

ESPECIAL FÍSICA DE PARTÍCULAS
SPECIAL PARTICLE PHYSICS

ROLF-DIETER HEUER

Director general del CERN
Director General of CERN

ANTONIO PICH ZARDOYA

Coordinador del CPAN
CPAN Coordinator

VÉRTICES

LA REVISTA DEL CIEMAT

Junio 2013 • Nº 19



*Más de 20 años al servicio del CIEMAT
en actividades energéticas*



VÉRTICES

LA REVISTA DEL CIEMAT

-  **Editorial** **4**
-  **Entrevista** **6**
- Rolf-Dieter HEUER
Director general del CERN
Director General of CERN
-  **El CIEMAT** **14**
- Noticias
News
-  **Artículos de fondo** **34**
- El experimento CMS: una máquina para explorar la Física del futuro
The CMS Experiment: a machine to explore the Physics of the future
- Cristina FERNÁNDEZ-BEDOYA, Mary-Cruz FOUZ IGLESIAS y Jesús PUERTA PELAYO **34**
- Viaje al interior de la materia. Tres años de resultados de física en CMS
Journey to the heart of matter. Three years of Physics Results in CMS
- Juan ALCARAZ MAESTRE, Begoña DE LA CRUZ MARTÍNEZ, Pablo GARCÍA ABIA e Isabel JOSA MUTUBERRÍA **41**
- Una red global de computación para LHC
A Global Computing Grid for LHC
- José María HERNÁNDEZ CALAMA y Nicanor COLINO ARRIERO **49**
- Los neutrinos: esas partículas esquivas *Neutrinos: The elusive particles*
- Carmen PALOMARES ESPIGA e Inés GIL BOTELLA **54**
-  **Firma invitada** **61**
- Coordinador del CPAN
Coordinator of the CPAN
- Antonio PICH ZARDOYA
-  **I+D+i en España y el Mundo** **65**
-  **Nuestros profesionales** **72**
- Antonio FERRANDO GARCÍA
-  **Publicaciones** **79**

Todas las relacionadas con el CERN que aparecen en esta revista son cortesía del CERN. / All related CERN photos appearing in this magazine are courtesy of CERN.

Fotografía de portada: "Suceso registrado en el detector CMS donde se reconstruyeron 78 vértices primarios de interacción" / Cover photo: Event recorded in the CMS detector, where 78 primary interaction vertices were reconstructed"

www.ciemat.es

EDITA:

CIEMAT

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas.

Avenida Complutense, 40
28040 Madrid (España).
Tel.: +34 91 346 60 00/01 (centralita).
Fax: +34 91 346 60 05 (central).
E-mail: revista@ciemat.es

DIRECTOR GENERAL: Cayetano López Martínez

COMITÉ CIENTÍFICO-TÉCNICO:

Coordinadora: Margarita Vila Pena.

Vocales: Begoña Bermejo, Marcos Cerrada,
Javier Domínguez Bravo, Miguel Embid,
Amparo Glez. Espartero, Carmen Martín,
Fernando Martín Llorente, Javier Monge,
Jesús Puerta-Pelayo, Isabel Redondo y Enrique Soria.

COORDINACIÓN Y EDICIÓN: Grupo Senda
C/ Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid.

Tel.: +34 91 373 47 50 - Fax: +34 91 316 91 77
E-mail: revistaciemat@gruposenda.net

PUBLICIDAD: PLAN B Comunicación Integral
E-mail: revistaciemat@planbcomunicacion.com

ARCHIVO FOTOGRÁFICO: CIEMAT-GRUPO SENDA

IMPRIME: IMGRAF. S.L.

DEPÓSITO LEGAL: M-46799-2006

ISSN: 1887-1461

NIPO: 721-13-007-8

Beneficios para la sociedad de la investigación básica: El ejemplo de la física de partículas

The Benefits of Basic Research for Society: the Example of Particle Physics



Marcos Cerrada Canales

Director del Departamento de Investigación Básica (CIEMAT)
Director of the Basic Research Department (CIEMAT)

Son numerosos los ejemplos que demuestran que la investigación básica redundará en beneficios para la sociedad. Puede parecer extraño pero en una gran mayoría de los casos el investigador de turno habría sido incapaz, *a priori*, de predecir qué utilidad práctica acabarían teniendo los resultados de su trabajo. Es la famosa pregunta de “Y eso que está usted investigando, ¿para qué sirve?” Cuando un político se lo preguntó a Faraday, él respondió: “No lo sé aún, pero seguro que su Gobierno acabará cobrando impuestos de ello”. Entre otras cosas, Faraday descubrió la inducción electromagnética, que abrió la puerta a poder construir generadores y motores eléctricos.

Un ejemplo reciente del enorme impacto que puede tener en la sociedad un descubrimiento, derivado indirectamente en este caso de la investigación básica, es la *World Wide Web*, o simplemente la web. Difícilmente podía prever Tim Berners-Lee en el CERN, hace poco más de 20 años, lo que supondría para la sociedad del siglo XXI esta herramienta inicialmente diseñada para su utilización por los físicos de partículas.

¿Cuál es pues la motivación para hacer este tipo de investigación? No hay duda de que el motor principal es la curiosidad, el afán de entender el por qué de las cosas, la necesidad de encontrar la respuesta a preguntas muy fundamentales que, en algunos casos, la humanidad lleva muchos años planteándose. Este ejemplar de la revista *Vértices* se dedica en tono monográfico a la física de partículas, uno de los campos de investigación cuyo objetivo primordial es generar conocimiento básico. Las preguntas a responder son, principalmente, cuál es la estructura de la materia a su nivel más elemental, o sea de qué está hecho todo lo que nos rodea, y cuáles son las leyes que gobiernan el comportamiento de estos componentes fundamentales del Universo. Queda aún bastante camino por recorrer antes de poder decir que conocemos la respuesta a estas preguntas, aparentemente simples. Pero hemos hecho formidables progresos a lo largo de las últimas décadas, y el año 2012 en particular ha resultado ser especialmente fascinante. Aunque aún no sabemos, como Faraday, qué implicaciones tendrá el descubrimiento del bosón de Higgs, sí podemos estar seguros de que es un hito histórico.*

Hacer investigación en física de partículas ha requerido impulsar el desarrollo de instrumentación, infraestructuras, y tecnologías muy diversas. Un buen ejemplo serían los aceleradores. Hoy en día, sin embargo, el uso generalizado de aceleradores de partículas para un amplio rango de aplicaciones es otra muestra más de retornos relevantes para la sociedad, que se derivan de la investigación

There are numerous examples that demonstrate how basic research can be beneficial for society. It may seem strange but most researchers would be incapable of predicting a priori what practical use the results of their work will end up having. It is the famous question: “And that research of yours, of what use is it?” When a politician asked Faraday that question, he answered: “I don’t know yet, but I’ll wager that someday your Government will tax it”. Among other things, Faraday discovered electromagnetic induction, which opened the door to the construction of generators and electric motors.

A recent example of the enormous impact that a discovery can have, in this case indirectly derived from basic research, is the World Wide Web – or simply the Web. Tim Berners-Lee could hardly have known, just over 20 years ago, that this tool, initially designed for use by particle physicists, would be of such significance for 21st century society.

*What is the motivation for doing this kind of research? The main driver is obviously curiosity, the desire to understand why things happen and the need to find the answer to very fundamental questions that, in some cases, humanity has been asking for many years. This issue of the *Vértices* magazine is a monographic issue on particle physics, one of the fields of research whose fundamental purpose is to generate basic knowledge. The questions to be answered are mainly: what is the structure of matter at its most elementary level, i.e. what is everything that surrounds us made of, and what are the laws that govern the behavior of these fundamental components of the Universe? There is still a long way to go before we can say we know the answer to these apparently simple questions. But we have made formidable progress over the last few decades, and 2012 in particular has been especially fascinating. Although we still do not know, like Faraday, what implications the discovery of the Higgs boson will have, we can be sure that it is a historical milestone.**

Research in particle physics has required the development of very diverse infrastructures, technologies and instrumentation, one good example being accelerators. Today, however, the generalized use of particle accelerators for a wide range of applications is a further example of the relevant returns that are yielded by basic research for society. These include the

básica. Podríamos citar algunas de ellas como la producción de radioisótopos, la radiación sincrotrón, la terapia con hadrones, la implantación de iones, tratamientos especiales de materiales, la esterilización de alimentos, etc. Lo mismo cabría decir en el caso de detectores de partículas, instrumentación electrónica, sistemas de adquisición de datos, tecnologías asociadas al transporte, almacenamiento y computación masiva de datos, etc. Cada uno de estos casos podría servir como ilustración de variadas contribuciones al progreso y al desarrollo tecnológico en nuestra sociedad. Directa o indirectamente, generar conocimiento básico es poner el primer eslabón de la cadena investigación, desarrollo e innovación.

En el CIEMAT existe una larga tradición en investigación básica en la especialidad de física experimental de partículas, siempre teniendo el CERN como referencia principal, en el marco de amplias colaboraciones internacionales, y en un entorno competitivo ideal para la formación de personal investigador y técnico. Actualmente el programa del CERN gira en torno al gran acelerador-colisionador LHC. Por eso nuestra actividad más importante en estos últimos años se ha concentrado en CMS, uno de los dos experimentos fundamentales del LHC. El momento en el que nos encontramos es especialmente interesante. De ahí la idea de dedicar algunos de los artículos de este número de *Vértices* a intentar dar una visión más completa de la actividad que conlleva la participación en un experimento como CMS. Y es un honor también para *Vértices* el haber podido incluir en este número una entrevista con el director general del CERN, Rolf Heuer.

Pero también se está participando en otros proyectos interesantes, como por ejemplo el experimento CDF, en Fermilab, actualmente en una etapa final de análisis de datos. Y en un experimento para estudiar oscilaciones de neutrinos producidos en reactores nucleares (*Double Chooz*). Es la física de neutrinos otro campo cuyos resultados recientes han despertado también un gran interés, y por este motivo merece la pena dedicar otro de los artículos a explicar un poco qué es lo que sabemos de estas partículas. Para completar la relación de actividades en física experimental de partículas habría que mencionar también las de I+D en detectores, bien en calorimetría (CALICE) para su uso en futuros colisionadores lineales, o bien para diversas aplicaciones que utilizan tecnologías de argón líquido (y en particular, el experimento ArDM).

Otra de las líneas de actividad de I+D en investigación básica está relacionada con la denominada astrofísica de partículas. A resaltar que el CIEMAT está participando en experimentos relevantes, como es el caso de AMS, instalado actualmente en la Estación Espacial Internacional, en experimentos relacionados con la búsqueda de energía oscura mediante telescopios (DES y PAU), y en proyectos relacionados con la detección de rayos gamma de origen cósmico y de muy alta energía (MAGIC y CTA).

Todo este conjunto de actividades del Departamento de Investigación Básica en relación con la física de partículas se complementan con desarrollos de tecnologías GRID, y la gestión de avanzadas infraestructuras computacionales, que hacen posible el procesamiento masivo y el análisis sofisticado de grandes volúmenes de datos, sin olvidar las diversas actuaciones que tienen como objetivo el divulgar y transferir el conocimiento a la sociedad.

* Precisamente pocos días después de haber terminado de escribir este editorial, y a punto de salir este ejemplar de la revista *Vértices*, se hizo pública la concesión del Premio Príncipe de Asturias de Investigación 2013. Los galardonados han sido Higgs, Englert y el CERN. En palabras del jurado se premia la predicción teórica y el descubrimiento experimental del bosón de Higgs. Desde mi punto de vista este galardón es un magnífico colofón a una apasionante aventura científica que ha durado casi 50 años, y en la que han intervenido muchos protagonistas. No cabe la menor duda de que son muchos los investigadores, físicos ingenieros y técnicos, que pueden sentirse orgullosos de haber contribuido a este descubrimiento, y celebrar de alguna manera que este Príncipe de Asturias es un poco suyo. En el CIEMAT hay unos cuantos. Mi enhorabuena a todos ellos.

production of radioisotopes, synchrotron radiation, hadron therapy, ion implantation, special material treatments, food sterilization, etc. The same could be said of particle detectors, electronic instrumentation, data acquisition systems, mass data computing, transfer and storage technologies, etc. Each of these cases serves as an illustration of the range of contributions to progress and technological development in our society. Directly or indirectly, generating basic knowledge is the first link of the research, development and innovation chain.

*CIEMAT has a long tradition of basic research in the field of experimental particle physics, always with CERN as its main reference, in the framework of large international collaborations and in an ideal competitive environment for training researchers and technical personnel. The core of the CERN program is at the present time the LHC (Large Hadron Collider). Therefore, our most important activity in recent years has focused on CMS, one of the two fundamental experiments at the LHC. The current moment is particularly interesting, which gave us the idea of devoting some of the articles in this issue of *Vértices* to providing a more comprehensive overview of the activities involved in an experiment like CMS. And it is also an honor for *Vértices* to have been able to include in this issue an interview with the General Director of CERN, Rolf Heuer.*

But CIEMAT is also participating in other interesting projects, e.g. the CDF experiment in Fermilab, which is currently in the final data analysis stage, and an experiment to study the oscillations of neutrinos produced in nuclear reactors (Double Chooz). Neutrino physics is another field in which there is great interest in recent results, and for this reason it is worth devoting another article to give a brief overview of what we know about these particles. To complete the list of activities in experimental particle physics, we should also mention R&D in detectors, either in calorimetry (CALICE) for use in future linear colliders or in different applications that use liquid argon technologies (in particular, the ArDM experiment).

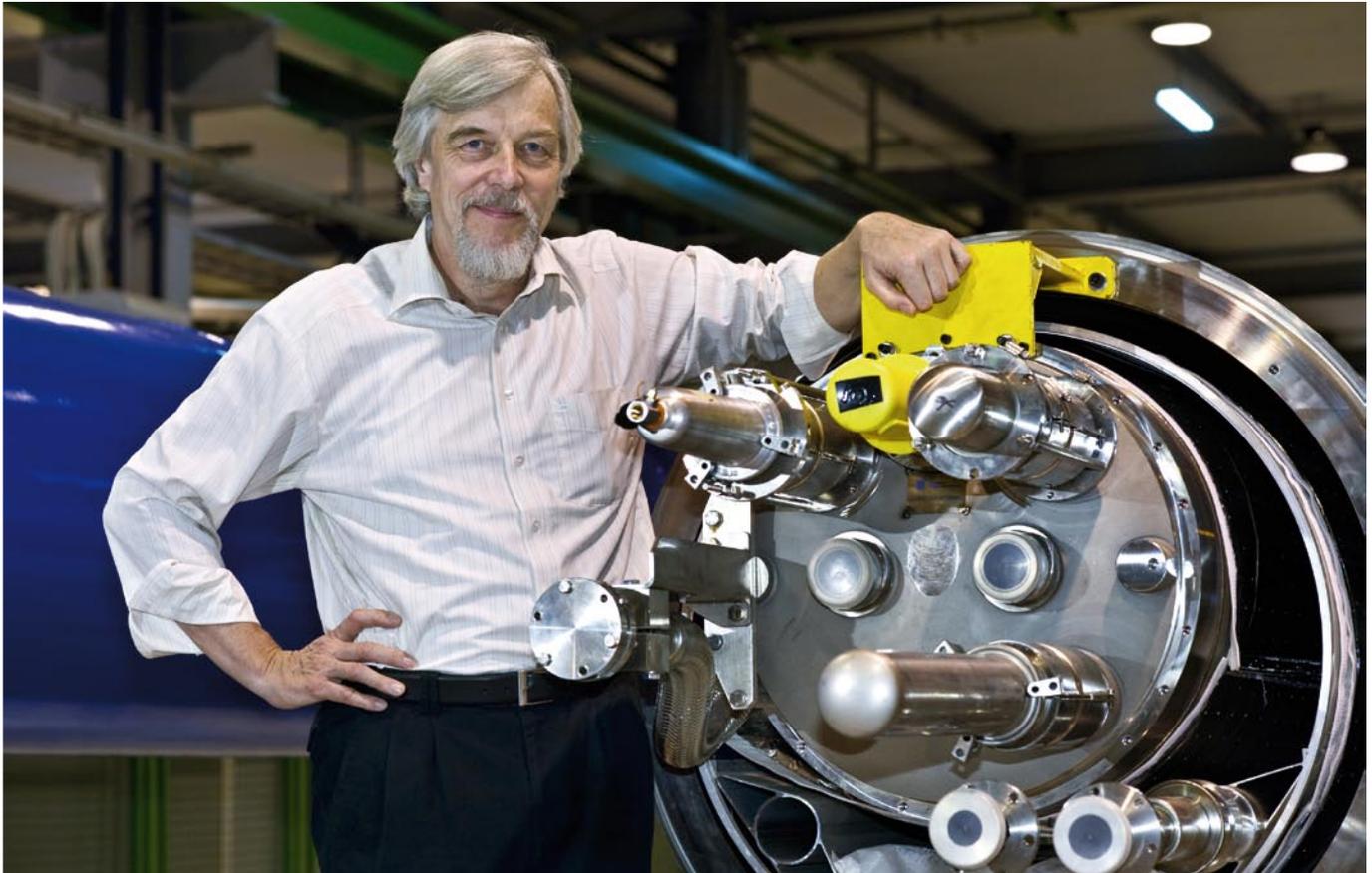
Another line of basic research is related to so-called astroparticle physics. CIEMAT is taking part in relevant experiments, such as the case of AMS which is currently installed in the International Space Station, in experiments related to the search for dark energy with telescopes (DES and PAU) and in projects related to the detection of very high energy cosmic gamma rays (MAGIC and CTA).

All these activities of the CIEMAT Basic Research Department related to particle physics are complemented with GRID technology developments and the management of advanced computing infrastructures, which enable mass processing and sophisticated analysis of large volumes of data, without forgetting the various activities whose purpose is to disseminate and transfer knowledge to society.

** Precisely a few days after this editorial was written and just before the release of the *Vértices* magazine, the 2013 Prince of Asturias Award for Technical and Scientific Research was announced. The prizewinners are Higgs, Englert and CERN. The jury says that this award is in recognition of the theoretical prediction and experimental discovery of the Higgs boson. I believe this award is a magnificent climax to a thrilling scientific adventure that has lasted almost 50 years and in which many protagonists have been involved. There are certainly many researchers, physicists, engineers and technicians who deserve to be proud of having contributed to this discovery and to celebrate that this Prince of Asturias award is in a way also theirs. There are quite a few of them at CIEMAT. My congratulations to all.*

Director general del CERN
Director General of CERN

Rolf-Dieter Heuer



El Director General del CERN junto a uno de los imanes de LHC.
Director General of CERN with one of the LHC magnets.

Rolf-Dieter Heuer es el director general del CERN desde enero de 2009. Estudió Física en la Universidad de Stuttgart, obteniendo después el doctorado en la Universidad de Heidelberg. De 1978 a 1983 trabajó como investigador en la Universidad de Heidelberg, como miembro de la colaboración JADE en el acelerador electrón-positrón PETRA. De 1984 a 1998 fue miembro del personal del CERN, trabajando para la colaboración OPAL del acelerador LEP (Gran colisionador de electrones y positrones). A partir de 1994 fue el coordinador de dicha colaboración.

La mayor parte de su carrera se ha desarrollado en la construcción y operación de grandes detectores de partículas para el estudio de colisiones electrón-positrón. Tras dejar el CERN en 1998 se incorporó como profesor a la Universidad de Hamburgo, donde estableció un grupo de trabajo orientado a la preparación de experimentos para un posible futuro colisionador lineal electrón-positrón. A partir de 2004 se incorporó a DESY como director de Investigación en Física y Astrofísica de Partículas, siendo responsable de investigación del acelerador HERA, la participación de DESY en LHC y la I+D para un futuro colisionador electrón-positrón.

