con menos protones, pero más seguidos (cada 25 nanosegundos).
- Producirá colisiones a 13 TeV, en lugar de 8 TeV.
- De las 40 millones de colisiones por segundo se esperan guardar 1.000, más del doble que en el ciclo de funcionamiento anterior.

# Apoyo al Colisionador Lineal Internacional

**Un nutrido grupo de científicos muestra su respaldo a la construcción de este experimento, complementario para analizar lo que descubra LHC**

Los asistentes al simposio sobre el Colisionador Lineal Internacional (ILC) celebrado en abril en Tokio, la Colaboración del Colisionador Lineal (LCC) y los más de 300 participantes reunidos en el workshop Asian Linear Collider (ALCW), decidieron emitir un comunicado confirmando su convicción de la justificación científica para una pronta realización del ILC. Según los científicos, el ILC explorará con detalle las fuerzas fundamentales y los constituyentes de la materia recreando las condiciones del inicio del Universo. Destacan que la viabilidad del ILC ha sido demostrada en su Informe Técnico de Diseño. "El ILC está listo para ser construido", destacan, agradeciendo el interés

mostrado por el gobierno japonés para albergar la instalación. En este sentido, la comunidad científica reconoce la envergadura del proyecto, comparable al LHC, por lo que su realización es un proyecto internacional que requiere el establecimiento de un marco internacional para compartir coste y conocimiento.

El ILC sería una máquina de precisión que, por sus características (colisionaría electrones con positrones, su antipartícula), serviría para investigar en detalle los descubrimientos del LHC como el bosón de Higgs. En España hay una importante comunidad científica que respalda el proyecto del ILC, con el apoyo del CPAN.



## Miden la desaparición de antineutrinos en T2K

*Imagen del detector Super-Kamiokande. Kamioka Observatory, ICRP, The University of Tokyo.*

El experimento T2K (del *Tokai to Kamioka*), ha registrado las primeras medidas de la desaparición de antineutrinos (antipartículas de los neutrinos) de tipo muón (una partícula elemental) a partir de los datos tomados el último año. El laboratorio de J-PARC de Tokai envía un haz de antineutrinos hacia al detector Super-Kamiokande en Kamioka (295 kilómetros de distancia) para analizar sus transformaciones. Los datos recogidos al final muestran un número de antineutrinos de tipo muón (17 en total) muy inferior al que se esperaba si no se transformaran y desaparecieran (59,8). La medida es la más precisa realizada hasta la fecha con antineutrinos.

Según los investigadores, los resultados muestran lo esperado por los cálculos teóricos: los antineutrinos de tipo muón oscilan a antineutrinos de otro tipo

(tau) y no se detectan. Este proceso medido con antineutrinos sucede también en los neutrinos, tal y como mostró T2K en 2013, cuando observó un nuevo tipo de transformación de neutrinos.

Comparar la desaparición de neutrinos y antineutrinos ayuda a poner a prueba un teorema fundamental en Física conocido como 'carga, paridad e inversión temporal' (CPT). Los resultados son comparables a los obtenidos en las mediciones más precisas realizadas con neutrinos. Esto supone que neutrinos y antineutrinos se comportan de manera similar frente a las oscilaciones, lo que confirma la simetría CPT de las leyes de la física.

En T2K participan 400 físicos de 59 instituciones y 11 países. España lo hace mediante el Instituto de Física de Altas Energías (IFAE) y el Instituto de Física Corpuscular (IFIC, CSIC-UV).

## Agenda/Convocatorias

➤ **VI Concurso Divulgación CPAN.** Sexta edición de nuestro concurso de divulgación, en colaboración con el Centro de Ciencias de Benasque Pedro Pascual. El certamen pretende estimular y reconocer la producción de material divulgativo dirigido al público general, y a los estudiantes de educación secundaria y universitarios en particular, sobre los principios, avances científicos y tecnológicos y los beneficios de la Física de Partículas, Física de Astropartículas y Física Nuclear. Pueden participar investigadores de organismos públicos y privados, estudiantes de doctorado y grado, profesores de educación secundaria, profesionales de la divulgación científica y periodistas. Se convocan cuatro modalidades: Artículos inéditos (1.000 euros); Páginas webs/blogs (1.000 euros); Vídeos (1.500 euros); Experimentos/Aplicaciones móviles (1.500 euros); y Medios de comunicación (1.000 euros). El plazo acaba el 30 de septiembre. [www.i-cpan.es/concurso6](http://www.i-cpan.es/concurso6)