EL CERN: PRESENTE Y FUTURO INMEDIATO

2012 ha sido un año fabuloso para el CERN. En su opinión, ¿cuáles han sido los principales factores que han hecho posibles estos destacados logros, en particular el descubrimiento del bosón que podría ser la partícula de Higgs?

Podemos afirmar que lo es. Ciertamente, cuando anunciamos el descubrimiento el pasado mes de julio no se sabía a ciencia cierta, pero a día de hoy tenemos suficiente información para decir claramente que es una partícula de Higgs. Exactamente

qué tipo de bosón de Higgs es otra cuestión. Pero, en primer lugar, permítame contestar a su pregunta. La respuesta sencilla es que es el propio CERN el factor principal que lo ha hecho posible; el hecho de que los países europeos tuviesen la visión de proporcionar una plataforma estable para dar apoyo a la ciencia básica ha proporcionado el marco para muchos grandes avances en física de partículas, entre los cuales el Higgs es sólo la última entrega. También ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías, desde la *World Wide Web* hasta técnicas de formación de imágenes para física médica y contribuciones

a la generación y eficiencia energética, una de las cuales está siendo comercializada por la compañía española SRB. Al proporcionar esa estabilidad en el apoyo a la ciencia e innovación entre países, los gobiernos europeos ha sido verdaderamente visionarios.

Aunque hacer predicciones es siempre arriesgado, ¿qué podemos esperar de las grandes cantidades de datos recogidas antes de la primera parada larga del LHC? ¿Será el bosón de Higgs “sólo” el bosón de Higgs? ¿Se observarán nuevas partículas e interacciones? ¿O quizá tendremos que esperar hasta 2015 cuando el “nuevo” LHC proporcione colisiones a 14 TeV para ver algo realmente nuevo?

Es una partícula de Higgs, aunque no podemos decir aún que es la partícula de Higgs. Esta diferencia puede parecer sutil, pero las consecuencias son profundas. Lo que nosotros ahora llamamos el *mecanismo de Higgs* fue desarrollado a principios de los años 60 por varios científicos, entre ellos Peter Higgs. Más tarde, en esa misma década, se incorporó al emergente Modelo Estándar de física de partículas. Esta es la teoría que describe las partículas elementales que componen el universo visible y las interacciones que actúan entre ellas, excepto la gravedad. El Modelo Estándar es un logro intelectual fantástico, pero a pesar de ello sabemos que el universo visible es una pequeña fracción de lo que hay ahí afuera. Alrededor del 95% del universo es invisible para nosotros. Por lo tanto, lo que queremos averiguar ahora es si tenemos la partícula de Higgs, u otro tipo distinto de partícula de Higgs que pudiera llevarnos más allá del Modelo Estándar, hacia ese 95% inexplorado hasta ahora. Esto llevará varios años, y muchos más datos. En paralelo, los experimentos del LHC buscarán física más allá del Modelo Estándar por otros caminos, como búsqueda directa de nuevas partículas, por ejemplo.

EL CERN: MEDIO Y LARGO PLAZO

Dado que actualmente se está definiendo la estrategia europea para física de partículas, ¿piensa que tenemos ya la información necesaria para elegir la próxima gran infraestructura en el CERN, o sería mejor esperar hasta que las mejoras en el LHC proporcionen nueva información adicional?

Los resultados con los que ya contamos del LHC claramente definen la prioridad en el CERN de explotar a largo plazo la instalación que ya tenemos, LHC. Estos resultados también indican los parámetros que tendría una máquina complementaria, como la que está siendo propuesta en Japón. Veamos en primer lugar las opciones del CERN. Tenemos en el bolsillo un descubrimiento muy importante, pero para entender plenamente su significado necesitamos más datos. Los experimentos del LHC han reducido el rango posible para nueva física, lo cual implica que si está en el rango del LHC, las señales serán muy sutiles, y encontrar algo sutil requiere una gran cantidad de datos. Estos dos factores dictan los planes a largo plazo para el LHC. En este momento estamos preparando la máquina para funcionar a energía más alta a partir de 2015. Esto nos dará más datos para analizar el Higgs, y extender el rango de nuestras búsquedas de nueva física, abriendo una posible ventana al universo. Tras esta fase, el LHC parará de nuevo durante un largo periodo para incrementar la luminosidad de sus haces, que hará subir la tasa a la que los experimentos podrán recoger datos y, por lo tanto, mejorar su sensibilidad a nueva física. En resumen, el LHC mantendrá ocupado al CERN hasta bien entrada la década de 2020. Con respecto a una máquina complementaria, ya tenemos datos suficientes como para estar seguros de que un colisionador lineal como el que está siendo discutido en Japón contaría con un rico programa de investigación, y seguiremos su desarrollo con mucho interés.

Rolf-Dieter Heuer is the Director-General of CERN since January 2009.

He studied physics at the University of Stuttgart, then obtained his doctorate at the University of Heidelberg. From 1978 to 1983 he was a research physicist at the University of Heidelberg, working on the PETRA electron-positron storage ring as a member of the JADE collaboration. From 1984 to 1998 he was a staff member at CERN, working for the OPAL collaboration at the Large Electron Positron collider (LEP). From 1994 he was the collaboration as spokesman.

Much of his career has been involved with the construction and operation of large particle detector systems for studying electron-positron collisions. On leaving CERN in 1998, he took up a professorship at the University of Hamburg, where he established a group working on preparations for experiments at a possible future electron-positron linear collider. On taking up his appointment as Research Director for particle and astroparticle physics at DESY in 2004, Professor Heuer was responsible for research at the HERA accelerator, DESY's participation in the LHC and R&D for a future electron-positron collider.

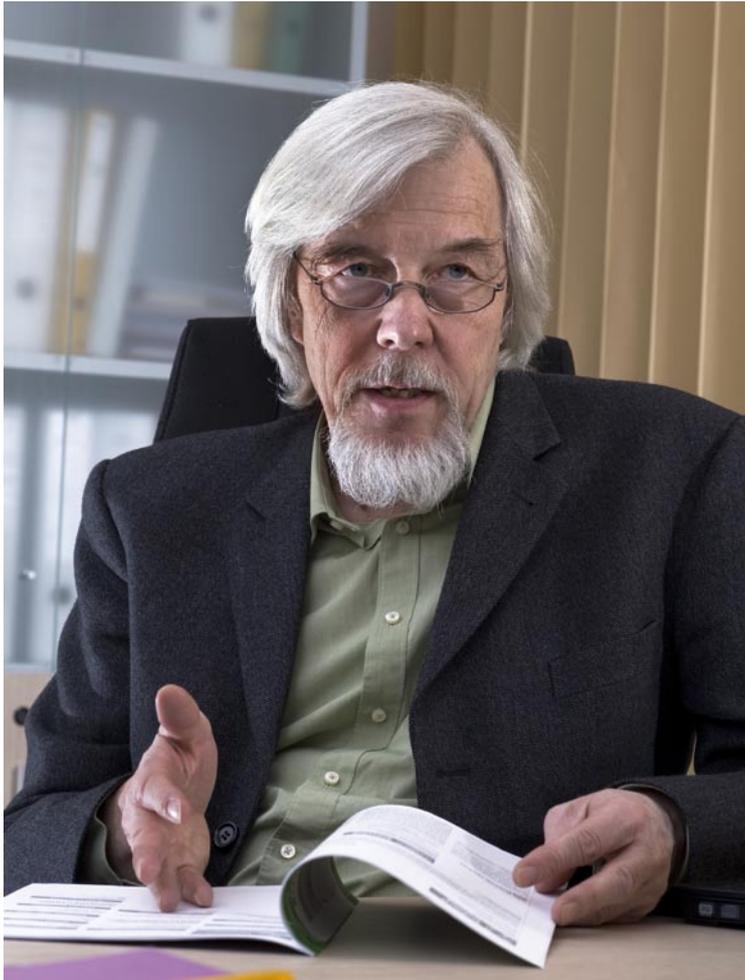
ON CERN: TODAY AND SHORT TERM FUTURE

2012 has been a fabulous year in the life of CERN. In your view, what have been the main factors that have made possible these outstanding achievements, in particular the discovery of a Higgs-like particle?

Well, we can drop the like. It's true that when we announced the discovery last July, we called the particle Higgs-like, but we now have enough information to be able to say clearly that it is a Higgs particle. Exactly what kind of Higgs particle is another matter, and we can come back to that later. But first, let me answer your question. The simple answer is that CERN is the main factor in making this possible – the fact that the countries of Europe have had the foresight to provide a stable platform for supporting basic science for almost sixty years has provided the framework for many great advances in particle physics, of which the Higgs is just the latest instalment. It has also provided the framework for CERN to develop new technologies ranging from the World Wide Web to medical imaging techniques and contributions to energy generation and efficiency – one of which is being commercialised by the Spanish company SRB energy. In providing a stable platform for supporting cross-border science and innovation, the governments of Europe are truly visionary.

Although to make predictions is, in general, risky business, what can we expect from the analysis of the large samples of data collected before the first long shut-down? Will the Higgs-like particle become just the Higgs particle? Will new particles and interactions show up? Or perhaps, we will need to wait until 2015, when the “new” LHC will start producing collisions at 14 TeV, to see something really new.

It is a Higgs particle, but we can't yet say it's the Higgs particle. This may seem a subtle distinction, but the consequences are profound. What we now call the Higgs mechanism was developed in the early 1960s by several scientists including Peter Higgs, then, later that decade, it was incorporated into the emerging Standard Model of



Con Japón aparentemente comprometido a construir un ILC bajo sus premisas, da la impresión de que el abanico de posibilidades para la próxima gran instalación en el CERN se reduce. El hecho de que ya exista un gran túnel circular en el CERN, que es una gran ventaja, ¿podría quizá restringir las opciones?

Es demasiado pronto para decirlo. Lo único que puedo decir por el momento es que hay muchas posibilidades que están siendo consideradas para el CERN tras el LHC. Algunas incluyen reutilizar el túnel existente, pero también se barajan otras opciones como CLIC, la tecnología de aceleración lineal que promete subir a energías significativamente más altas. ¡Sugiero que vuelva dentro de varios años y plantee esta misma pregunta a mi sucesor!

¿Debería el CERN expandir su ámbito científico con programas no necesariamente basados en aceleradores, como los que se incluyen en la hoja de ruta de física de astropartículas?

Esta es una pregunta para toda la comunidad, y creo que la última versión de la estrategia europea para física de partículas nos marcará algunas directrices. Sin embargo merece la pena destacar que la convención del CERN permite desarrollar investigación tanto basada en aceleradores como en rayos cósmicos. Mi opinión personal es que el CERN debería mantener su liderazgo en las fronteras de la energía, fortaleciendo la rama de aceleradores.

particle physics. This is the theory that describes the fundamental particles that make up the visible universe, and the interactions that work between them, with the exception of gravity. The Standard Model is a fantastic intellectual achievement, but nevertheless, we also know that the visible universe is just a small fraction of what is there. Some 95% of the universe is invisible to us. So, what we want to know now is whether we have the Higgs particle of the Standard Model, or a different kind of Higgs particle that could take us beyond the Standard Model into that so far unexplored 95%. This will take several years, and much more data. In parallel, the LHC experiments will also be looking for physics beyond the Standard Model in other ways: direct searches for new particles, for example.

ON CERN: MEDIUM AND LONG TERM FUTURE

With the process of defining the European Strategy for Particle Physics on-going, do you feel that we already have the necessary information to select the next big infrastructure for CERN or it will be wise to wait until the upgraded LHC brings additional new information?

The results we already have from the LHC very clearly set the priority for CERN as being the long-term exploitation of the facility we already have – the LHC. They also set the parameters for a possible complementary machine, such as one being proposed in Japan. Let's look at CERN's options first. We have a very important discovery in our pocket, but to fully understand its significance, we need more data. LHC experiments have also narrowed the range for new physics, which means that if it is in the range of the LHC, the signs will be subtle, and finding subtle things also requires a lot of data. These two factors dictate the long-term plan for the LHC. Right now, we are preparing the machine for higher energy running to start in 2015. This will give us more data for the Higgs analysis, and extend the range of our searches for new physics, potentially opening a new window on the universe. After that, the LHC will go into another long shutdown to increase the brightness of its beams, which will increase the rate at which the experiments can record data, and thereby increase their sensitivity to new physics. In short, the LHC will keep CERN busy until well into the 2020s. As for a complementary machine, we already know enough from LHC results to be sure that a linear collider of the kind being proposed in Japan would have a rich research programme, and we'll be following developments there with keen interest.

With Japan apparently committed to build an ILC at their premises, it seems that the set of possible choices for the next CERN large facility is narrowing down. The fact that there is a large circular tunnel at CERN, and that is a major asset, will perhaps additionally constrain the choices?

It is far too early to say. All I can say at the moment is that there are many possible options being considered for CERN post-LHC. These include reusing the existing tunnel, but they also include other options such as CLIC, the linear collider technology that offers the promise of going to significantly higher energy. I suggest you come back in a few years and ask my successor's successor this question!

Should CERN expand its scientific scope with programs not necessarily based on accelerators, such as those included in the road map of astroparticle physics?

¿Está dedicando el CERN los medios adecuados para la transferencia de conocimiento? ¿Hay planes para reforzar esas actividades?

Compartir lo que hacemos es algo que está plasmado en nuestra convención fundacional, por lo que siempre nos esforzamos en hacerlo bien. Hoy en día estamos incrementando nuestros esfuerzos. Recientemente hemos creado un centro de innovación de negocios bajo iniciativa de nuestra agencia de financiación en el Reino Unido, y esto es algo que esperamos sirva como modelo para otros estados miembros.

PREOCUPACIONES

Con la crisis global de la economía castigando varios estados miembros del CERN, los presupuestos de educación e investigación están siendo reducidos en muchos países. Además, la investigación básica no parece una prioridad entre los que distribuyen los fondos. ¿Existe un riesgo potencial de debilitar el apoyo que el CERN aún recibe? ¿Qué se puede hacer para invertir esta tendencia negativa?

La ciencia y la innovación son los motores de la economía, y ambas están intrínsecamente unidas. Creo que este concepto comienza a ser asimilado en todas las áreas de la sociedad, pero es responsabilidad de instituciones científicas como el CERN el reforzar este mensaje a la más mínima oportunidad, y respaldarlo con evidencias. La ciencia proporciona una salida a la recesión, y no hablo sólo de ciencia aplicada, sino del tipo de investigación que realizamos en el CERN. La relación entre investigación básica y aplicada es una pescadilla que se muerde la cola, e interrumpirla sería un riesgo. Tomemos el ejemplo del CERN. Nosotros realizamos ciencia básica con fondos públicos, y conseguimos atraer a algunas de las mentes más brillantes del planeta. Estas personas no conocen el significado de la palabra imposible, por lo que si se topan con un obstáculo tecnológico, lo solucionan, proporcionando así innovación a la industria. La industria después las desarrolla para el mercado, dando nuevas tecnologías a la sociedad, y con ella a una nueva generación de científicos. Y así sucesivamente. Lo que quiero decir con ello es que esas mentes brillantes motivadas por la exploración de los misterios del universo no se sentarán a desarrollar un escáner combinado PET-MRI, por tomar un ejemplo reciente, pero harán que una máquina así sea posible si la necesitan para llevar a cabo sus investigaciones. Creo que los estados miembros del CERN entienden esto, del mismo modo que entienden que la investigación motivada por la curiosidad es lo que atrae a los jóvenes hacia la ciencia, y ayuda a cultivar la cultura científica en la sociedad. Nuestros estados miembros han creado una estructura de gobierno para el CERN que es lo suficientemente flexible como para capear temporales económicos como el que vivimos en la actualidad, por lo que en general soy optimista sobre el futuro.

En años recientes el número de estados miembros del CERN ha crecido, y algunos países han mostrado gran interés en unirse a la organización de un modo u otro. A pesar de esta tendencia, el presupuesto del CERN está básicamente congelado, de tal modo que el CERN tiene que seguir dando todo tipo de servicios y mejorar las instalaciones para muchos más usuarios sin recursos adicionales. ¿Ha considerado el CERN la posibilidad de establecer una cuota de entrada para nuevas solicitudes que se añadiría al presupuesto?

El presupuesto del CERN se encuentra prácticamente congelado desde los años 70, por lo que estamos acostumbrados a hacer gran ciencia con pocos recursos. Esto es posible en parte por la flexibilidad que mencioné previamente. Durante el ensamblaje del LHC, por ejemplo, el Consejo nos permitió tomar prestado para financiar el momento álgido de la fase de construcción, y puesto que el Consejo proporciona

This is a question for the community to answer, and I think we'll find some guidelines in the updated European Strategy for Particle Physics. It's worth noting, however, that CERN's convention provides for CERN carrying out both accelerator-based and cosmic ray research. My own opinion is that CERN should maintain leadership in research at the energy frontier, playing to its strengths in accelerator science.

Is CERN devoting adequate means to knowledge transfer? Are there plans to strengthen these activities?

Sharing what we do is enshrined in our founding convention, so it's something we constantly strive to do well. Today, we are increasing our efforts. We have recently launched a business innovation centre at the initiative of our funding agency in the UK, and this is something that we hope will serve as a model for other Member States.

CONCERNS

With the global economy crisis hitting quite a few CERN Member States, the budgets for education and research are being reduced in many countries. Moreover, it seems that basic research does not seem to get the right priority among policy makers. Is there potential danger for a weakening in the support that CERN is still getting? What can be done to reverse this negative trend?

Science and innovation are the engines of the economy, and they are intricately linked. I think this is becoming better understood in all areas of society, but it's incumbent on scientific institutions like CERN to reinforce this message at every opportunity, and to back it up with evidence. Science provides a way out of recession, and I'm not talking just about applied science – I'm talking about the kind of research we do at CERN. There's a virtuous circle linking basic and applied research and we interrupt that at our peril. Take the example of CERN. We conduct publicly funded basic science, and we attract some of the brightest minds on the planet. These people do not know the meaning of the word impossible, so if they encounter a technological hurdle, they solve it, providing new innovations for industry. Industry then develops these for market, providing new technologies for society, and for a new generation of basic scientists. And so it continues. My point here is that those bright minds motivated by exploring the mysteries of the universe will not set out to develop a combined PET-MRI scanner, to take one recent CERN example, but they will develop the technologies that make such a machine possible if it serves their own research. I think that CERN's Member States understand this, just as they understand that curiosity-driven research is what attracts young people into science, and helps foster scientific literacy in society. Our Member States have also created a governance structure for CERN that is sufficiently flexible to ride economic storms such as the one we are experiencing now, so on the whole I'm optimistic about the future.

In the last few years the number of CERN Member States has grown and few countries have shown great interest in joining the Organization in one way or the other. In spite of this trend, the CERN budget is basically frozen, meaning that CERN has to give services of all kinds and upgraded facilities to many more users with no additional resources. Has CERN considered the option of

estabilidad, los prestamistas pudieron prestar con toda confianza. Ello permitió construir LHC con un fondo de financiación constante. ¿Que si hemos considerado cobrar una cuota de entrada? Una de las razones por las que hemos abierto la afiliación a países no europeos, creando la figura más flexible de miembro asociado es precisamente para responder a esta cuestión.

Existe la impresión entre varios estados miembros de que algunos países que no pertenecen al CERN (por ejemplo, EEUU) están obteniendo retornos científicos excepcionales a muy bajo coste. ¿Existe algún tipo de normativa para intentar obtener un apoyo económico de estos países más acorde con las ventajas que obtienen como miembros privilegiados del CERN?

La ciencia se desarrolla a partir de la movilidad de los investigadores, y no debemos reprimir ese aspecto. En este momento hay más investigadores en el CERN procedentes de EEUU que europeos trabajando en laboratorios norteamericanos. Este no ha sido siempre el caso. En el pasado hemos vivido periodos en los que hubo más europeos en los EEUU, y periodos de equilibrio. Es importante reconocerlo. No obstante, la comunidad de física de partículas está considerando activamente cómo financiar de modo más equitativo instalaciones como LHC en el futuro.

¿No está preocupado por la aparente falta de iniciativas ambiciosas estadounidenses en el campo de la física de aceleradores? En vista de la vitalidad de otros campos emergentes como la cosmología, ¿podría esta situación devenir en un menor apoyo a la física de partículas en Europa?

Es un hecho que el incremento en la escala en investigación de física de partículas, que está íntimamente ligada con campos como la cosmología y la astrofísica de partículas, hace que nuestro campo requiera coordinación a escala global, y esto es algo que tenemos que promover en todas las regiones. La comunidad de física de partículas tiene que asegurar la existencia en todos los países y regiones de una comunidad investigadora vibrante comprometida con actividades que puedan ser llevadas a cabo a nivel nacional o internacional. Y esas comunidades nacionales e internacionales deben trabajar juntas para asegurar que puedan desarrollarse las instalaciones necesarias a escala global, más allá de intereses nacionales o regionales.

En el último par de años el CERN ha gozado de una gran atención. Esto tiene sus pros (como el descubrimiento del Higgs) y sus contras (la inauguración de LHC tras el incidente en el túnel, la historia de Opera en el CNGS). Algunas personas temen que la sobreexposición a los medios pueda, al final, suponer un daño para la imagen de la organización. ¿Es necesaria una estrategia más cauta y equilibrada hacia los medios?

El CERN tiene muchas y buenas razones para estar presente en los medios. Para empezar, somos una organización con financiación pública, y tenemos la obligación moral de compartir lo que hacemos. Además, en la era de la web 2.0, si una organización como el CERN no lidera la difusión de información sobre sí misma, otras lo harán. Sin embargo el punto más importante para mí es el hecho de que ciencia y sociedad están cada vez más desconectadas, en una época en la que la sociedad necesita a la ciencia más que nunca. Todos dependemos de la ciencia y la tecnología en nuestra vida cotidiana, y por ello tomamos decisiones basadas en la ciencia, tales como permitir a nuestros hijos el uso de teléfonos móviles, o cuánto preocuparnos por organismos modificados genéticamente en nuestra cadena alimentaria. Como sociedad, tenemos

establishing an entrance fee for the new requests which will be added to the budget income?

CERN's budget has essentially been frozen in real terms since the 1970s, so we are used to delivering great science on a budget. We can do this partly because of the flexibility I've already mentioned. When building the LHC, for example, our governing Council allowed us to borrow heavily to finance the peak of the construction phase, and because Council provides stability, lenders could lend to us in confidence. That allowed us to build the LHC within a constant funding envelope. Have we considered asking for an entrance fee? One of the reasons we've opened up membership to countries from beyond Europe, and made membership more flexible with the introduction of an Associate Member category, is precisely to address this question.

Among several Member States, there is a feeling that some countries, that do not belong to CERN (i.e., USA), are getting exceptional scientific returns at very low cost. Is there a policy to try to get from these countries a financial support more in line with what they are getting as privileged CERN users?

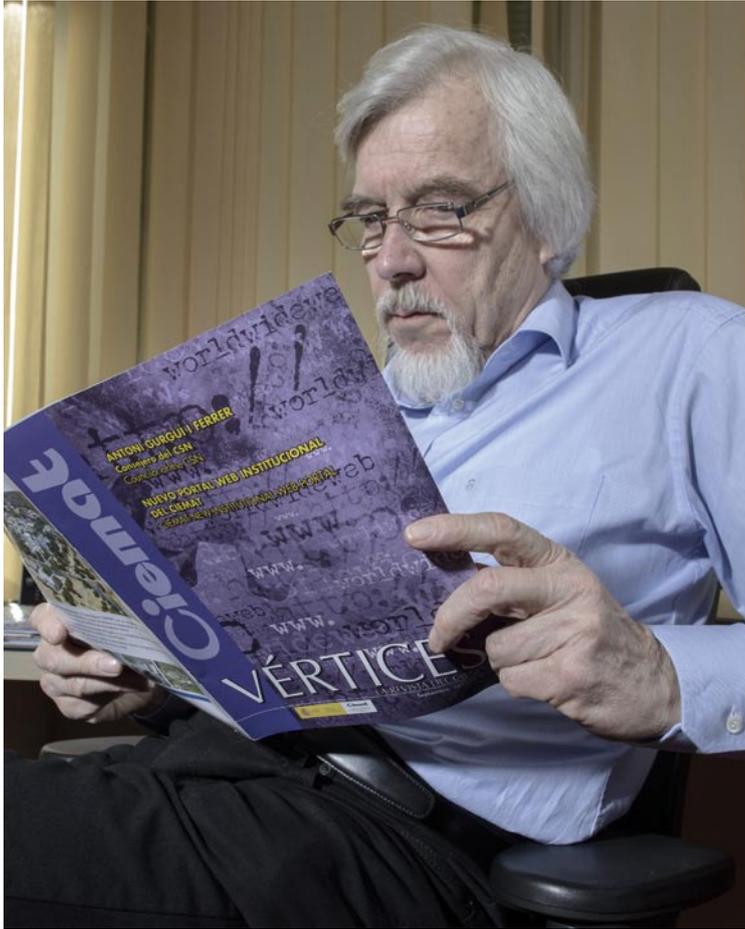
Science thrives on the free movement of researchers, and we must not stifle that. We are living at a point in time where there are more US researchers at CERN than Europeans working in US labs. This has not always been the case, and will probably not be the case forever. In the past, there have been periods when there have been more Europeans in the US, and periods when the flows have evened out. I think it's important to recognise this. Nevertheless, the global particle physics community is actively considering how major facilities such as the LHC could be financed in a more equitable way in the future.

Aren't you worried by the apparent lack of ambitious initiatives in the USA in the field of accelerator physics? In view of the vitality of emergent fields, like cosmology, may this trigger in the future a lesser support for particle physics also in Europe?

It's a fact that the increasing scale of particle physics research, which is intimately linked to fields such as cosmology and astroparticle physics, is such that the field needs to be coordinated on a global scale, and this is something we need to promote in all regions. The particle physics community needs to ensure that in all countries and regions, there is a vibrant research community engaged in activities that can be carried out at a national or regional level. And those national and regional communities must work together to ensure that facilities that are beyond the scope of any nation or region are developed on a global scale.

In the last couple of years, CERN has been in the spotlight. This has "pros" (the Higgs-like discovery) and "cons" (the LHC inauguration just after the incident in the tunnel, the CNGS Opera story). Some people are afraid that over-exposure to the media may, at the end, entail damage to the image of the Organization. Is there a need for a more cautious and balanced policy towards the media?

There are many good reasons for CERN to be in the media. For one thing, we are a publicly funded organization and have a moral obligation to share what we do. Furthermore, we live in a web 2.0 era, where if an organization like CERN is not leading the conversation about itself, others will. Most importantly for me, however, is the fact that



que afrontar asuntos fundamentales que requieren respuestas científicas, como de dónde obtener nuestra energía en el futuro, o cómo adaptarnos al cambio climático. Las organizaciones como el CERN tienen que tomar el liderazgo para hacer que la ciencia vuelva a la sociedad. Nuestro futuro depende de ello.

Es interesante la mención a la historia del CNGS. La cobertura en los medios de aquel tema fue, en su mayoría, positiva, y enfocada al método científico. Hubo editoriales que subrayaron que el proceso empleado por los investigadores de OPERA es lo que distingue la ciencia de la “pseudo-ciencia”, y que su comportamiento fue ejemplar en este sentido. Es importante transmitir este mensaje -el método científico- a la sociedad: la ciencia es un proceso racional de investigación sometido a duros procesos de evaluación. La sociedad tiene que entenderlo, puesto que estamos encargados colectivamente de resolver los asuntos mayores que mencioné.

ESPAÑA Y EL CERN

¿Cómo evaluaría la contribución científica e industrial de España en el éxito del CERN, en particular en el éxito de LHC?

Antes de responder, me gustaría subrayar que estos dos aspectos son simplemente una fracción del retorno que obtienen los estados miembros del CERN. Unas 49 compañías españolas han participado con éxito en la fabricación de distintos componentes para los aceleradores del CERN tras superar procesos de concurso europeos extremadamente competitivos. Esas valiosas contribuciones en los campos de imanes

science and society are increasingly disconnected at a time when society needs science more than ever. We all rely on science and technology in our everyday lives, and therefore need to make science-based decisions such as whether to allow our kids to use mobile phones, or how much to worry about genetically modified organisms entering our food chain. As a society, we need to deal with major issues that need scientific answers, such as where we get our energy from in the future, and how we adapt to a changing climate. Organizations like CERN have to take a lead in bringing science back to society. Our future depends on it.

It's interesting that you mention the CNGS story. The majority of the media coverage of that story was positive, and focused on the scientific method. There were editorials saying that the process the OPERA researchers followed is what distinguishes science from pseudo-science, and that their behaviour was exemplary in this respect. This - the scientific method - is also an important message for science to convey - science is a process of evidence-based rational enquiry, subject to harsh and critical peer review. Society needs to understand that if we are, collectively, to solve those major issues I've already mentioned.

SPAIN & CERN

How will you evaluate the scientific and industrial contributions of Spain to the CERN success, in particular to the LHC success?

Before answering, I would like to underline that these two aspects are only a fraction of the CERN returns to Member States. Some 49 Spanish companies have participated successfully in the fabrication of different components for CERN accelerators after winning extremely competitive European tendering processes. These valuable contributions in the fields of superconducting and special magnets, vacuum, radiofrequency, mechanical precision components and beam instrumentation have contributed greatly to the performances of the LHC accelerator and Detectors.

CERN has always been sensitive to the changing financial fortunes of its Member States and has always worked with them in times of difficulty. In the current case of Spain, that means that CERN has been actively working to build Spain's return on investment. Today, Spain has an ideal full return for industrial services resulting from an increase by a factor 5 since 2007. Meanwhile, for material supplies, Spain's return coefficient has grown by 40%. CERN constantly monitors the situation, and is working to build return to Spain in all areas. To illustrate the industrial return, it is worthwhile mentioning that 130 Spanish Companies were working with CERN in 2012 - up 10% from the previous year - in a wide range of areas such as Civil engineering (16 companies), Electrical engineering (19), Electronics & RF (14), Computers & Communication (9), Mechanics & Vacuum (48), General Supplies (38) and Engineering Services (54).

With respect to scientific contributions, Spanish scientists have played a vital role in the LHC's success, and are proud members of what has been described as the boldest scientific endeavour in human history: the flower of a new European renaissance. They are proud to belong to a country that is among the major players in global science.

A document prepared by the Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN) for a recent meeting to map out a future European strategy

Director general del CERN Director General of CERN

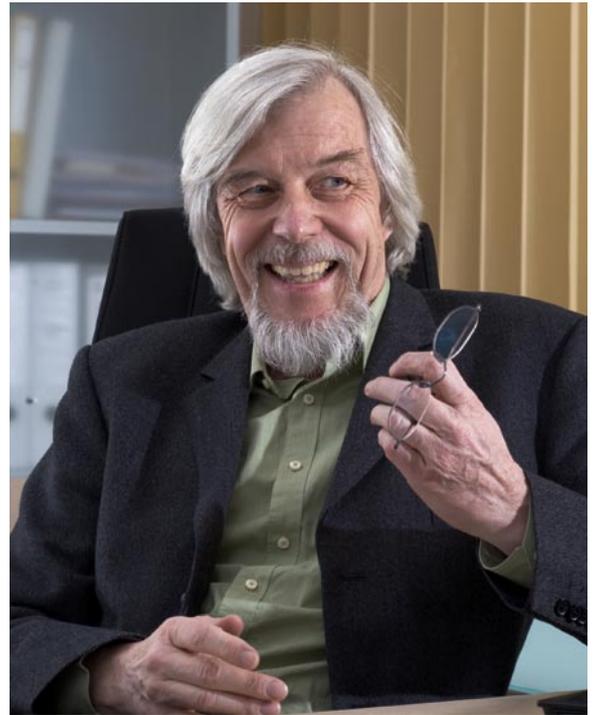
especiales y superconductores, vacío, radiofrecuencia, componentes de precisión mecánica e instrumentación para el haz han contribuido enormemente al funcionamiento del acelerador LHC y los detectores.

El CERN ha sido siempre muy sensible a las cambiantes suertes económicas de sus estados miembros, y siempre ha trabajado con ellos en tiempos de dificultad. En el caso actual de España, esto significa que el CERN ha trabajado activamente para impulsar el retorno de las inversiones españolas. Hoy en día España disfruta de un retorno total de servicios industriales, derivado de un incremento en un factor 5 desde 2007. Entretanto, en cuanto a abastecimiento de materiales, el coeficiente de retorno de España ha aumentado un 40%. El CERN controla la situación constantemente, y está trabajando para proporcionar a España retorno en todas las áreas. Para ilustrar el retorno industrial, merece la pena mencionar que 130 compañías trabajaron en el CERN en 2012, 10% más que el año anterior, en un amplio rango de áreas como ingeniería civil (16 compañías), ingeniería electrónica (19), electrónica y radiofrecuencia (14), computación y comunicación (9), mecánica y vacío (48), abastecimiento general (38) y servicios de ingeniería (54).

Con respecto a la contribución científica, los científicos españoles han jugado un papel vital en el éxito de LHC, y son miembros de pleno derecho de lo que se ha denominado la empresa científica más audaz de la historia de la humanidad: el germen de un nuevo renacimiento europeo. Y están orgullosos de pertenecer a un país que está entre los estados protagonistas en cuanto a ciencia global. Un documento preparado por el Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN) en una reunión reciente para definir la futura estrategia europea de física de partículas destacaba: "más de 200 investigadores (españoles), incluyendo físicos, ingenieros y técnicos, distribuidos en 10 instituciones y departamentos universitarios, están involucrados en estas actividades (LHC), financiadas fundamentalmente por los programas nacional y europeo de investigación fundamental." Estas actividades incluyen diseño, construcción, comisionado, instalación y operación de detectores, así como de sus instalaciones de computación asociadas, sobre todo el GRID. La contribución de la comunidad española es altamente valiosa, y claramente visible. Hay un nivel de compromiso similar para la fase de mejora a alta luminosidad del LHC por parte de 12 grandes universidades e instituciones, que están también involucradas en proyectos de nuevos aceleradores.

En los últimos dos años España ha sufrido dificultades para satisfacer sus compromisos económicos con el CERN. ¿Cómo ve la situación? ¿Hay una esperanza realista de que las cosas mejoren en los próximos años?

La actual crisis económica ha demostrado que aquellos países como Alemania, Suecia, Dinamarca o Finlandia, que invierten en investigación básica y han desarrollado un modelo productivo basado en la tecnología, han demostrado ser más competitivos y resistentes a la crisis. El plan estratégico español para ciencia, tecnología e innovación 2013-2020, presentado el pasado febrero ante el gabinete del Consejo, está en sintonía con esta idea, que consiste en promover el modelo de colaboración entre lo público y lo privado que asegura la interacción necesaria entre investigación básica y aplicada. Me alegró leer que el compromiso de España con las organizaciones internacionales involucradas en ciencia, tecnología e innovación fue confirmado por este plan. Es tranquilizador ver que el CERN se menciona explícitamente como parte del eje prioritario para la internacionalización y el liderazgo de la ciencia española. Claramente, el CERN apoya esta estrategia y ya ha promovido iniciativas que realzan las colaboraciones en el marco de proyectos ya existentes.



for particle physics noted: "more than 200 [Spanish] researchers, including physicists, engineers and technicians, distributed in 10 institutes and university departments, are involved in these [LHC program] activities which are mainly funded by National and European programs for basic research". These activities include detector design, manufacturing, commissioning, installation and operation as well as all associated computing facilities, notably the Grid. The contribution of the Spanish community is highly valuable, and highly visible. A similar level of commitment has been considered for the high-luminosity upgrade of the LHC by 12 major Universities and Institutes that are also involved in new accelerator projects.

In the last couple of years, Spain has been having difficulties in fulfilling its financial commitments towards CERN. How do you view the situation? Is there realistic hope that things will improve in the coming years?

The current economic crisis has made it clear that those countries, such as Germany, Sweden, Denmark and Finland that invest in basic research have established a productive and technological model, more competitive and resilient to the crisis.

The Spanish Strategic Plan for Science, Technology and Innovation 2013-2020, presented in early February at the Cabinet Council, is in line with this approach, which consists of promoting private - public collaboration model that ensures interaction between basic and applied researches.

I was pleased to read that the commitment of Spain towards international organisations acting in science, technologies and innovation is confirmed by this plan. It is reassuring to see that CERN is specifically mentioned as part of the priority axis for the internationalization and leadership of Spanish science. Clearly, CERN supports this strategy and has already launched initiatives including the enhancement of collaborations in the framework of existing projects.

El CERN y las autoridades españolas mantienen una relación cordial y constructiva en la cual ambas partes pueden expresar libremente sus preocupaciones. Es evidente que España no ha cubierto aún su contribución total. Sin embargo, es esencial enfatizar que somos conscientes del significativo esfuerzo económico con el CERN en este contexto de crisis económica. Es un claro testimonio del compromiso del gobierno español con nuestra organización y su disposición a satisfacer sus obligaciones internacionales. En agradecimiento a este esfuerzo, el CERN está dispuesto a trabajar por el reconocimiento de España y de los científicos españoles en nuestros logros. Por el momento la situación es estable, estamos en contacto y confiamos en encontrar pronto soluciones. A pesar de estos problemas, el CERN ha mantenido su apoyo a los científicos y a la industria españoles, trabajando para ayudar a España a sortear la crisis económica apoyando la comunidad de física de partículas y aceleradores española, reforzando la presencia de España en el CERN y estrechando lazos con su industria.

España es el quinto contribuyente (8,5%) al presupuesto del CERN. Sin embargo, las autoridades españolas reclaman que España no recupera los retornos adecuados. En particular en cuanto a personal, ya que sólo el 4% del personal del CERN proviene de España. En la situación actual, esto puede generar preocupaciones adicionales. ¿Hay algún plan para mejorar esta situación?

En general, la situación es satisfactoria. A lo largo de los últimos cinco años, la participación española en todos los programas de empleo ha aumentado en un 50%, llevando a España a un puesto de retorno completo de la inversión en esta área. Para ilustrarlo, los números de estudiantes (30), estudiantes post-doctorales (82) y asociados (98) trabajando en la actualidad en el CERN, reforzados por los 348 usuarios de las infraestructuras del CERN provenientes de instituciones españolas. Este es el resultado de los esfuerzos de la dirección del CERN y el personal español trabajando continuamente para animar a potenciales candidatos españoles mediante la organización de charlas, seminarios, conferencias y exposiciones. Estas acciones contribuyen visiblemente a incrementar la presencia de ingenieros y científicos españoles en el CERN.

Los puestos permanentes de españoles en el CERN siguen un patrón similar, habiendo aumentado en 21 personas en este periodo, contrario a la caída en número global de este tipo de puestos. Muchos españoles con puesto permanente son ahora miembros senior del CERN.

En respuesta a aquellos que solicitan al CERN el favorecer a candidatos españoles, la respuesta del CERN es el aumento del rango de disciplinas científicas y tecnológicas que requiere la organización, con el fin de aumentar la diversidad de solicitantes de España. Esta estrategia está resultando muy exitosa como muestra el número de solicitudes de españoles con una amplia variedad de perfiles en las últimas ofertas de empleo publicadas en el CERN.

Parte de las dificultades financieras entre España y el CERN se deben a las grandes oscilaciones entre el cambio entre el euro y el franco suizo. ¿Sería impensable en el futuro con un presupuesto en el CERN en euros?