➤ **Convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación.** La FECYT vuelve a lanzar su convocatoria para proyectos de divulgación científica en España. Hasta el 9 de junio. [www.convocatoria.fecyt.es](http://www.convocatoria.fecyt.es)

➤ **International Summer School on Nuclear Physics.** Nueva edición de esta escuela de verano de física nuclear organizada en el campus de La Rábida (Huelva) de la Universidad Internacional de Andalucía, con el apoyo del CPAN. Del 1 al 5 de junio. <http://institucional.us.es/rabida/>

➤ **Advanced Grants ERC.** Ayudas del European Research Council para investigadores consolidados con proyectos que abren nuevos campos en la investigación. Hasta 2,5 millones por ayuda. Hasta el 2 de junio. <http://erc.europa.eu/>

➤ **EPS-HEP 2015.** Conferencia de física de altas energías de la Sociedad Europea de Física. Del 22 al 29 de julio en la ciudad de Viena. <http://eps-hep2015.eu/>

### Oficina CPAN

INSTITUTO DE FÍSICA CORPUSCULAR (IFIC, CSIC-UV)  
PARQUE CIENTÍFICO UNIVERSIDAD DE VALENCIA  
C/ CATEDRÁTICO JOSÉ BELTRÁN, 2  
46980 - PATERNA (VALENCIA)  
EMAIL: [comunicacion@i-cpan.es](mailto:comunicacion@i-cpan.es)  
TÍF: 96 354 48 46 // [www.i-cpan.es](http://www.i-cpan.es)

GERENCIA: M<sup>a</sup> José Gracia Vidal  
ADMINISTRACIÓN: Marisa Hernando Recuero  
INFORMÁTICA: Carlos García Montoro  
COMUNICACIÓN: Isidoro García Cano

# Revelan una nueva desintegración en el LHC

*Los experimentos LHCb y CMS describen en 'Nature' la observación de una inusual desintegración de un tipo de mesones. Este fenómeno, muy infrecuente según los cálculos, es una ventana para descubrir nueva física en el acelerador*

Se trata de la primera observación de una desintegración muy inusual de las partículas  $B^0_s$  en dos muones, similares a los electrones pero más pesados. El Modelo Estándar, la teoría que mejor describe el mundo de las partículas, predice que este infrecuente proceso ocurre cuatro veces cada mil millones de desintegraciones, pero no se había visto antes. El análisis se basa en datos tomados en el LHC en 2011 y 2012. Estos datos contienen las primeras pistas de una desintegración similar pero incluso más infrecuente de la partícula  $B^0$ , emparentada con la  $B^0_s$ . Ambas son mesones,

un tipo de partículas subatómicas inestable y no elemental compuesto por un quark y su antipartícula (antiquark) unidos por la fuerza fuerte, una de las cuatro fuerzas fundamentales. Este tipo de partículas se produce solo en las colisiones de los aceleradores de partículas, o en la naturaleza mediante interacciones de rayos cósmicos.

Las dos colaboraciones de LHCb y CMS presentaron sus primeros resultados individuales sobre la desintegración de los mesones  $B^0_s$  en 2013. Aunque los resultados estaban en perfecto acuerdo, no llegaban a los 5 sigmas de precisión estadística para

proclamar una observación. El análisis combinado supera fácilmente este requisito, 6,2 sigmas. Este interesante resultado es un gran avance en una búsqueda llevada a cabo por muchos experimentos durante casi tres décadas, y tiene importantes implicaciones en la búsqueda de nuevas partículas y fenómenos más allá del Modelo Estándar, cuando el programa de física del LHC se reinicie.