Este no es un tema tabú, y ha sido discutido en el Consejo del CERN en varias ocasiones. Después de revisar ventajas e inconvenientes, la mayoría de países miembros decidió permanecer como estamos. De hecho, la participación de un país en una organización internacional como el CERN debe ser considerada a largo plazo. En el pasado reciente, las fluctuaciones en el cambio entre el franco suizo y el euro han sido favorables a los países de la Zona euro, y el CERN ha funcionado con esa restricción.

CERN and the Spanish Authorities maintain cordial and constructive relations in which the parties can freely express their concerns. It is a fact that Spain has not reached a full coverage of its contribution. However, it is essential to emphasize that we are aware of the significant financial effort with CERN in a context of economic crisis. It is a clear testimony of the government's commitment to our organization and its willingness to comply with international obligations. In recognition of this effort, CERN is eager to work for the recognition of Spain, and of Spanish research centres, in our successes.

At the moment, the situation is stable, we are in close contact, and are confident that solutions will be found soon. Despite these issues, CERN has maintained its support to Spanish Scientists and Industry, working to help Spain through the economic crisis by supporting the Spanish accelerator and particle physics community, reinforcing Spanish presence at CERN and building ties with industry.

Spain is the fifth contributor (8.5 %) to the CERN budget. However, it is felt by the Spanish authorities that Spain does not get the proper returns. In particular in what concerns personnel, since only 4% of the CERN staff comes from Spain. In the present circumstances, this fact may produce additional concerns. Is there a plan to improve this situation?

The Global picture is satisfactory. Over the last five years, Spanish participation across all employment programmes has increased by 50%, bringing Spain to a position of full return on investment in this area. This is perfectly illustrated by the number of Students (30), Post-Doctoral-Students (82) and Associates (98) working right now at CERN, reinforced by 348 users of CERN's facilities coming from Spanish institutes. This results from the efforts of CERN Management and Spanish Staff acting continuously to encourage potential Spanish candidates by organising talks, seminars, conferences and exhibitions. These actions visibly contribute to increasing the presence of Spanish Engineers and Scientists at CERN.

A similar pattern is also true for Spanish staff positions at CERN, with numbers rising by 21 over the period, against a backdrop of falling staff numbers overall. Many Spanish staffs are now members of CERN senior staff.

As a response to those who ask CERN to favour Spanish candidates, CERN's response is to promote the range of scientific and technological disciplines needed by the Organisation in order to increase the diversity of applicants from Spain. This approach is being successful as shown by the number of Spanish people applying across a wide variety of job profiles recently published by CERN.

Part of the financial discussions between Spain and CERN are due to the large oscillations in the exchange rate Euro-Swiss Franc. Would it be unthinkable to have in the future a CERN budget in Euros?

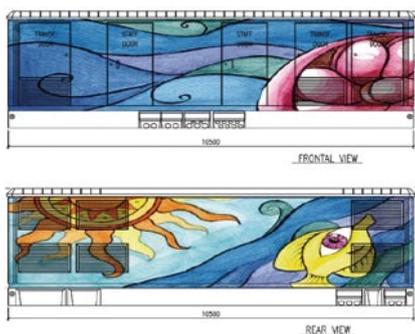
This topic is not taboo and has been addressed at CERN Council on several occasions. After reviewing advantages and drawbacks, the large majority of Members States agreed to stay as we are.

Indeed, the participation of a Country in an International Organisation like CERN must be considered over the long term. In the very recent past, the fluctuations of the Euro-Swiss Franc exchange rate have been favourable to the Countries in the Euro zone, and CERN has operated with that constraint.

Los graffitis del CEDER

El Centro de Desarrollo de Energías Renovables, CEDER-CIEMAT, convocó el concurso de *graffitis* “Renov-Arte” en el marco de su 25 aniversario en 2012 y como una actividad más del “Año Internacional de la Energía Sostenible para todos”. Una vez fallado, los dos primeros premios han sido concedidos a las alumnas de la Escuela de Arte y Superior de Diseño de Segovia, Andrea Angelina de Blas y Celia Sendino.

Los diseños ganadores tendrán ahora que ser pintados sobre las paredes de los centros de transformación a los que



Boceto del primer premio del concurso Renov-Arte.
Sketch of the first prize of the Renov-Arte contest.

van destinados en un día aún por determinar. En el caso del primer premio, el dibujo de Andrea Angelina de Blas será el que decorará un centro de transformación de grandes dimensiones ubicado en sus instalaciones; dejando para un centro de transformación de tamaño algo más reducido la opción propuesta por Celia Sendino.

El primer premio consistió en un ordenador portátil patrocinado por DELL Computer, y el segundo una *tablet*, proporcionada por Telefónica España. La convocatoria consiguió reunir una treintena de trabajos de gran calidad, el objetivo era la concienciación de los jóvenes sobre la protección y el respeto del medioambiente.

La microflora del suelo en terrenos “mineros”

La tesis doctoral defendida recientemente por Francisco Javier Díaz Puente en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid, tenía por título: “Variación de la actividad fisiológica de la microflora del suelo en terrenos afectados por actividades mineras”; tanto el Dr. Díaz Puente como su



Recogida de muestras en la escombrera cercana a la Mina Don José.
Collecting samples in the slag heap near the Don José Mine.

director de tesis, el Dr. Avelino García Álvarez, son investigadores del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT.

En la formación del suelo intervienen tanto factores climáticos como geológicos y biológicos. El suelo es un elemento fundamental para el soporte de la vida, constituyendo un sistema abierto, dinámico y complejo; es también un recurso no renovable a escala de generaciones humanas, por lo que resulta de vital importancia protegerlo.

En la tesis presentada, el estudio se centró en dos áreas mineras, por una parte la correspondiente a las explotaciones de minería y metalurgia del mercurio en la

CEDER Graffiti

The Renewable Energy Development Center, CEDER-CIEMAT, sponsored a graffiti contest – “Renov-Arte” – as part of its 25th anniversary celebration in 2012 and another activity included in the framework of the “International Year of Sustainable Energy for All”. The judges awarded the first and second prizes to students Andrea Angelina de Blas and Celia Sendino of the Segovia School of Art and Design.

The prize-winning designs will now be painted on the walls of the transformer centers for which they are intended on a still undetermined date. The first prize, a drawing by Andrea Angelina de Blas, will decorate a large transformer center located in the CEDER facilities, whereas the option proposed by Celia Sendino will be used for a somewhat smaller transformer center.

The first prize was a laptop computer sponsored by DELL Computer and the second prize a Tablet provided by Telefónica de España. Thirty works of very high quality were submitted to the contest, the purpose of which was to raise awareness among young people about environmental protection and care.

Soil Microflora in “Mining” Land

The title of the doctoral dissertation recently defended by Francisco Javier Díaz Puente in the School of Biological Sciences of Madrid’s Complutense University is: “Variation of the physiological activity of soil microflora in land affected by mining operations”. Both Francisco Javier Díaz Puente and his dissertation supervisor, Dr. Avelino Garcia Álvarez, are researchers in the CIEMAT Environment Department.

Both climatic and geological and biological factors are involved in soil formation. Soil is an essential element for supporting life and it is an open, dynamic, complex system: it is also a non-renewable resource on the scale of a human generation, and therefore it is of utmost importance to protect it.

In the dissertation, the study focused on two mining regions, one the mercury mining and metallurgy operations in the area of Almadén (Ciudad Real), and the other the coal mining region in the carboniferous basin of El Bierzo (Leon). The study analyzed the variation of both physical-chemical and biological parameters produced in the soil as a result of the impact of mining activities. The most important conclusion is that, apart from the specific features of the scenarios under study and the impact of the mining operations on the surrounding landscape,

zona de Almadén (Ciudad Real), y por otra, el área de la minería del carbón en la cuenca carbonífera de El Bierzo (León). El estudio analizaba la variación de parámetros tanto físico-químicos como biológicos producidos en el suelo como consecuencia del impacto de las actividades mineras desarrolladas. Entre las conclusiones más remarcables, la de que al margen de las características específicas de los dos escenarios estudiados y del impacto de las labores mineras en el paisaje circundante, los elementos más relevantes para explicar el comportamiento de la actividad microbiológica de los suelos corresponden a las condiciones que presentan dos variables edáficas fundamentales: el pH y la materia orgánica, y la influencia que tiene sobre ellas la actividad minera.

El ya doctor obtuvo sobresaliente *cum laude* tras la defensa de su trabajo de investigación.

La subdelegada del Gobierno en Soria visita el CEDER

María José Heredia, subdelegada del Gobierno en Soria, visitó las obras del que será el laboratorio de ensayos de

componentes de aerogeneradores de pequeña potencia en el Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER-CIEMAT). Una vez concluida, la Planta de Ensayos será una instalación de referencia en el ámbito de los pequeños aerogeneradores.

La subdelegada estuvo acompañada por el director del CEDER-CIEMAT, Miguel Latorre, demostrando una vez más su apoyo a las iniciativas que se llevan a cabo en el centro de investigación, según sus propias palabras, porque “la investigación en este tipo de energías es imprescindible para garantizarnos el futuro”.

La nueva instalación albergará los bancos de ensayo que requieren los distintos componentes de los aerogeneradores de pequeña potencia (palas, rotores, generadores eléctricos, cajas multiplicadoras, convertidores electrónicos de potencia) así como los sistemas eólicos aislados (redes de control, protección y medida).

Las obras se enmarcan en el convenio de colaboración entre la Administración General del Estado, la Comunidad de Castilla y León y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas para la selección y eje-



La subdelegada del Gobierno en Soria y el director del CEDER-CIEMAT. The central government's deputy representative in Soria and the director of the CEDER-CIEMAT.

cución de proyectos de infraestructuras científicas cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) para el Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER-CIEMAT). La empresa adjudicataria de la tarea es Ferrovial Agroman S.A.

Una de las consecuencias positivas de la nueva instalación será que la misma potenciará el estudio de la integración de aerogeneradores en la edificación. El diseño de la nueva instalación está especialmente realizado para acometer esta labor, para lo cual se requirieron unas características constructivas particulares.

the most relevant elements to explain the behavior of the microbiological soil activity are the conditions shown by two fundamental edaphic variables: the pH and the organic matter and the influence that the mining activity has on them.

Now a PhD, Francisco Javier Díaz Puente was awarded a summa cum laude distinction after defending his research work.

The Central Government's Deputy Representative in Soria Visits the CEDER

María J. Heredia, the central government's deputy representative in the province of Soria, visited the construction site of what will be the testing laboratory for small power wind turbine components in the Renewable Energy Development Center (CEDER-CIEMAT). When it is finished, the Test Lab will be

a reference facility in the field of small wind turbines.

The deputy representative was accompanied by the director of the CEDER-CIEMAT, Miguel Latorre, and once again showed support for the initiatives being carried out in the research center, because "research in this type of energies is essential to guarantee our future".

The new facility will house the test benches required for the different small wind turbine components (blades, rotors, electric generators, multiplier gearboxes, electronic power converters, etc.) and the isolated wind power systems (control, protection and measurement networks).

The works are being executed in the framework of the collaboration agreement between the country's General Administration, the Castilla-Leon regional government and the Centro de Investigaciones Energéticas, Medioam-

bientales y Tecnológicas (CIEMAT) for the selection and execution of scientific infrastructure projects co-financed by the European Regional Development Fund (ERDF) for the Renewal Energy Development Center (CEDER-CIEMAT). The company that has been awarded the project is Ferrovial Agroman S.A.

One of the positive outcomes of the new facility will be its promotion of the study of integrating wind turbines into building. The design of the new facility is especially conceived for this purpose, for which particular construction specifications were required.

A CIEMAT Researcher obtains a Fulbright-Schuman Scholarship

Ignacio González, researcher of the CIEMAT Environment Department, has been awarded a prestigious Fulbright-

Un investigador del CIEMAT obtiene una beca Fulbright-Schuman

Ignacio González, investigador del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT, ha sido distinguido con la concesión de la prestigiosa beca Fulbright-Schuman. El investigador realizará, gracias a la misma, una estancia en el *USDA Forest Service* (Departamento de Agricultura, Servicio Forestal) de Estados Unidos, durante la cual desarrollará un trabajo de investigación titulado "Implementación de los conocimientos científicos en el desarrollo de políticas de protección medioambiental en Europa y Estados Unidos en el marco del Convenio de Contaminación Transfronteriza y a Larga Distancia de la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas".

El Programa Fulbright-Schuman de becas potencia el intercambio entre ciudadanos europeos y estadounidenses, y su prestigio se basa fundamentalmente en el grado de excelencia exigido en la selección de los candidatos.



Ignacio González.

España participa en el Programa Fulbright, que así se denomina el acuerdo para la cooperación cultural y educativa entre EE.UU. y los países que lo suscriben (como España, a través de la Comisión Europea). A lo largo de su historia han sido numerosos los becarios que han desempeñado, ya en su actividad profesional, puestos de relevancia en las esferas de la empresa, la política y la investigación. El prestigio de la beca Fulbright-Schuman puede medirse tam-

bién en el número creciente de solicitudes que se reciben en cada edición.

El proyecto IMED seleccionado como caso de éxito de I+D+i

El Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas, CETA-CIEMAT, está participando en el proyecto de *Diagnóstico asistido del cáncer de mama*, proyecto IMED, que ha sido seleccionado, junto con otros dos proyectos, como caso de éxito de I+D+i cofinanciado con los Fondos europeos de desarrollo regional (FEDER).

IMED es una iniciativa de colaboración transfronteriza en el entorno sanitario para el desarrollo de una herramienta de diagnóstico precoz asistido del cáncer mama; además del CETA-CIEMAT, participan también la Facultad de Medicina de la Universidad de Oporto-Hospital de São João (FMUP-HSJ), y el Instituto de Ingeniería Mecánica y Gestión Industrial (INEGI) de esta misma universidad. La financiación del proyecto es conjunta, si bien la aportación de CETA-CIEMAT ha sido cofinanciada por los FEDER.

Schuman scholarship. Thanks to this scholarship, the researcher will be going to the USDA Forest Service in the United States, where he will be conducting research work under the title of "Implementation of scientific know-how in the development of environmental protection policies in Europe and the United States in the framework of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution of the UN Economic Commission for Europe".

The Fulbright-Schuman scholarship program promotes the exchange of European and U.S. scholars, and its prestige is fundamentally based on the degree of excellence required in the candidate selection process.

Spain takes part in the Fulbright Program, which is the name of the agreement for cultural and educational cooperation between the U.S. and the signa-

tory countries (such as Spain through the European Commission). Throughout its history, numerous former scholars, after embarking on their professional careers, have held relevant posts in the corporate, political and research worlds. The prestige of the Fulbright-Schuman scholarship can also be measured by the growing number of applications received every year.

Project IMED Selected as an R&D&I Success Story

The Extremadura Center of Advanced Technologies (CETA-CIEMAT) is participating in the breast cancer computer-assisted diagnosis project, Project IMED, which has been selected, together with two other projects, as an R&D&I success story co-financed with European Regional Development Funds (ERDF).

IMED is a transboundary collaboration in the medical field for the development of a computer-assisted early diagnosis tool for breast cancer. In addition to the CETA-CIEMAT, other participants include the School of Medicine of the University of Oporto-Hospital de São João (FMUP-HSJ) and the Institute of Mechanical Engineering and Industrial Management (INEGI) of this same university. The project is jointly financed, although the contribution of CETA-CIEMAT has been co-funded by the ERDF.

Thanks to IMED, a platform has been created to handle digital medical image repositories that is provided with three tools: a digital data repository of real breast cancer cases with 1740 patient records (obviously respecting confidentiality), a computer application – the Mammography Image Workstation for Analysis and Diagnosis (MIWAD) – for

Gracias a IMED se generó una plataforma para manejar repositorios digitales de imágenes médicas que dispone de tres herramientas: un repositorio digital de datos de casos reales de cáncer de mama, con 1740 casos de pacientes (obviamente respetando la confidencialidad); una aplicación informática, la *Mammography Image Workstation for Analysis and Diagnosis* (MIWAD) para el análisis y diagnóstico asistido por ordenador de imágenes de mama (mamografías, resonancias, ultrasonidos, etc.) que permite almacenar, recuperar y manipular información de pacientes con

cáncer de mama y una web que permite la lectura, la explotación y el análisis de las imágenes asociadas a los pacientes; y un conjunto de programas informáticos inteligentes (clasificadores automáticos), *Machine Learning Classifiers* (MLC), que permiten emitir un diagnóstico adicional al del médico especialista, para asistir a los radiólogos con una segunda opinión en el análisis de mamografías.

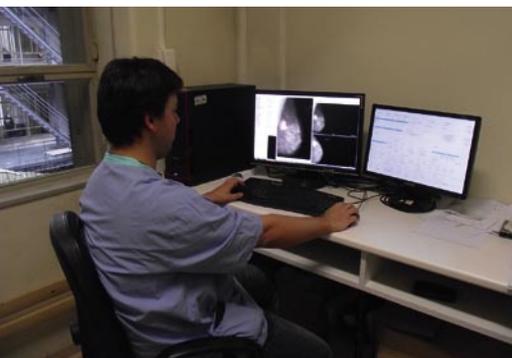
Lanzamiento oficial de SCALAC

SCALAC, Servicio de Cómputo Avanzado para Latinoamérica y El Caribe, fue presentado oficialmente a finales de febrero en Bucaranga, Colombia. En esta iniciativa han participado las redes nacionales de Investigación y Educación de los países de Sudamérica, y está liderada por RedCLARA (Cooperación Latino Americana de Redes Avanzadas).

En la primera reunión se diseñaron las estrategias de cooperación en computación avanzada entre Europa y Latinoamérica. Las distintas redes nacionales (de Argentina, Brasil, Colombia, Costa

Rica, Ecuador y México) presentaron sus iniciativas de cómputo avanzado, intervinieron también los responsables de SCALAC a nivel institucional y técnico, así como representantes del proyecto meso-Américas y de la entidad de certificación continental TAGPMA (Autoridad de gestión de políticas de seguridad en Grid en las Américas).

El CIEMAT participó a través de los investigadores del Departamento de Tecnología, que pudieron aportar su experiencia en los campos de la supercomputación y de la computación distribuida Grid. El otro centro de investigación



Uso de la aplicación MIWAD.
Use of application MIWAD.



Participantes en SCALAC.
Participants in SCALAC.

the computer-assisted analysis and diagnosis of breast images (mammography, resonance, ultrasound, etc.) that enables storage, recovery and handling of information on patients with breast cancer and a Web for reading, using and analyzing the patient-associated images, and a series of intelligent computer programs (automatic classifiers) – Machine Learning Classifiers (MLC) – for making additional diagnoses apart from the one of the specialist physician to order to assist radiologists with a second opinion when analyzing mammographs.

Official Launch of SCALAC

SCALAC, Advanced Computing Service for Latin American and the Caribbean, was officially presented in late February in Bucaranga, Colombia. The national Research and Education networks of the South American countries have par-

ticipated in this initiative, which is led by RedCLARA (Latin American Cooperation for Advanced Networks).

In the first meeting, the strategies for advanced computing cooperation between Europe and Latin America were designed. The different national networks (of Argentina, Brazil, Colombia, Costa Rica, Ecuador and Mexico) presented their advanced computing initiatives, and the institutional and technical heads of SCALAC also participated, along with representatives of the meso-Americas project and the continental certification entity TAGPMA (Grid security policy management authority in the Americas).

The CIEMAT was represented by researchers from the Technology Department, who contributed their experience in the fields of supercomputing and distributed Grid computing. The other Spanish research center collaborat-

ing in SCALAC is the BSC-CNS (National Supercomputing Center), a leader in the field of supercomputing.

SCALAC has been created to provide computing, storage and display services to Latin American researchers, thus boosting their technical capabilities and possibilities of reporting their work. As for the academic aspect, teachers and students will also be able to benefit from the possibilities of advanced computing.