El experimento LHCb está formado por más de 700 científicos de 69 instituciones y 17 países. En España, los grupos de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) y del Instituto de Ciencias del Cosmos (ICCU) de la Universidad de Barcelona han estado involucrados en el análisis publicado en Nature. En su opinión, estos estudios son una prueba importante para modelos alternativos al Modelo Estándar. Las desintegraciones de partículas están mediadas por campos, por lo que la existencia de campos desconocidos alteraría la frecuencia de un fenómeno tan raro. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran buen acuerdo con el Modelo Estándar.

# ISOLDE se prepara para su actualización

*La instalación de física nuclear del CERN producirá pronto haces de iones radioactivos con energías más altas*

La instalación del primer módulo superconductor (criomódulo) en el acelerador lineal de ISOLDE marcó el inicio de HIE-ISOLDE, la futura instalación de física nuclear del CERN con mayor energía. Compuesto por cinco cavidades superconductoras, este sofisticado módulo ha requerido años de desarrollo y meses de ensamblaje en una sala blanca en el CERN desarrollada para este proyecto. Una vez conectado a la infraestructura y realizadas las comprobaciones pertinentes, se procederá al enfriamiento del módulo. Su caracterización y validación llevará varios meses, y se espera realizar los primeros experimentos este otoño.

ISOLDE produce una amplia variedad de haces de iones radioactivos que se usan en muchos campos de investigación fundamental y aplicada. Cada año, sus haces son usados por 50 experimentos que estudian un amplio rango de temas, desde las



propiedades de átomos y núcleos hasta aplicaciones biomédicas, pasando por la astrofísica nuclear y la física del estado sólido. ISOLDE, que celebró su 50 aniversario en 2014, es capaz de producir unos 700 isótopos de más de 70 elementos. HIE-ISOLDE incrementará sus capacidades de investigación de la estructura y dinámica nuclear, produciendo además una mayor variedad de núcleos.

El nuevo módulo permitirá incrementar la energía de ISOLDE de los 3 MeV/u, megaelectronvoltios por núcleo, hasta los 4,3 MeV/u para final de 2015. El objetivo último del proyecto es producir tres módulos más que llevarán la energía del haz hasta los 10-15 MeV por núcleo y cuadruplicar su intensidad. María José García Borge, investigadora del Instituto de Estructura de la Materia (IEM-CSIC) y portavoz de ISOLDE, destaca la participación de cinco empresas españolas en HIE-ISOLDE.

## Formar técnicos en los principales experimentos

Uno de los principales objetivos del CPAN fue la formación de personal técnico en los principales experimentos con participación española. Así, de los 160 contratos cofinanciados por el CPAN desde 2008, 88 han sido para técnicos (medios, superiores, de transferencia y gestión). Su ubicación en experimentos como los del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) les permitió adquirir una valiosa formación que venía a paliar la escasez de personal técnico de alto nivel en los grupos de investigación españoles, cuya tradición había sido más teórica. Sin embargo, el futuro de estos técnicos está hoy en el aire, y muchos continúan su trabajo fuera de España.

**“Puedes llegar a los 45 y ver que no hay sitio para ti en la ciencia”**

Luis March en la sala de control del experimento ATLAS, en el CERN.

**Luis March (Valencia, 1979) es uno de los técnicos que ha trabajado en ATLAS, el mayor experimento del LHC, con un contrato CPAN. Sigue vinculado al detector, ahora en una universidad sudafricana. A punto de iniciar el Run 2, se muestra optimista con el reinicio del LHC, aunque no tanto con la posibilidad de volver a investigar en España.**

**-Pregunta: ¿Cómo comenzó en la investigación?**

**-Respuesta:** Acabé la carrera de Física en la Universitat de València en 2002. Después inicié los cursos de doctorado y conseguí una beca FPI en el grupo de computación GRID del experimento ATLAS del Instituto de Física Corpuscular (IFIC), donde defendí mi tesis.