Prize for the “Wind Interrupter”

In the 2012 edition of the madri+d Foundation prizes, the patent named “Wind Interrupter and its Adjustment and Calibration Method”, whose inventor is Ginés E. García Navajas, researcher of the Almería Solar Platform (PSA-CIEMAT), has obtained the honorable mention.

español que colabora en SCALAC es el BSC-CNS (Centro Nacional de Supercomputación), líder en el ámbito de la supercomputación.

SCALAC nace con el objetivo de proveer de servicios de cómputo, almacenamiento y visualización a los investigadores latinoamericanos, aumentando sus capacidades técnicas y de divulgación de sus trabajos; en cuanto al aspecto académico, también docentes y estudiantes podrán beneficiarse de las posibilidades del cómputo avanzado.

Premiado el “interruptor del viento”

En la edición de 2012 de los premios de la Fundación madri+d, la patente titulada “Interruptor de viento y su método de ajuste y tarado”, cuyo inventor es Ginés E. García Navajas, investigador de la Plataforma Solar de Almería, PSA-CIEMAT, ha obtenido la mención de honor.

El “interruptor del viento” es un sensor que tiene por misión la detección digital de velocidades de viento peligrosas para la integridad de grandes estructuras móviles (heliostatos, colectores, discos,



El interruptor del viento instalado en un heliostato. © PSA-CIEMAT, A. Soler.
The wind interrupter installed in a heliostat. © PSA-CIEMAT, A. Soler.

etc.) lo que permite introducir elementos destinados a incrementar la seguridad, de forma que los equipos expuestos al aire libre puedan reaccionar y protegerse por sus propios medios. La acción del viento sobre una pletina provoca un desplazamiento de la misma que generará, mediante alteraciones del campo magnético, aperturas y cierres de los contactos ferrosos. El dispositivo funciona activándose en los umbrales predefinidos.

La importancia de esta patente reside en su aplicación en los campos termosolares, compuestos por concentradores con grandes superficies móviles que están expuestas a la acción del viento. El

interruptor de viento permitiría minimizar el riesgo ante la presencia de vientos peligrosos, haciendo posible la detección y la actuación de forma independiente en cada concentrador. Ello es especialmente relevante en campos de heliostatos autónomos en donde estos equipos, al trabajar de forma aislada por carecer de cableados, deben de gestionar su seguridad de forma autónoma.

Determinación de los PAC en aire ambiente

Ana Isabel Barrado, de la Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT, ha desarrollado en su tesis doctoral una investigación pionera en la caracterización completa de varias familias de compuestos aromáticos en aire ambiente. El principal objetivo es el establecimiento de una metodología analítica para el muestreo y la determinación de diferentes compuestos policíclicos aromáticos (PAC) en aire ambiente, así como su aplicación al estudio anual de estos compuestos en el aire ambiente en una zona del área de Madrid.

The “wind interrupter” is a sensor whose purpose is the digital detection of wind speeds that pose a danger to the integrity of large moving structures (heliostats, collectors, disks, etc.), which makes it possible to introduce elements intended to boost security so that equipments exposed to the elements can react and protect themselves with their own means. The action of the wind on a bar causes it to move, which will open and close the ferrous contacts by alterations of the magnetic field. The device works by triggering at the predefined thresholds.

The importance of this patent lies in its use in solar thermal fields, composed of large moving concentrators that are exposed to the action of the wind. The wind interrupter would minimize the risk in the presence of dangerous winds, enabling independent detection and actuation in each concentrator. This is especially rel-

evant in standalone heliostat fields where the safety of these equipments has to be autonomously managed, as they work in isolation because of the lack of wiring.

Determination of PACs in Ambient Air

Ana Isabel Barrado, of the Ionizing Radiation Dosimetry Unit of the CIEMAT, has for her doctoral dissertation conducted pioneering research in the complete characterization of several families of aromatic compounds in ambient air. The main purpose is to establish an analytical methodology for sampling and determining different polycyclic aromatic compounds (PAC) in ambient air, and also apply it to the annual study of these compounds in a region of the Madrid metropolitan area.

The work has essentially consisted of an experimental study. The analytical

methodology has been refined by high resolution liquid chromatography with fluorescence detection for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons and two families of byproducts in air. This methodology has been used to determine and characterize the concentration levels of this type of compound in the ambient air in an area of Madrid.

They have also conducted studies on the behavior of the different families of compounds and various atmospheric parameters.

Zamora, Cycle of Scientific Lectures

The CIEMAT, the University of Salamanca (USAL) and the Spanish Royal Physics Society (RSEF) are sponsoring a cycle of lectures in collaboration with the Zamora City Council for purposes of scientific dissemination, with a lecture scheduled



Ana I. Barrado en el laboratorio.
Ana I. Barrado in the laboratory.

El trabajo ha consistido fundamentalmente en un estudio de carácter experimental. En él se ha puesto a punto la metodología analítica mediante cromatografía de líquidos de alta resolución con detección de fluorescencia para la determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos y dos familias de derivados en aire. Esta metodología ha permitido la determinación y caracterización de los niveles de concentración de este tipo de compuestos en el aire ambiente de una zona de Madrid.

También han realizado estudios sobre el comportamiento de las distintas fami-

lias de compuestos y diversos parámetros atmosféricos.

Zamora, ciclo de conferencias de divulgación científica

El CIEMAT, la Universidad de Salamanca (USAL) y la Real Sociedad Española de Física (RSEF), están desarrollando un ciclo de conferencias que, con la colaboración del Ayuntamiento de Zamora, contribuye a la divulgación científica, con una cita mensual en el centro cultural La Alhóndiga, en Zamora, el tercer jueves de cada mes. Los ponentes son personalidades destacadas de los ámbitos científico, universitario, investigador, institucional, etc., así, por ejemplo, la conferencia inaugural del ciclo fue la que impartió Manuel Toharia, director científico de la Ciudad de las Artes y las Ciencias y del Museo de las Ciencias “Príncipe Felipe” de Valencia, titulada “Cambio climático, el mito y la realidad”; durante la misma destacó que el consumo indiscriminado del petróleo ha incidido en el aumento de la temperatura de forma referencial. Y el uso de otras

energías como las renovables, así como las medidas de ahorro energético, son claves para reducir los efectos nocivos del consumo de combustibles fósiles.

También ha participado en el ciclo Joaquín Araujo, conocido divulgador, con la conferencia “Ecología o la conservación del futuro”, en el marco de la cual afirmó que “la ecología y la preservación del medioambiente son claves para proteger la naturaleza en los próximos años”.

En marzo, fue Antonio Hernando, doctor en Ciencias Físicas y académico de la Real Academia de Ciencias y director del Instituto de Magnetismo Aplicado, que impartió la ponencia “Desde el remoto atractivo de los imanes a la biomedicina actual”. El profesor Hernando señaló cómo el electromagnetismo está implícito en muchos sectores, como el transporte o el almacenamiento de energía; precisamente por ello el ponente recordó las aplicaciones de este campo en medicina y en las infraestructuras ferroviarias así como la importante aplicación de las nanopartículas en ensayos biológicos con células para curar el cáncer que sirven a los científicos para comprender el

on the third Thursday of every month in La Alhóndiga cultural center in Zamora. The speakers are eminent personalities from scientific, university, research and institutional circles, etc. For example, the cycle's keynote address was given by Manuel Toharia, scientific director of the “Príncipe Felipe” Museum of Science and City of the Arts and Sciences of Valencia, with the title “Climate Change, Myth and Reality”. During the lecture, he said that indiscriminate oil consumption has contributed to the increase of global temperatures and that the use of other energies such as the renewables, along with energy saving measures, are key for reducing the harmful effects of fossil fuel consumption.

Joaquín Araujo, a known educator, has also taken part in the cycle with the lecture “Ecology or Conserving the Future”, in which he said that “ecology and en-

vironmental conservation will be key to protecting nature in the years to come”.

In March it was Antonio Hernando, doctor of Physical Sciences, academician of the Royal Academy of Sciences and director of the Institute of Applied Magnetism, who gave a talk titled “From the remote appeal of magnets to today's biomedicine”. Professor Hernando explained how electromagnetism is implicit in many sectors, e.g. energy storage and transmission, and he described the applications of this field in many areas such as medicine and in railway infrastructures, as well as the important application of nanoparticles in biological tests with cells to cure cancer, which serve to help scientists understand the behavior of the human body under different conditions.

The director of the Madrid Planetarium, Asunción Sanchez, took part in the cycle

in April with the lecture titled “Our Place in the World”, which discussed the interests of human beings and their beliefs, theories and associated predictions, the latter including the interpretations of the Mayan calendar regarding the end of the world.

REMEDIA

The Aula Dei Experimental Station (EEAD-CSIC) of the Spanish National Research Council, along with the University of Lerida (UdL) and the Agro-Food Research and Technology Center of Aragon (CITA), has taken charge of organizing the second REMEDIA workshop, the scientific network on greenhouse gas (GHG) mitigation in the agroforestry sector in Zaragoza. The purpose of the workshop has been to integrate the work of the various participating national research groups with a multidisciplinary approach.

comportamiento del cuerpo humano en diferentes situaciones.

La directora del Planetario de Madrid, Asunción Sánchez, intervino en el ciclo de conferencias en abril, con la titulada "Nuestro lugar en el mundo", disertando sobre el interés del ser humano, las creencias, teorías y predicciones asociadas, entre ellas la última, la relativa a las interpretaciones del calendario maya sobre el fin del mundo.

Remedia

La Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con la Universidad de Lleida (UdL) y el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) se ha encargado de la organización del segundo *workshop* Remedia, la Red científica sobre mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector agroforestal, en Zaragoza. El objetivo del *workshop* ha sido la integración del trabajo de los diferentes grupos de investigación nacionales participante, con un enfoque multidisciplinar.

Los cuatro temas destacados en REMEDIA fueron: la mitigación de GEI en

sistemas ganaderos, agrícolas y forestales, y en los aspectos socio-económicos e inventarios de GEI. La participación del CIEMAT ha consistido en dos pósters, uno realizado por la Unidad de Análisis de sistemas energéticos del Departamento de Energía, titulado "GHG emission factors for domestic consumption of fertilizers in Spain" (Factores de emisión específicos para los fertilizantes consumidos en España), que se enmarcaba en la sesión titulada "Huella de carbono, herramientas de cuantificación y balances de GEI en sistemas agrícolas"; y el póster "Pasture, tillage and canopy effects on carbon dioxide fluxes in a Spanish dehesa" (Pastoreo, labrado y efecto del arbolado en los flujos de CO₂ del suelo en una dehesa española), presentado en la sesión que llevaba por título "Emisiones de GEI en sistemas forestales".

En el primero de los pósters se detallaba la estructura del consumo de fertilizantes, la metodología aplicada, la obtención de los factores específicos de emisión españoles y los ahorros de emisiones de GEI de los cultivos energéticos considerando el ciclo de vida. De las conclusiones extraídas se deduce que

podrían reducirse entre el 1 y el 15 % de las emisiones asociadas al ciclo de vida de los cultivos energéticos.

El segundo de los pósters informaba sobre los resultados del efecto de la gestión silvícola característica de una dehesa del centro peninsular en los *stocks* de carbono y nitrógeno del suelo, así como en los flujos de emisión de CO₂. Los resultados muestran que las prácticas agrícolas de pastoreo ligero y labrado superficial usadas en las dehesas españolas tuvieron un impacto ligero, pero no sistemático, en la respiración del suelo y en los parámetros microclimáticos del suelo durante el período del estudio. Además, el efecto del manejo silvopastoral sobre la respuesta a la respiración del suelo a la temperatura y humedad del suelo depende del período climático, indicando con ello que la disponibilidad del agua es uno de los principales factores ecológicos en las dehesas.

El ministro de Investigación de Marruecos visita el CIEMAT

La delegación marroquí fue recibida por Carmen Vela, secretaria de Estado

The four main topics discussed in REMEDIA were: mitigation of GHG in live-stock, agricultural and forest systems, and the socio-economic issues and inventories of GHG. The CIEMAT took part with two posters, one by the Energy System Analysis Unit of the Energy Department titled "GHG emission factors for domestic consumption of fertilizers in Spain", which was part of the session on "Carbon footprint, quantification tools and GHG balances in agricultural systems", and the other with the title "Pasture, tillage and canopy effects on carbon dioxide fluxes in a Spanish dehesa", presented in the session on "GHG emissions in forest systems".

The first poster detailed the structure of fertilizer consumption, the methodology used, the obtainment of specific Spanish emission factors and the GHG emission savings from energy crops considering

the lifecycle. From the conclusions it is inferred that the emissions associated with the lifecycle of energy crops could be reduced between 1 and 15%.

The second poster reported on the effect of the silvicultural management that is characteristic of a dehesa (pastureland) in central Spain on the stocks of carbon and nitrogen in the soil, as well as on CO₂ emission flows. The results show that the agricultural practices of light grazing and surface cultivation used in the Spanish dehesas had a slight but not systematic impact on soil respiration and on the microclimatic parameters of the soil during the study period. Furthermore, the effect of silvo-pasture management on the response to soil respiration at ground temperature and humidity depends on the climatic period, thus indicating that the availability of water is one of the main ecological factors in the dehesas.

The Moroccan Minister of Research Visits the CIEMAT

The Moroccan delegation was received by Carmen Vela, Secretary of State for Research, Development and Innovation, who informed the group of the new legislation and the strategies resulting from it and also explained the instruments established to foster innovation and scientific quality.

In the framework of project Jumelage (Twinning) funded by the European Commission, the CIEMAT welcomed the visit of the Moroccan delegation headed by the minister of research. The purpose of Jumelage is collaboration with countries that are candidates for acquiring the competences and experiences needed to adopt and apply community law. Thus, in this framework, the project aims to coordinate competences of the public sector of the European Union member states

de Investigación, Desarrollo e Innovación, que les informó de la nueva legislación y de las estrategias derivadas de la misma, además de darles a conocer los instrumentos establecidos para el fomento de la innovación y la calidad científica.

En el marco del proyecto *Jumelage* (Hermanamiento), financiado por la Comisión Europea, el CIEMAT recibió la visita de la delegación marroquí encabezada por el ministro de Investigación. *Jumelage* tiene por objetivo la colaboración con los países candidatos para la adquisición de las competencias y experiencias necesarias para adoptar y aplicar el derecho comunitario. Así, en este marco, el proyecto permite coordinar competencias del sector público de los estados miembros de la Unión Europea y los países beneficiarios para reforzar la cooperación.

La visita a las instalaciones del CIEMAT tenían por objeto conocer un centro de investigación de referencia en energías renovables, en particular la energía solar, tanto de concentración como fotovoltaica; también recibieron información sobre la capacidad formativa del CIEMAT,

que suscitó el interés de la delegación. El ministro de Investigación de Marruecos, Sr. Lahcen Daoudi, acompañado por una nutrida representación de instituciones marroquíes, fue recibido en el CIEMAT por su director general, Cayetano López. Como resultado de esta visita se establecerán acuerdos de colaboración bilaterales, España-Marruecos.

Jornada de puertas abiertas en el CEDER

Como los últimos cinco años, el Centro de Desarrollo de Energías Renovables, CEDER-CIEMAT, celebró una jornada de puertas abiertas para mostrar las instalaciones del centro a los ciudadanos. La visita se prolongó por espacio de tres horas.

En esta ocasión el grupo de interesados que se acercaron al CEDER-CIEMAT fue de unas cincuenta personas, que fueron acompañadas por técnicos del centro. La visita comenzó con una presentación en el salón de actos, de manos del director del CEDER, Miguel Latorre, y después se realizó un recorrido por las distin-



Visita a las instalaciones de biomasa del CEDER.
Visit to the biomass facilities of the CEDER.

tas instalaciones, comenzando en las parcelas destinadas a cultivos energéticos, la planta de pretratamiento de biomasa, para dirigirse luego a las instalaciones de combustión y gasificación. El Laboratorio de Caracterización de Biomasa es considerado como un laboratorio de referencia nacional en la caracterización de biomasa. Los visitantes también pudieron conocer algunos aspectos de la investigación de la Unidad de Energía Eólica en la planta de ensayos de aerogeneradores de pequeña potencia.

and the beneficiary countries in order to strengthen cooperation.

The visit to the CIEMAT facilities was to learn about a reference research center in the field of renewable energies, and in particular about concentrating and photovoltaic solar energy; the delegation also received information on the CIEMAT's training capacity, which was of great interest to them. The Moroccan Minister of Research, Mr. Lahcen Daoudi, was accompanied by a large group of representatives of Moroccan institutions and was welcomed in the CIEMAT by its General Director, Cayetano Lopez. Bilateral collaboration agreements between Spain-Morocco will be established as a result of this visit.

Open Door Day in the CEDER

Just as the last five years, the Renewable Energy Development Center, CEDER-

CIEMAT, held an open door day to show the center's facilities to the general public. The visit lasted for three hours.

On this occasion, there were some fifty people in the group of people who came to see the CEDER-CIEMAT and were accompanied by center technicians. The visit began with a presentation in the auditorium by the director of the CEDER, Miguel Latorre, and afterwards there was a tour of the different facilities, beginning with the plots of land used for energy crops and the biomass pretreatment plant and then on to the combustion and gasification facilities. The Biomass Characterization Laboratory is considered a national benchmark in biomass characterization. The visitors also learned about some of the research done by the Wind Energy Unit in the small wind turbine testing plant.

NEPTUNE

The European Institute of Innovation & Technology (EIT), created by the European Commission, set up the Knowledge Innovation Communities (KIC), strategic alliances based on excellence. In fact, the KICs are consortiums created to foster the synergies of the academic, research and innovation sectors in which companies, universities, technology centers and research centers take part. All the KICs help to achieve the targets of the 2020 European Union Strategy. Project NEPTUNE has been promoted by KIC InnoEnergy and the CIEMAT participates in this project through the Wind Energy Unit.

The purpose of NEPTUNE is to study and analyze meteorological and oceanographic data in the sea, and to study the wind and waves in order to understand the mechanisms that determine the

Neptune

El Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT, *European Institute of Innovation & Technology*) creado por la Comisión Europea, estableció las Comunidades de conocimiento e innovación (*Knowledge Innovation Communities*, KIC), alianzas estratégicas basadas en la excelencia. En realidad las KIC son consorcios creados para fomentar las sinergias de los sectores académico, investigador e innovador, en los que participan empresas, universidades, centros tecnológicos y centros de investigación. El conjunto de las KIC contribuye a alcanzar los objetivos de la Estrategia de la Unión Europea 2020. El proyecto Neptune ha sido promovido por KIC InnoEnergy, y el CIEMAT participa en el mismo a través de la Unidad de Energía Eólica.

Neptune tiene por objeto el estudio y análisis de los datos meteorológicos y oceanográficos en el mar, el estudio del viento y las olas con el objeto de comprender los mecanismos que determinan las distintas variables y poder establecer predicciones, con las miras en

su aplicación en el campo de la energía eólica marina (*offshore*).

Neptune surge de la inexistencia de sistemas que permitan predecir correctamente los comportamientos del viento y de las olas para una ubicación marina de características especiales (como sucede en el caso del mar Mediterráneo), los existentes no pueden aplicarse en la zona mediterránea ni en el litoral peninsular como consecuencia de su mayor complejidad, provocando el desarrollo de herramientas específicas. Así, Neptune está trabajando en un nuevo *software*: NEPtool, de alta resolución para el análisis y predicción de viento, oleaje y corriente, con la novedad del acoplamiento entre los tres modelos, teniendo en cuenta la interacción atmósfera-oceano.

Precisamente para la obtención de datos es necesario construir estructuras flotantes sobre las cuales instalar aparatos de medida, Neptune utiliza una boya Lidar (*Light Detection and Ranging*) que permite medir la velocidad del viento gracias al retraso temporal del haz de láser reflejado por los aerosoles atmosféricos. Esta boya, *Eolos*, puede medir gracias a

su equipo Lidar hasta doscientos metros sobre el nivel del mar.

Software y boya hacen que Neptune tenga una aplicación inmediata en el análisis de los riesgos financieros asociados a la instalación de un parque eólico en una zona determinada. *Eolos* estará lista a partir de finales de 2013 y el prototipo será sometido a condiciones reales de funcionamiento durante 2014.

Solgemac

La Jornada Solgemac que organizó la Unidad de Sistemas solares de concentración de la Plataforma Solar de Almería, PSA-CIEMAT, en el marco del programa "Aprovechamiento térmico de la energía solar de manera gestionable, eficiente y modular en sistemas de alta concentración", con la financiación de la Comunidad de Madrid y el Fondo Social Europeo, se desarrolló en el CIEMAT y fue inaugurada por el director general adjunto y director del Departamento de Energía, Ramón Gavela.

La Jornada Solgemac involucra a un consorcio formado por seis grupos de investigación (IMDEA-Energía, Universidad

different variables and be able to make predictions, with a view to their application to the field of offshore wind power.

NEPTUNE came into being due to the inexistence of systems that enable correct prediction of wind and wave behaviors for an offshore location of special characteristics (as in the case of the Mediterranean Sea); the existing systems cannot be applied to the Mediterranean region or to the peninsular coast because of their greater complexity, thus requiring the development of specific tools. For this reason, NEPTUNE is working on new high resolution software – NEPtool – for the analysis and prediction of wind, waves and currents, with the novelty that the three models are coupled to take into consideration the atmosphere-ocean interaction.

It is precisely to obtain data that it is necessary to build floating structures

on which to install measuring devices. NEPTUNE uses a Lidar (Light Detection and Ranging) buoy to measure the wind speed, based on the temporary delay of the laser beam reflected by atmospheric aerosols. This buoy – "Eolos" – can take measurements, thanks to its Lidar equipment, up to two hundred meters above sea level.

Thanks to the software and buoy, NEPTUNE can be immediately applied to the analysis of the financial risks associated with the installation of a wind farm in a certain area. Eolos will be ready in late 2013 and the prototype will be subjected to real operating conditions during 2014.

SOLGEMAC

The SOLGEMAC Meeting, organized by the Concentrating Solar Systems Unit of the Almería Solar Platform, PSA-CIEMAT, in the framework of the program

for "Thermal use of solar energy on a manageable, efficient and modular basis in high concentrating systems" and financed by the Madrid Community and the European Social Fund, was held in the CIEMAT and inaugurated by the Deputy Director General and Director of the Energy Department, Ramon Gavela.

The SOLGEMAC meeting involves a consortium formed by six research groups (IMDEA-Energía, Rey Juan Carlos University (URJC), CIEMAT-SSC (Concentrating Solar Systems), CIEMAT-DQ (Chemistry Division), National Institute of Aerospace Technology (INTA), Autonomous University of Madrid (UAM) and two collaborating firms (TORRESOL Energy Investment and Hynergreen Technologies S.A.).

The purpose of SOLGEMAC is to lay the scientific and technological foundations for undertaking the development of new

Rey Juan Carlos (URJC), CIEMAT-SSC (Sistemas Solares de Concentración), CIEMAT-DQ (División de Química), Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y dos empresas colaboradoras (Torresol Energy Investment e Hynergreen Technologies S.A.).

Solgemac tiene por objeto sentar las bases científicas y tecnológicas que permitan abordar el desarrollo de nuevos sistemas de aprovechamiento térmico y químico de la energía solar concentrada de una forma más eficiente, gestionable y modular. Todas las tareas que se están llevando a cabo están enfocadas a mejorar alguno de estos tres aspectos de los sistemas termosolares: la modularidad, mediante el uso de pequeños sistemas de generación distribuida; los sistemas de almacenamiento de energía, de forma que permitan adaptar el suministro a la demanda en estos sistemas termosolares de generación distribuida; y la integración de los esquemas: comparativa de opciones tecnológicas e integración de los diferentes dispositivos y sistemas de concentración, receptores y acumuladores. La jornada puso de manifiesto que

es preciso avanzar en el diseño de nuevos receptores y reactores capaces de operar con mayores flujos de radiación solar concentrada y temperatura.

La jornada también permitió la celebración de charlas técnicas en las que se debatieron distintos aspectos de interés de los asistentes. Los títulos fueron: “Receptores volumétricos en el marco del proyecto Solgemac”, “Aspectos tecnológicos de los receptores volumétricos de aire presurizado”, y “Caracterización de receptores volumétricos: de W a MW, una realidad en el CIEMAT”.

El CIEMAT participa en el proyecto internacional BABETHANOL

El CIEMAT, en concreto la Unidad de Biocombustibles del Departamento de Energía, es uno de los laboratorios que participan en el proyecto de investigación “Nuevas materias primas y un innovador proceso de transformación para un desarrollo y una producción de etanol lignocelulósico más sostenibles”, BABETHANOL, que cuenta con financiación del VII Programa Marco de la Unión Europea.

El bioetanol de segunda generación utiliza materias primas que no compiten con el sector alimentario, como la biomasa lignocelulósica procedente de residuos agrícolas y forestales; el reto consiste en desarrollar procesos de producción sostenibles, tanto económica como medioambientalmente.

BABETHANOL es un proyecto de investigación y de cooperación entre Europa y Latinoamérica, en el que están presentes hasta trece instituciones de once países diferentes. El proyecto tiene por objetivo concreto desarrollar un novedoso proceso de producción de bioetanol, según el proceso CES (*Combined Extrusion-Saccharification*, Extrusión y sacarificación combinadas), utilizando para ello distintos materiales lignocelulósicos, seleccionados según disponibilidad local y potencial para la producción de bioetanol. CES es un proceso basado en la transformación mecánica, térmica, química y biológica integrada de la biomasa.

Estudiando el aire de Madrid

Recientemente se presentó la tesis doctoral titulada “Estudio de compuestos

systems for thermally and chemically exploiting concentrating solar energy in a more efficient, manageable and modular way. All the tasks that are being carried out focus on improving one of these three facets of solar thermal systems: modularity by the use of small distributed generation systems; energy storage systems in order to adapt the supply to demand in these distributed generation solar thermal systems; and integration of the schemes: comparison of technology options and integration of the different concentration devices and systems, receivers and accumulators. The meeting concluded that progress must be made in the design of new receivers and reactors capable of operating with higher concentrating solar radiation flows and temperatures.

During the meeting there were also technical lectures in which various as-

pects of interest to the attendees were debated. The titles were: “Volumetric receivers in the framework of project SOLGEMAC”, “Technological features of pressurized air volumetric receivers” and “Characterization of volumetric receivers: from W to MW, a reality in the CIEMAT”.

The CIEMAT Participates in International Project BABETHANOL

The CIEMAT, and specifically the Biofuel Unit of the Energy Department, is one of the laboratories taking part in the research project “New feedstock and innovative transformation process for a more sustainable development and production of lignocellulosic ethanol” – BABETHANOL – which is funded by the European Union 7th Framework Program.

Second generation bioethanol uses raw materials that do not compete with the food industry, e.g. lignocellulosic biomass from agricultural and forest wastes. The challenge is to develop both economically and environmentally sustainable production processes.

BABETHANOL is a project for research and cooperation between Europe and Latin American, in which thirteen institutions from eleven different countries have a presence. The specific purpose of the project is to develop an innovative bioethanol production process based on the CES (Combined Extrusion-Saccharification) process using different lignocellulosic materials selected according to local availability and potential for bioethanol production. CES is a process based on the integrated mechanical, thermal, chemical and biological transformation of biomass.



Aránzazu Revuelta tomando muestras.
Aránzazu Revuelta taking samples.

secundarios inorgánicos del aerosol en atmósfera urbana: evolución temporal y caracterización de episodios”, defendida por M.^a Aránzazu Revuelta en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid. Esta tesis fue realizada en la Unidad de Caracterización de la Contaminación Atmosférica del CIEMAT y dirigida por la Dra. Begoña Artíñano y el Dr. Francisco J. Gómez, responsable e investigador, respectivamente, de esta unidad, en el marco de diversos proyectos de investigación financiados por el Plan Nacional de I+D+i.

La tesis aborda el estudio de un determinado tipo de partículas secundarias que se forman principalmente a partir de compuestos gaseosos inorgánicos como el SO_2 , NO_x y amoníaco, algunos de los principales componentes del aerosol en áreas urbanas influidas por el tráfico, que resulta ser el principal emisor de estos compuestos. Aunque el estudio se ha centrado en Madrid, se han realizado comparaciones en distintas zonas urbanas, como Barcelona y Londres.

La importancia de esta tesis radica en la originalidad de su enfoque multidisciplinar y el empleo de técnicas experimentales novedosas que aplican los últimos avances tecnológicos en el sector. El estudio y la caracterización de episodios que dan lugar a altos niveles de esos compuestos gaseosos inorgánicos, como los resultantes de la acumulación invernal, o los de transporte desde el continente europeo, o las cenizas procedentes de las emisiones volcánicas procedentes de la erupción del volcán islandés *Eyjafjalla* en 2010, supone un gran paso en el diseño de planes de mejora de la calidad del aire, pudiéndose así elaborar medidas y estrategias de re-

ducción de las emisiones contaminantes precursoras de estos compuestos. Como resultado será posible disminuir los niveles de contaminación por material particulado y sus efectos, fundamentalmente en grandes áreas metropolitanas.

Promoción del intercambio de conocimiento, Proyecto CB-LAC

El Proyecto CB-LAC (*Capacity Building Programme on Renewable Energy for Latin America and the Caribbean*, Programa de capacitación sobre energía renovable para Latinoamérica y el Caribe), liderado por el CIEMAT es una iniciativa de la ONUDI (Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) incluida en el programa regional denominado “Observatorio de Energías Renovables para América Latina y el Caribe” que tiene por objetivo el intercambio de conocimiento y la mejora del acceso a la información técnica especializada en materia de energías renovables.

El objetivo principal del programa regional es contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo del milenio

Studying the Air in Madrid

Recently the doctoral dissertation titled “Study of secondary inorganic compounds of urban atmospheric aerosols: temporal evolution and characterization of episodes” was defended by M. Aránzazu Revuelta in the School of Physical Sciences of Madrid’s Complutense University. Ms. Revuelta prepared her dissertation in the Atmospheric Pollution Characterization Unit of the CIEMAT under the supervision of Dr. Begoña Artíñano and Dr. Francisco J. Gomez, director and researcher, respectively, of this unit and in the framework of various research projects financed by the National R&D&I Plan.

The dissertation deals with the study of a certain type of secondary particle that primarily forms from inorganic compounds of gases such as SO_2 , NO_x and ammonia, some of the main components

of the aerosol found in urban areas influenced by traffic that is the leading emitter of these compounds. Although the study has focused on Madrid, comparisons have been made to several urban areas such as Barcelona and London.

The importance of this dissertation lies in the originality of its multidisciplinary approach and the use of novel experimental techniques that apply the latest technological advances in the sector. The study and characterization of episodes that give rise to high levels of these gaseous inorganic compounds, e.g. those resulting from wintertime accumulation or from transport from the European continent, or the volcanic ash from the eruption of the Icelandic volcano *Eyjafjalla* in 2010, is a big step forward in the design of air quality improvement plans, as measures and strategies can be implemented to reduce the polluting emissions that are precur-

sors of these compounds. Consequently, it will be possible to reduce the levels of pollution from particulate material and its effects, fundamentally in large metropolitan areas.

Promotion of the Exchange of Knowledge, Project CB-LAC

Project CB-LAC (*Capacity Building Programme on Renewable Energy for Latin America and the Caribbean*), which is headed by the CIEMAT, is a UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) initiative included in the regional program called “Observatory of Renewable Energies for Latin America and the Caribbean”, the purpose of which is the exchange of knowledge and improvement of access to specialized technical information in the field of renewable energies.

para aumentar el acceso a los servicios modernos de energía y la promoción de tecnologías renovables para usos productivos y aplicaciones industriales en la región de Latinoamérica y El Caribe.

CB-LAC desarrollará un programa de creación de capacidades en energías renovables que se estructurará en siete módulos *e-learning* (formación *online*, enseñanza virtual, ...) para su integración en la página principal del portal del observatorio y su posterior difusión entre instituciones públicas y privadas, así como la sociedad en general de la región.

El CIEMAT coordina esta iniciativa, participando a través de la División de Gestión del Conocimiento y de la División de Energías Renovables, y en consorcio con otras instituciones: la Universidad de Salamanca, la Fundación de Educación a Distancia para el Desarrollo Económico y Tecnológico (CEDDET) y la Universidad Politécnica de Madrid.

Los módulos que comprende el programa de capacitación a distancia se centrarán en energía y cambio climático, energía solar térmica, sistemas fotovoltaicos, pequeñas centrales hidroeléctricas, biogás y otras cuestiones

relacionadas con el acceso a las energías en zonas aisladas sin electricidad.

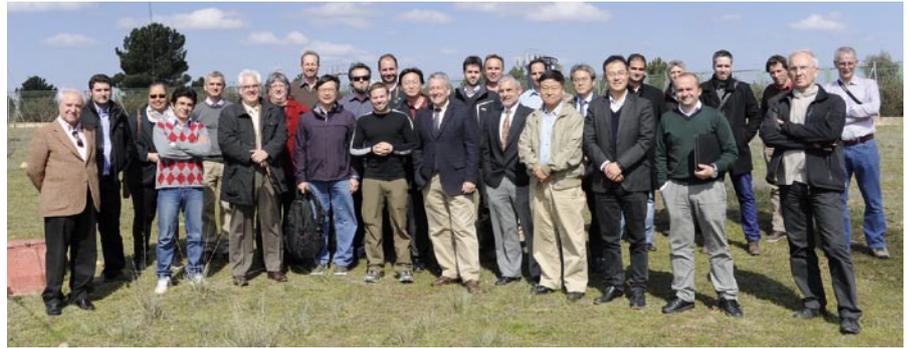
SWAT 2013 en el CEDER

La subdelegada del Gobierno en Soria, M.^a José Heredia, presentó a finales de marzo la 2ª Conferencia Internacional de la Asociación de Ensayadores de Aerogeneradores de Pequeña Potencia que acogió el Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER-CIEMAT) los días 22 a 24 de abril.

Esta conferencia internacional de centros que ensayan con la tecnología eóli-

ca de pequeña potencia reunió a los mayores expertos en este tipo de ensayos. El objetivo era intercambiar experiencias y conocimientos, aunar esfuerzos y criterios, aspectos fundamentales en la elaboración de la futura normativa que comprenda las tecnologías minieólicas que conviven en la actualidad; normativa que permitirá verificar las características de cada una de aquéllas y que ofrecerá al consumidor, instalador, patrocinador o autoridades, la información que precisan para la toma de decisiones.

El Congreso de la Asociación de Ensayadores de Pequeña Eólica, SWAT (*Small*



Participantes en las Jornadas de Ensayadores de Aerogeneradores de pequeña potencia.
Participants in the Small Wind Turbine Testers Meeting

The main purpose of the regional program is to contribute to achievement of the Millennium Development Targets of increasing access to modern energy services and promoting renewable technologies for productive uses and industrial applications in the Latin American and Caribbean region.

CB-LAC will develop a capacity building program in renewable energies that will be structured in seven e-learning modules (online training, virtual education, etc.) for integration into the home page of the Observatory portal and subsequent dissemination among public and private institutions, as well as the general public in the region.

The CIEMAT coordinates this initiative and participates through the Knowledge Management Division and the Renewable Energy Division in consortium with other institutions: the University

of Salamanca, the Economic and Technological Development Distance Learning Center Foundation (CEDDET) and the Polytechnic University of Madrid.

The modules that comprise the distance capacity building program will focus on energy and climate change, solar thermal energy, photovoltaic systems, small hydroelectric plants, biogas and other issues related to energy access in isolated regions without electricity.

SWAT 2013 in the CEDER

In late March, the central government's deputy representative in the province of Soria María J. Heredia, presented the 2nd International Conference of the Small Wind Association of Testers, which was hosted by the Renewable Energy Development Center (CEDER-CIEMAT) on April 22 to 24.

This international conference of small wind technology test centers brought together the leading experts in this type of testing. The purpose was to exchange experiences and know-how, join efforts and unify criteria, all of which are fundamental aspects for drawing up future legislation that will cover the mini-wind technologies that currently exist. This legislation will make it possible to verify the characteristics of each technology and will offer consumers, installers, sponsors or authorities the information they need to make decisions.

The Small Wind Association of Testers (SWAT) congress was attended by different testing organizations (accredited and non-accredited), as well as certification agencies, researchers, manufacturers, managers, etc.

In the inaugural session, the speakers were Miguel Latorre, Director of the

Wind Association of Testers), ha contado con la presencia de distintas organizaciones de ensayo (acreditadas y sin acreditar), además de agencias de certificación, investigadores, fabricantes, gestores, etc.

En la sesión inaugural estuvieron presentes Miguel Latorre, director del CEDER-CIEMAT, Enrique Soria, responsable de la División de Energías renovables del CIEMAT e Ignacio Cruz, responsable de la Unidad de Energía Eólica de esta división, que es también el representante español en el Comité Ejecutivo de I+D en Energía eólica de la Agencia Internacional de la Energía. Participaron también representantes de la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) y de la Agencia Internacional de la Energía Renovable (IRENA), que abordaron distintos aspectos relacionados con los aerogeneradores de pequeña potencia.

En esta ocasión la reunión internacional presentó también varios paneles sobre el estado de la normativa específica de pequeños aerogeneradores, con presencia destacada de los relativos al desarrollo de normativa para los aerogeneradores de eje vertical. Los países que cuentan con normativa sobre pequeños

aerogeneradores (Reino Unido, EE UU, Dinamarca, Japón) compartieron su experiencia con los asistentes. En la segunda de las jornadas que se programaron se realizaron talleres de trabajo. Finalizó el congreso con una visita a las instalaciones del CEDER, en concreto a las plantas de ensayos de palas de aerogeneradores de pequeña potencia, así como las plantas de Oncala, también para ensayo y certificación de este tipo de aerogeneradores.

Eurofancolen, proyecto galardonado por la Fundación madri+d

Eurofancolen es el nombre del consorcio europeo que permitirá desarrollar el proyecto, financiado por el VII Programa Marco de la Unión Europea, para el tratamiento hematológico de pacientes con anemia de Fanconi. El coordinador de este proyecto es el Dr. Juan Bueren, responsable de la división de Terapias innovadoras en el sistema hematopoyético del CIEMAT.

En esta novena edición de los Premios madri+d, en el área de Proyectos Euro-

peos de I+D en Cooperación, el proyecto Eurofancolen ha sido galardonado con la concesión de un *accessit*, en reconocimiento a la excelencia en la generación y difusión de conocimiento científico de carácter competitivo y al desarrollo de actividades en colaboración con grupos de reconocido prestigio internacional.

Eurofancolen aborda el tratamiento del problema hematológico de pacientes con anemia de Fanconi a través de la corrección del defecto genético en las células madre de la médula ósea de los pacientes afectados. Participan en el proyecto once grupos de investigación de cuatro países y constituye el primer estudio multicéntrico para demostrar la eficacia y seguridad de este ensayo de movilización de células hematopoyéticas progenitoras y del medicamento huérfano que restaure el gen defectuoso en estas células.

El CIEMAT participó en la última expedición a la Antártida

A mediados de abril, el CIEMAT acogió una jornada en la que parte de los científicos que participaron en la última

CEDER-CIEMAT, Enrique Soria, head of the CIEMAT Renewable Energy Division, and Ignacio Cruz, head of the Wind Energy Unit of this division and also Spanish representative on the Wind Energy R&D Executive Committee of the International Energy Agency. Representatives of the Association of Renewable Energy Producers (APPA) and the International Renewable Energy Agency (IRENA) also took part to discuss issues related to small wind turbines.