**-P: ¿Y cómo fue el periodo que estuvo contratado por el CPAN?**

**-R:** Empecé mi contrato CPAN en 2008 con el grupo experimental de física de altas energías de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Me desplazé al CERN, porque se esperaban los primeros haces del LHC y mi trabajo estaba vinculado a la operación y mantenimiento del calorímetro electromagnético End-Cap (EMEC), donde el grupo de la UAM había participado en su construcción. Estuve tres años en el CERN con ese contrato del CPAN.

**-P: ¿Cómo siguió su carrera investigadora?**

**-R:** En 2012 conseguí un nuevo contrato con el grupo del calorímetro hadrónico de ATLAS (TileCal) del IFIC, con el que estuve trabajando en la respuesta de la nueva electrónica diseñada para el Run 2 del LHC. Desde 2014 estoy contratado por la Universidad de Witwatersrand (Johannesburgo, Sudáfrica) y sigo vinculado al calorímetro hadrónico de ATLAS, donde, además de tareas relacionadas con su operación, participo en el análisis del bosón de Higgs.

**-P: ¿Cuáles fueron sus tareas en el experimento ATLAS durante su contrato CPAN?**

**-R:** Una de mis principales tareas fue la calibración del calorímetro electromagnético mediante el estudio del tiempo de deriva, una de las primeras publicaciones de la colaboración ATLAS. Además, fui uno de los ‘Run Coordinators’ del calorímetro electromagnético del experimento durante más de un año, con cuya toma de datos se anunció el descubrimiento del bosón de Higgs.

**-P: ¿En qué ha contribuido ese periodo en su trayectoria profesional posterior?**

**-R:** Después de realizar el doctorado en computación GRID obtuve el contrato CPAN en la operación y mantenimiento del calorímetro electromagnético de ATLAS, uno de los primeros contratos CPAN destinados en el CERN. Me ayudó a aprender mucho sobre detectores. De hecho, después conseguí otro contrato para el calorímetro hadrónico de ATLAS en el que también he sido ‘Run Coordinator’, esta vez en el periodo de parada del LHC (2013-2015), cuando hubo una completa renovación del detector.

**-P: ¿Cómo ve las posibilidades del LHC en el Run 2 que está a punto de comenzar?**

**-R:** Esperamos confirmar si el bosón de Higgs descubierto es el del Modelo Estándar o si hay algo más allá. Aún quedan cuestiones pendientes que no se han podido verificar por falta de estadística. Todo apunta a que es el bosón del Modelo Estándar, pero se observan algunos excesos no explicados hasta el momento. Sería más interesante que hubiera algo más, pero la naturaleza es caprichosa... Hay otros muchos estudios que necesitan estadística para ser evaluados y por eso se espera con ansia el Run 2.

**-P: ¿Qué dificultades ha encontrado para seguir en la carrera investigadora?**

**-R:** La principal dificultad es común a todos los campos de investigación, y es la continuidad de tu trabajo. Conozco a varios compañeros que han abandonado su carrera investigadora por los recortes en investigación. Hay muchos más candidatos que contratos, lo que quiere decir que se ha invertido en formación de investigadores que posiblemente acaben con un trabajo no vinculado a la investigación. Como tantos otros, he encontrado dificultades para conseguir un contrato, aunque he conseguido enlazar tres después del doctorado. A medida que nos hacemos mayores es más difícil encontrar otro.

**“Durante mi contrato CPAN fui ‘Run Coordinator’ del calorímetro electromagnético de ATLAS en el periodo en el que se tomaron datos que sirvieron para descubrir el bosón de Higgs”**

**-P: ¿Le gustaría regresar a investigar en España?**

**-R:** Sí que me gustaría, pero la posibilidad de regresar es bastante complicada, no solo para mí, sino para tantos otros en mi situación. Regresar sería mediante una beca Ramon y Cajal y, como en todos los sectores, hay recortes. Las personas que consiguen esta beca están cerca de los 40 años, al menos en física de altas energías, lo cual implica vivir con contratos postdoctorales y esperar. Pero no es todo, una Ramon y Cajal implica un contrato por 5 años, luego puede darse la situación de llegar a los 45 y ver que no hay sitio para ti en la ciencia. Para algunas personas es más fácil encontrar un puesto estable en el extranjero y ya no cuentan con regresar.