On this occasion, the international meeting also included several panels on the status of specific small wind turbine regulations, especially with regard to development of legislation for vertical axis wind turbines. The countries that have small wind turbine legislation (United Kingdom, USA, Denmark and Japan) shared their experiences with the attendees. Workshops were pro-

grammed for the second day of meetings. The Congress ended with a visit to the CEDER facilities, and specifically to the small wind turbine blade testing plants, as well as the Oncala plants also used for testing and certifying this type of wind turbine.

The madri+d Foundation Awards a Prize to Project EUROFANCOLEN

EUROFANCOLEN is the name of the European consortium that will develop the project, to be financed by the European Union 7th Framework Program, for hematological treatment of patients with Fanconi anemia. The coordinator of this project is Dr. Juan Bueren, head of the CIEMAT division for innovative therapies in the hematopoietic system.

In this ninth edition of the madri+d Foundation prizes, in the area of

European R&D Cooperation Projects, project EUROFANCOLEN has been given an Achievement Award, in recognition of excellence in the generation and dissemination of competitive scientific know-how and the development of activities in collaboration with groups of recognized international prestige.

EUROFANCOLEN addresses the hematological treatment of patients with Fanconi anemia by correcting the genetic defect in the stem cells of the bone marrow of affected patients. Eleven research groups from four countries are taking part in the project, and it is the first multi-centric study to demonstrate the effectiveness and safety of this test of hematopoietic progenitor cell mobilization and the orphan drug that restores the defective gene in these cells.

expedición española a la Antártida expusieron los trabajos que desarrollaron durante la misma. Fueron recibidos por la directora del Departamento de Medio Ambiente, Dra. Yolanda Benito, que actuó también de moderador durante el coloquio que dio por terminada la jornada. La Dra. Benito destacó el papel que juega la Antártida como “inmenso laboratorio científico” por sus propias características, que le hace ser una referencia de lo que sucede en el resto del mundo.

La expedición abordaba un proyecto de investigación del Plan Nacional de I+D+i liderado por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), que estudia las características y los cambios recientes de carácter geomorfológico, neotectónico e hidrogeológico, así como los impactos sobre la superficie del terreno en la región septentrional de la Península Antártica.

En primer lugar intervino el Dr. Jerónimo López, profesor de Geodinámica de la UAM y presidente del *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR), entidad que recibió el premio Príncipe de Asturias 2002 de Cooperación Internacional, quien destacó cómo la comunidad internacional es cada vez



La base española Gabriel de Castilla.
The Spanish Gabriel de Castilla base.

más consciente del relevante papel de la Antártida para el estudio de procesos que afectan al resto del planeta, así como de la importancia del estudio de las consecuencias de lo que ocurre a miles de kilómetros de distancia. Resumió las investigaciones geológicas realizadas desde la UAM desde hace algo más de veinte años y enlazó con las desarrolladas en la campaña 2012-2013, destacando la colaboración entre investigadores españoles y extranjeros participantes, como la

Dra. Tania O'Neill de la Universidad de Waikato en Nueva Zelanda; el Dr. Luis Moreno del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y Dr. Adrián Silva del Instituto Nacional del Agua en Argentina, además de los otros conferenciantes de esta jornada.

El Dr. Juan José Durán, director del Departamento de Investigación y Prospección Geocientífica del IGME, desarrolla investigaciones hidrogeológicas, destacando que en la Antártida se produce

The CIEMAT Participated in the Last Expedition to the Antarctic

In mid-April, the CIEMAT hosted a meeting in which some of the scientists who took part in the last Spanish expedition to the Antarctic explained the work carried out during the expedition. They were welcomed by the Director of the Environment Department, Dr. Yolanda Benito, who also served as moderator during the colloquy at the end of the meeting. Dr. Benito stressed the role of the Antarctic as an “immense scientific laboratory” because of its inherent characteristics, which makes it a reference for everything else that happens in the world.

The expedition conducted a research project of the National R&D&I Plan headed by the Autonomous University of Madrid (UAM), which studies the char-

acteristics and recent changes of a geomorphological, neotectonic and hydrogeological nature, as well as the impacts on the earth's surface in the northern region of the Antarctic Peninsula.

The first speaker was Dr. Jeronimo Lopez, professor of Geodynamics of the UAM and president of the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), which was awarded the 2002 Príncipe de Asturias prize for International Cooperation. He said the international community is increasingly aware of the relevant role played by the Antarctic in the study of processes that affect the rest of the planet and of the importance of studying the consequences of what happens thousands of kilometers away. He summarized the geological research that the UAM has been conducting for a little more than twenty years and that of the 2012-2013

campaign, with mention of the collaboration between Spanish researchers and foreign participants such as Dr. Tania O'Neill of the University of Waikato in New Zealand, Dr. Luis Moreno of the Geological and Mining Institute of Spain (IGME), Dr. Adrian Silva of the National Water Institute in Argentina and some of the other speakers in this meeting.

Dr. Juan José Durán, Director of the Research and Geoscientific Prospecting Department of the IGME, conducts hydrogeological research; he said that a concentration of the water cycle occurs in the Antarctic, so that what takes one year in other terrestrial regions occurs there in just a few months, which in a way is an advantage for studies by specialists. Among other areas of interest, the interrelationship between local and deeper regional flows of water has been analyzed; the objective of studying sur-

una concentración del ciclo del agua, de modo que lo que ocurre en un año en otras zonas terrestres allí sucede en muy pocos meses; lo que supone, en cierto modo, una ventaja para el estudio por los especialistas. Entre otros temas de interés, se ha analizado la interrelación entre los flujos de agua locales y los regionales, más profundos; el estudio de las aguas superficiales y subterráneas tiene por objetivo elaborar un modelo conceptual hidrogeológico.

En tercer lugar intervino el Dr. Thomas Schmid, investigador de la Unidad de Conservación y Recuperación de Suelos del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT, especialista en sistemas de teledetección y su aplicación en estudios geomorfológicos y de suelos; quien puso de manifiesto la importancia de una correcta interpretación de las imágenes y datos de satélite. El objetivo es el desarrollo de una metodología integrada que considere distintos métodos de recogida de datos para poder precisar con mayor exactitud las características geomorfológicas.

También intervino, ya al final de la Jornada, el comandante del Ejército de Tie-

rra Álvaro Kromer, jefe de la Base *Gabriel de Castilla*, que hizo un repaso de los aspectos logísticos y de funcionamiento de una de las bases que dio apoyo a la expedición en la presente campaña. En la gestión de la base uno de los objetivos fundamentales es que toda la actividad que se desarrolle cumpla estrictamente la normativa establecida, mostrándose muy satisfecho de que la base *Gabriel de Castilla* haya podido renovar la certificación de calidad ISO 14001, que es la norma internacional certificada por Aenor a los sistemas eficaces de gestión medioambiental.

Nuevas metodologías de simulación en fusión

Durante la segunda quincena de abril se celebró en el CIEMAT la reunión de la *European Fusion Development Agreement* (EFDA, Acuerdo de Desarrollo de la Fusión Europea); en concreto, el *Code Camp* de la "Actividad para la Modelización Integrada de Tokamaks", reunión en la que participaron investigadores expertos en el campo de fusión de varios países europeos con el objetivo de de-



Participantes en la reunión de EFDA-ITM-TF.
Participants in the EFDA-ITM-TF meeting.

sarrollar nuevas metodologías de simulación en el campo de la física de plasmas de fusión.

EFDA ha publicado a primeros de año la hoja de ruta que considera el horizonte de 2050 para el suministro de energía eléctrica de fusión. Los periodos considerados son tres: el Programa Marco Europeo de Investigación, el Horizonte 2020 y, por último, el periodo de años ente 2021 y el 2050. El papel que debe desarrollar ITER (Reactor Internacional Termonuclear Experimental) es fundamental, por lo

face and underground waters is to build a conceptual hydrogeological model.

The third speaker was Dr. Thomas Schmid, researcher of the Soil Conservation and Recovery Unit of the CIEMAT Environment Department and a specialist in remote sensing systems and their use in geomorphological and soil studies. Dr. Schmid underlined the importance of the correct interpretation of satellite images and data. The goal is to develop an integrated methodology that considers different ways of collecting data to be able to more accurately determine the geomorphological features.

The last speaker was Army Major Alvaro Kromer, chief of the Gabriel de Castilla Base, who reviewed the logistic and operating issues of one of the bases that supported the expedition in the current campaign. One of the fundamental

objectives of base management is that all activities be carried out in strict accordance with established rules, and Major Kromer said he was very satisfied that the Gabriel de Castilla base has been able to renew quality certification ISO 14.001, which is the international AENOR-certified standard of effective environmental management systems.

New Fusion Simulation Methodologies

During the 2nd half of April, the European Fusion Development Agreement (EFDA) meeting was held in the CIEMAT, in this case the "Integrated Tokamak Modelling Taskforce" Code Camp, a meeting in which expert researchers in the field of fusion from several European countries took part in order to develop new simulation methodologies in the field of fusion plasma physics.

Early in the year, EFDA published the roadmap that considers 2050 as the horizon for the supply of fusion electric power. There are three periods under consideration: the European Research Framework Program, Horizon 2020, and finally the period between 2021 and 2050. The role to be played by ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) is essential, and therefore all the efforts of the international community participating in the project are aimed at putting it into operation.

The EFDA meeting in the CIEMAT was sponsored by the EURATOM-CIEMAT Association, and both the National Fusion Laboratory and the CIEMAT Technology Department, specifically the Information and Communication Technologies Division, were also involved.

que a su puesta en marcha en 2020 se dirigen todos los esfuerzos de la comunidad internacional que participa en el proyecto.

La reunión de la EFDA en el CIEMAT, estuvo auspiciada por la asociación Euratom-CIEMAT, interviniendo tanto el Laboratorio Nacional de Fusión como el Departamento de Tecnología del CIEMAT, en concreto la División de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Un proyecto de gasificación de biomasa, colaboración España-Chile

En la Patagonia chilena, en la Región de Magallanes, se desarrollará un proyecto en colaboración entre España y Chile. El proyecto que ha sido presentado oficialmente a primeros de abril, se denomina “Construcción, instalación y puesta en marcha de gasificadores de biomasa para comunidades aisladas”, y tiene por objetivo desarrollar, según requerimientos locales, la mejor tecnología de gasificación de biomasa para la generación de energía eléctrica o calefacción, formando las capacidades necesarias para la cons-

trucción, operación e implementación en muy pequeñas comunidades aisladas.

Es la Unidad de Valorización Energética de Combustibles y Residuos la unidad del CIEMAT que trabaja en este proyecto, ya que tiene una gran experiencia en tecnologías de gasificación de biomasa y residuos, y en tratamiento de gases.

La gasificación de biomasa consiste en convertir la energía del combustible sólido en un gas combustible susceptible de ser utilizado directamente para generación de energía térmica o eléctrica, o bien como gas de síntesis. El proyecto está financiado por el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico dentro del IV Concurso FONDEF Regional de Magallanes y la Antártica Chilena.

Simulación energética en edificios

Una tesis doctoral defendida por Ricardo Enríquez, investigador de la Unidad de Investigación sobre Eficiencia Energética en la Edificación del CIEMAT, demuestra las posibilidades de la simulación energética en el control



Ricardo Enríquez defendiendo su tesis.
Ricardo Enríquez defending his dissertation.

predictivo de edificios. La tesis, titulada “Evaluación energética experimental de edificios en condiciones reales de uso mediante el ajuste de modelos de simulación y aplicaciones al control predictivo” se ha centrado en el ajuste de modelos de edificios a la situación efectiva en condiciones reales de uso del edificio sujeto del estudio.

El empleo de modelos de simulación energética que no siempre reúnen las

Spain-Chile Collaboration in a Biomass Gasification Project

A collaboration project between Spain and Chile is going to be executed in the Magallanes region of the Chilean Patagonia. The project, which was officially presented in early April, is called “Construction, installation and startup of biomass gasifiers for isolated communities”, and its purpose is to develop the best biomass gasification technology, in accordance with local requirements, for generating electric power and heating, and to provide training for the capabilities required for the construction, operation and implementation in very small isolated communities.

The CIEMAT unit working on this project is the Fuel and Waste Energy Recovery Unit, as it has extensive experience in

biomass and waste gasification technologies and in gas treatment.

Biomass gasification consists of converting the energy from solid fuel into a combustible gas that can be directly used for thermal or electric power generation, or else as a synthesis gas. The project is financed by the Fund for Fostering Scientific and Technological Development included in the Regional Magallanes and Chilean Antarctic 4th FONDEF Call.

Energy Simulation in Buildings

A doctoral dissertation defended by Ricardo Enríquez, researcher of the CIEMAT Energy Efficiency in Building Research Unit, demonstrates the possibilities of energy simulation in the predictive control of buildings. The dissertation, titled “Experimental energy

evaluation of buildings under real conditions of use by adjusting simulation models and applications to predictive control”, focuses on the adjustment of building models to the actual situation under the real conditions of use of the building under study.

The use of energy simulation models, which do not always meet the requirements that would make them a valid, reliable tool under real conditions of building use, makes this work more interesting. The research has demonstrated that the adjusted models (the systematic study between simulated models and real data allows these adjustments to be made) did meet the necessary requirements for inclusion in a predictive control scheme, which opens the door to the introduction of energy saving improvements in the conditioning of buildings.

características que los convertirían en una herramienta válida y fiable en condiciones reales de uso de los edificios, hace más interesante este trabajo; la investigación ha permitido demostrar que los modelos ajustados (el estudio sistemático entre modelos simulados y datos reales permite hacer estos ajustes) sí cumplían con los requisitos necesarios para poder incluirlos en un esquema de control predictivo, lo que abre la vía a la introducción de mejoras en cuanto al ahorro energético en el acondicionamiento de edificios.

CETA-CIEMAT al servicio de las energías renovables

El Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas, CETA-CIEMAT, pretende poner sus capacidades al servicio de instituciones y empresas extremeñas, así éstas podrían beneficiarse de su experiencia en las tecnologías de la información y las comunicaciones del centro, en ámbitos como GRID, supercomputación, computación voluntaria ciudadana, computación en nube, almacenaje sistemático de información a través de bibliotecas y reservorios, cálculo científico, entre otros.

CETA-CIEMAT at the Service of Renewable Energies

The Extremadura Center of Advanced Technologies, CETA-CIEMAT, intends to put its capabilities at the service of institutions and enterprises in Extremadura so that the latter can benefit from the center's experience in information and communication technologies in areas such as GRID, supercomputing, voluntary distributed computing, cloud computing, systematic information storage via libraries and reservoirs, scientific computing, etc. In this framework, the CIEMAT Renewable Energies Division is working in coordination with CETA-CIEMAT on a new version of IntiGIS and the generation of high resolution wind maps.

IntiGIS is a geographic information system developed on ARCGIS to re-

En este marco, la División de Energías Renovables del CIEMAT está trabajando en coordinación con CETA-CIEMAT en una nueva versión de IntiGIS, y la generación de mapas eólicos de alta resolución.

IntiGIS es un sistema de información geográfica desarrollada sobre ARCGIS para responder a los problemas de electrificación rural y generación descentralizada de electricidad mediante energías renovables, dirigido fundamentalmente al área rural y con el objetivo de ser aplicable en países en vías de desarrollo. La versatilidad de la nueva versión permitirá optimizar la comparación de distintos escenarios en función de los parámetros introducidos, poniendo a disposición del usuario las herramientas necesaria para la adopción de decisiones.

Otro de los retos que aborda CETA-CIEMAT en el campo de las energías renovables es el despliegue y posterior evolución del portal de Acceso a Datos de Radiación Solar de España, desarrollado por CIEMAT y la prestación de servicios de computación y almacenamiento masivo por parte de CETA-CIEMAT, con lo que podrán generarse mapas eólicos de alta resolución.

spond to the problems of rural electrification and decentralized electricity generation based on renewable energies, which basically targets rural areas and aims to be applicable to developing countries. The versatility of the new version will enable optimization of the comparison of different scenarios based on the input parameters, and it will make available to the user the necessary tools for decision making.

Another challenge faced by CETA-CIEMAT in the field of renewable energies is the deployment and subsequent evolution of the access portal to Solar Radiation Data of Spain, developed by CIEMAT, and the provision of mass computing and storage services by the CETA-CIEMAT, which will be used to generate high resolution wind maps.

Ignacio Cruz nuevo representante español en el comité ejecutivo de I+D en energía eólica en la IEA

La Agencia Internacional de la Energía (IEA, *International Energy Agency*) nombró a primeros de febrero a Ignacio Cruz Cruz representante de España en el Comité Ejecutivo de I+D en Energía Eólica, coincidiendo con la celebración de la Conferencia Europea de Energía Eólica, EWEA.

Actualmente, Ignacio Cruz dirige uno de los grupos de I+D de la Agencia Internacional de la Energía, precisamente el encargado de desarrollar toda la normativa en el campo de los pequeños aerogeneradores para utilización tanto en emplazamientos en campo abierto como emplazamientos urbanos y periurbanos, en colaboración con otras entidades implicadas en la normalización, con presencia en los comités de normalización españoles. Forma parte también de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI, *International Electrotechnical Commission* -IEC-), la organización de normalización en los campos eléctrico,

Ignacio Cruz the New Spanish Representative on the Wind Energy R&D Executive Committee of the IEA

In early February, the International Energy Agency (IEA) appointed Ignacio Cruz as Spain's representative on the Wind Energy R&D Executive Committee, coinciding with the European Wind Energy Association (EWEA) conference.

Ignacio Cruz currently heads one of the International Energy Agency R&D groups, specifically the one in charge of developing all the legislation in the field of small wind turbines for use on both open-field sites and urban and peri-urban sites, in collaboration with other entities involved in standardization and with a presence on the Spanish Standardization Committees.



Los asistentes a la EWEA.
Attendees to the EWEA Conference.

electrónico y tecnologías relacionadas. Ignacio Cruz es el co-coordinador, junto con un representante de la sección minieólica de la Asociación Británica de Energía Eólica, del grupo de trabajo para el rediseño de la nueva norma IEC 61400-2 que define los requisitos para el diseño seguro de los aerogeneradores de pequeña potencia.

Asimismo, Ignacio Cruz participa como representante español en la Iniciativa Industrial Eólica (EWI-*European Wind Initiative*) y como miembro asociado en el programa conjunto en energía eólica de la Alianza Europea (EER, *European Energy Research Alliance*) ambas dentro

del Plan Estratégico Europeo en Energías limpias de carbono (SET Plan). Para la asunción de esta responsabilidad como representante de España en el Comité Ejecutivo de I+D en Energía Eólica de la IEA, cuenta con la colaboración de Luis M.ª Arribas de Paz, también investigador del CIEMAT, que asumirá la representación en sustitución de Ignacio Cruz. Ambos continuarán el trabajo realizado por el anterior representante de España en el Comité, Enrique Soria Lascorz quien, tras diez años en este puesto ha dejado tras de sí una labor importante y destacada para poder abordar nuevos retos y compromisos.

Jornada de Difusión de las Actividades de EERA en el CIEMAT

La Alianza Europea de Investigación en Energía (EERA) es uno de los instrumentos del SET-Plan (Plan Estratégico Europeo de Tecnologías Energéticas), diseñado para incrementar la capacidad de Europa en la investigación de tecnologías energéticas con bajas emisiones de carbono.

La Jornada de Difusión de las Actividades de EERA que se celebró en el CIEMAT, tuvo por objeto reunir a los participantes nacionales de los distintos *Joint Programmes* (Programas Conjuntos) y dar a conocer la Alianza, además de exponer los mecanismos de financiación pública por parte del Ministerio de Economía y Competitividad a través de su representante en el acto. Esta segunda jornada organizada por CIEMAT pretendía incrementar la participación de organismos nacionales en las actividades de EERA.

La jornada fue inaugurada por Cayetano López, director general del CIEMAT, quien, en su bienvenida, comentó: "Que

He is also a member of the International Electrotechnical Commission (IEC), the standardization organization in the electrical and electronic fields and related technologies. Ignacio Cruz is the co-coordinator, together with a representative of the mini-wind section of the British Wind Energy Association, of the work group for the redesign of the new standard IEC 61400-2 which defines the requirements for the safe design of small wind turbines.

In addition, Ignacio Cruz acts as Spanish representative in the European Wind Initiative (EWI) and is an associate member of the joint wind energy program of the European Energy Research Alliance (EER), both of which are part of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) for low carbon energies. To take on this responsi-

bility as Spanish representative on the Wind Energy R&D Executive Committee of the IEA, he will have the help of Luis M. Arribas de Paz, also a CIEMAT researcher, who will assume the representation in substitution of Ignacio Cruz. Both will carry on with the work of the previous representative of Spain on the Committee, Enrique Soria Lascorz, who after ten years in this post has passed on an important body of work to be able to undertake new challenges and commitments.

Informative Meeting on EERA Activities in the CIEMAT

The European Energy Research Alliance (EERA) is one of the SET-Plan (European Strategic Energy Technology

Plan) instruments designed to boost Europe's capacity in research of energy technologies with low carbon emissions.

The purpose of the Informative Meeting on EERA Activities that was held in the CIEMAT was to bring together the national participants in the various Joint Programs and to make the Alliance known; a representative of the Ministry of Economy and Competitiveness was also on hand to explain its public financing mechanisms. This second meeting organized by the CIEMAT aimed to increase the participation of national bodies in EERA activities.

The meeting was inaugurated by Cayetano Lopez, Director General of the CIEMAT, who in his welcome address said "that the Alliance is an ambitious, exciting project" that is already having a positive influence on the development of

la Alianza es un proyecto ambicioso e ilusionante“, que ya está incidiendo positivamente en el desarrollo de un tejido de investigación en Europa, que tiene que dirigirse a la creación de grandes consorcios como EERA. También comentó que una de las obligaciones del CIEMAT, asumida con convicción y entusiasmo, es la de “promover la participación de otras organizaciones en EERA”, de lo que daba muestra la iniciativa de esta Jornada de Difusión. También destacó algunas de las tareas por hacer, como el establecimiento de protocolos de actuación y la elaboración de reglas claras que permitan una estructura bien definida de los proyectos, detallando derechos y obligaciones de todos los participantes, para determinar una estructura estable y eficaz de EERA, asegurando su sostenibilidad.

Impacto del mercurio en el medioambiente

En octubre de 2013 se firmará en Japón un compromiso internacional (140 países) sobre la prohibición de usos y alternativas de uso de mercurio en actiidades y productos. También se aborda el

transporte seguro, la gestión de residuos de mercurio y el impacto del mercurio sobre la población y medioambiente.

La Unidad de Conservación y recuperación de suelos del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT lleva más de una década estudiando el comportamiento y transferencia del mercurio en diferentes ecosistemas y compartimentos ambientales. El trabajo a lo largo de este tiempo se ha realizado en el distrito minero de mercurio de Almadén, en España, y en países con minería aurífera, como Bolivia, México o Indonesia, ya que el mercurio se emplea en amalgamar el oro.

En Almadén, tras el cierre de las minas y el cese de actividades, se han considerado distintas alternativas de uso para los suelos anteriormente “mineros” y ahora agrícolas principalmente, por lo que es preciso conocer si un uso sostenible de los mismos es compatible con los requerimientos relativos a la salud humana y animal atendiendo a la normativa vigente. Así, se ha trabajado con cultivos de consumo humano (altramuz, garbanzo, lenteja, cebada, trigo, berenjena y lavanda), de consumo animal (altramuz,



Impacto del mercurio en el medioambiente, procesamiento de muestras.
Impact of mercury on the environment, sample processing.

garbanzo, veza, cebada, trigo) y de uso industrial (lavanda, colza).

El trabajo de investigación proporciona una base científica para poder elaborar una lista de recomendaciones sobre alternativas seguras y sostenibles de uso agrícola del suelo de Almadén de acuerdo a la normativa vigente. Además, los datos obtenidos para diferentes cultivos en este estudio junto con los de otras fuentes potenciales de ingesta de mercurio pueden

a research fabric in Europe, which should focus on creating large consortiums such as EERA. He also said that one of the CIEMAT's obligations, assumed with conviction and enthusiasm, is to “promote the participation of other organizations in EERA”, as in the case of this informative meeting. He also mentioned some of the work to be done, e.g. establishing action protocols and drawing up clear rules that enable a well defined project structure that details the rights and obligations of all participants, in order to secure a stable, effective structure for EERA and ensure its sustainability.

Impact of Mercury on the Environment

In October 2013, an international agreement (140 countries) will be signed

in Japan for the prohibition of uses and alternatives of mercury use in activities and products. It will also address the safe transport and management of mercury waste and the impact of mercury on the population and environment.

For more than a decade, the Soil Conservation and Recovery Unit of the CIEMAT Environment Department has been studying the behavior and transfer of mercury in various ecosystems and environmental compartments. It has carried out this work over the years in the mercury mining district of Almadén in Spain and in countries with auriferous mining such as Bolivia, Mexico and Indonesia, as mercury is used in gold amalgamation.

In Almadén, after the mines were closed and operations ceased, different

alternatives have been considered for using the previously “mining” and now primarily agricultural lands. To this end, it is necessary to know if a sustainable use of this land is compatible with requirements relative to human and animal health in keeping with current legislation. Therefore there have been studies focusing on crops for human consumption (lupine, chickpea, lentil, barley, wheat, eggplant and lavender), animal consumption (lupine, chickpea, vetch, barley and wheat) and industrial use (lavender, rapeseed).

The research work provides a scientific basis for preparing a list of recommendations on safe, sustainable alternatives for agricultural use of the Almadén grounds in accordance with current legislation. In addition, the data obtained

servir para realizar una evaluación de riesgo toxicológico completa.

El proyecto STAGE-STE recibe la calificación máxima de la Comisión Europea

El proyecto STAGE-STE (*Scientific and Technological Alliance for Guaranteeing the European Excellence in Concentrating Solar Thermal Energy*, Alianza Científica y Tecnológica para garantizar la Excelencia y Liderazgo Europeos en Energía Termosolar), ha alcanzado la máxima puntuación (15/15) en la convocatoria de Proyectos de Investigación Integrados (IRP) asociada a la iniciativa EERA (*European Energy Research Alliance*, Alianza Europea de Investigación en Energía). El proyecto, que comenzará en otoño y tendrá una duración de cuatro años, cuenta con una financiación de 10 millones de euros.

La convocatoria de estos IRP fue iniciativa de la Comisión Europea en el verano de 2012, con el objetivo de respaldar y consolidar los programas conjuntos. La propuesta del programa de energía solar de concentración, liderado por el

CIEMAT, ha obtenido la máxima puntuación posible y va a ser financiado con 10 millones de euros, sirviendo además, según el punto de vista de la Comisión Europea, como ejemplo de referencia para otros programas conjuntos.

El proyecto STAGE-STE está coordinado por el Dr. Julián Blanco Gálvez, responsable de la Unidad de Aplicaciones medioambientales de la energía solar de la Plataforma Solar de Almería (PSA-CIEMAT). En total participarán en STAGE-STE cuarenta instituciones, organismos y empresas de un total de veinte países diferentes de la totalidad de continentes y regiones relevantes del globo para el desarrollo y aplicación de la energía solar de concentración en sus diferentes modalidades y aplicaciones posibles. Además, es de destacar el hecho de que el número de instituciones españolas participantes en el proyecto es de ocho, alcanzando un 33% de la financiación total europea conseguida, lo que da una buena idea –y es reflejo– de la importancia, relevancia y liderazgo que España tiene a nivel internacional en estas tecnologías, en estos momentos.



Julián Blanco en la PSA-CIEMAT.
Julian Blanco in the PSA-CIEMAT.

Los participantes industriales en el consorcio definirán el nivel de implicación del sector industrial en todo el proceso de generación y transferencia del conocimiento adquirido y los organismos internacionales proporcionarán su visión y colaboración en los desarrollos específicos necesarios para la implementación efectiva de la tecnología en las diferentes regiones con importante potencial solar.

on different crops in these studies, together with those from other potential sources of mercury intake, can serve to perform a complete toxicological risk assessment.

Project STAGE-STE Receives the European Commission's Top Qualification

Project STAGE-STE (Scientific and Technological Alliance for Guaranteeing European Excellence in Concentrating Solar Thermal Energy), has received the top score (15/15) in the call for Integrated Research Projects (IRP) associated with the EERA (European Energy Research Alliance) initiative. The project, which will begin in autumn 2013 and last for 4 years, is being financed with 10 million Euros.

This IRP call was an initiative of the European Commission in the summer of 2012, the purpose of which was to support and consolidate the Joint Programs. The proposal for the concentrating solar energy program, headed by the CIEMAT, has obtained the maximum possible score and is going to be financed with 10 million Euros, and it will also serve, in the opinion of the European Commission, as a reference point for other Joint Programs.

Project STAGE-STE is coordinated by Dr. Julian Blanco Gálvez, head of the solar energy environmental applications unit of the Almería Solar Platform (PSA-CIEMAT). In all, forty institutions, organizations and companies from a total of twenty different countries in all the world's relevant regions and continents will participate in STAGE—STE,

for the development and application of concentrating solar energy in its different modalities and possible applications. Moreover, the fact that there are eight Spanish institutions participating in the project, amounting for 33% of the total European funding obtained, gives a good idea of the international importance, relevance and leadership of Spain at this time in these technologies.

The industrial partners in the consortium will define the level of implication of the industrial sector in the whole process of generation and transfer of the acquired know-how, and the international bodies will provide their vision and collaboration in the specific developments needed to effectively implement the technology in the regions with a significant solar potential.

El experimento CMS:

una máquina para explorar la Física del futuro

The CMS Experiment:

a machine to explore the Physics of the future

Cristina FERNÁNDEZ-BEDOYA, Mary-Cruz FOUZ IGLESIAS y Jesús PUERTA PELAYO - Investigadores de la División de Física de Partículas. Departamento de Investigación Básica. / Researchers of the Particle Physics Division. Basic Research Department.

INTRODUCCIÓN: EL ACELERADOR LHC

La idea de explorar los componentes fundamentales de la materia resulta fascinante. Pero es evidente la dificultad del reto que supone enfrentarse a objetos cuyo tamaño es billones de veces más pequeño que la sección de un cabello humano, y que se comportan de forma muy diferente a los que estamos acostumbrados a observar. Para estudiar la estructura del átomo, hace más de 100 años Rutherford tuvo la idea de bombardear una lámina de oro con otras partículas y observar el resultado. Más de un siglo después, seguimos haciendo colisionar partículas para investigar sobre la estructura de la materia. Sin embargo, el objetivo por el que lo hacemos es distinto. Para entender en profundidad cómo se formó la materia que conocemos, necesitamos estudiar partículas que no existen en la Naturaleza hoy en día, sino que se generaron instantes tras el *Big Bang* y contribuyeron a generar las partículas e interacciones que vemos hoy en día. En general nos referimos a partículas inestables y muy masivas. Para reproducirlas en el laboratorio necesitamos colisionar partículas a grandes velocidades de tal modo que al chocar y desintegrarse sean capaces de generar partículas cada vez más masivas (recordemos la famosa ecuación de Einstein, $E=mc^2$). Por tanto, lo que antes podía hacerse en un despacho, en la actualidad necesita enormes dispositivos construidos por la mayor colaboración científica de la historia. Este simple concepto es el motivo de construir aceleradores de partículas: llevar dichas partículas hasta energías muy altas para hacerlas chocar entre sí.

El último de una larga saga de aceleradores construidos en las últimas décadas es el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), sito en el Laboratorio Europeo para Física de Partículas (CERN). LHC es el resultado de una colaboración científica sin precedentes en la Historia. Sin precedentes desde el punto de vista humano (más de 10000 personas involucradas entre científicos, ingenieros, etc.), desde el punto de vista temporal (se espera que, desde que se planteó por primera vez hasta que cese su funcionamiento, pasen más de 40 años) y desde

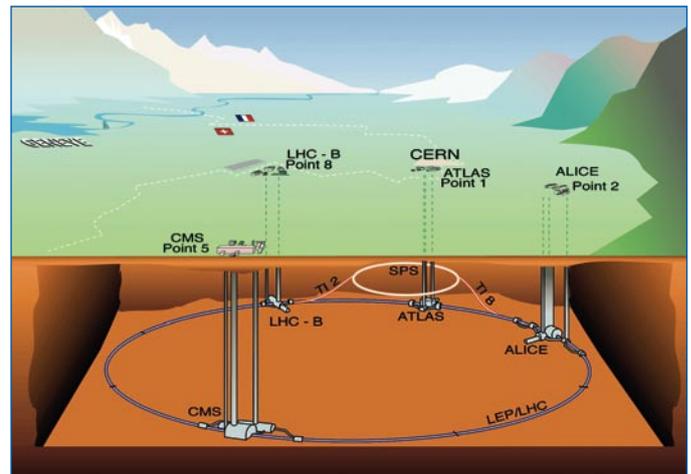


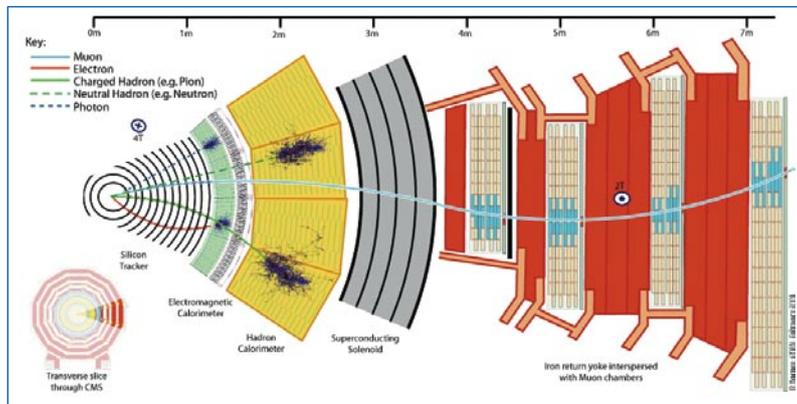
Figura 1: Esquema del acelerador LHC y sus cuatro experimentos asociados.
Figure 1: Diagram of the LHC accelerator and its four associated experiments



Figura 2: Imagen del túnel del acelerador LHC. El tubo en la parte inferior derecha de la imagen contiene los imanes superconductores que dirigen el haz de partículas.
Figure 2: Picture of the LHC accelerator tunnel. The tube at the bottom right of the picture shows the superconducting magnets that guide the particle beam.

el punto de vista tecnológico (ha supuesto grandes retos en campos como la criogenia, tecnología de materiales, procesamiento de información, etc. por citar sólo algunos).

A grandes rasgos, LHC es un gran anillo circular de 27 km de perímetro, enterrado a unos 100 metros (ver Figura 1) y formado por más de 1600 imanes superconductores que operan a menos de -271°C (Figura 2), haciendo del LHC la mayor instalación criogénica del mundo. En él se aceleran partículas (protones o iones pesados) hasta velocidades próximas a la de la luz, para hacerlos colisionar entre sí en cuatro puntos, alrededor de los cuales se sitúan cuatro grandes detectores capaces de detectar los productos de estas colisiones. A energía máxima, cada uno de los haces de protones en el LHC tendrá una energía equivalente a la de un tren de alta velocidad de 400 toneladas circulando a 200 km/h.



EL EXPERIMENTO CMS

Los experimentos en sí se realizan en el corazón de los detectores. Podemos imaginarlos como gigantescas cámaras digitales encargadas de observar el resultado de las colisiones. Cada uno de ellos está formado por diferentes capas alrededor del punto de interacción, encargadas de medir distintos tipos de partículas, como muestra la Figura 3. Estos detectores permiten medir las partículas a partir de la señal que éstas producen al atravesarlos (carga eléctrica, luz...), y que puede usarse para determinar el tiempo, trayectoria o energía de las partículas.

La precisión de estas medidas es de vital importancia para poder identificar las partículas e inferir lo que ha ocurrido tras la colisión. Los haces se cruzan entre sí cada 50 nanosegundos (25ns, en el futuro) por lo que las medidas temporales, con precisiones de pocos nanosegundos, son muy importantes para discernir a qué cruce de haces pertenece la partícula que se ha detectado. La medición precisa de la trayectoria de las partículas permite asociarlas a un mismo punto de colisión (o vértice) y, por lo tanto, distinguir entre las decenas de colisiones que se producen simultáneamente en cada cruce. Los detectores permiten medir los vértices con precisiones de pocas micras. Además, los experimentos cuentan con potentes imanes para curvar las partículas cargadas con el fin de medir su energía a partir de la curvatura de su trayectoria. Esto es de especial importancia en el caso de los muones que, a diferencia de casi todo el resto de partículas, son capaces de atravesar medios materiales sufriendo pocas pérdidas de energía sin ser absorbidos en los detectores. La medida de la energía de la mayor parte de las partículas se realiza en los denominados calorímetros. Los calorímetros son bloques densos de materia donde la partícula es absorbida y parte de su energía se transforma en una señal proporcional a su energía inicial.

De los cientos de millones de colisiones que se producen por segundo, sólo unas pocas son interesantes. Los detectores permiten realizar un procesado rápido de las señales que permite identificar el instante de paso de la partícula, identificar el cruce de haces al que pertenece y dar una medida aproximada de la energía. Esto permite discernir si el suceso es potencialmente interesante y enviar una señal de disparo (*trigger*) al sistema de adquisición de datos para que las señales de todos los subdetectores sean leídas y almacenadas para su posterior análisis.

Figura 3: Esquema de un corte transversal del experimento CMS, donde se observan las distintas capas que componen el detector, y las interacciones que las distintas partículas experimentan al atravesarlos.

Figure 3: Diagram of a cross section of the CMS experiment, which shows the different layers that comprise the detector and the interactions experienced by the various particles when passing through them.

INTRODUCTION: THE LHC ACCELERATOR

The idea of exploring the fundamental components of matter is fascinating. But the difficulty of the challenge posed by encountering objects a billion times smaller than the section of a human hair, and which behave very differently from what we are accustomed to observing, is obvious. More than 100 years ago, in order to study the structure of the atom, Rutherford came up with the idea of bombarding a gold plate with other particles and observing the result. More than one century later, we continue to make particles collide to investigate the structure of matter. However, the reason why we do it is different. To gain an in-depth understanding of how matter as we know it was formed, we need to study particles that do not exist in Nature today, but rather were generated instantly after the Big Bang and that helped to generate the particles and interactions we see today. In general we are referring to very massive, unstable particles. To reproduce them in the laboratory, we need to make particles collide at high speeds so that when they hit each other and decay, they will be able to produce increasingly massive particles (remember Einstein's famous equation $E=mc^2$). Therefore, what before could be done in an office now requires enormous devices built for the greatest scientific collaboration in history. This simple concept is the reason for building particle accelerators: to take these particles up to very high energies and make them collide with each other.

The latest of a long line of accelerators built in the last few decades is the Large Hadron Collider (LHC), located in the European Laboratory for Particle Physics (CERN). LHC is the result of a scientific collaboration without precedent in history. Without precedent in human terms (more than 10000 people involved, including scientists, engineers, etc.), in temporal terms (it is expected that more than 40 years will pass from the time it was first proposed until it ceases operation) and in technological terms (it has posed major challenges in fields such as cryogenics, materials technology, data processing, etc., to mention only a few).

In general terms, the LHC is a large circular ring 27 km in circumference, located some 100 meters underground (see Figure 1) and formed by more than 1600 superconducting magnets that operate at less than -271°C (Figure 2), making the LHC the largest cryogenics installation in the world. In the LHC, particles

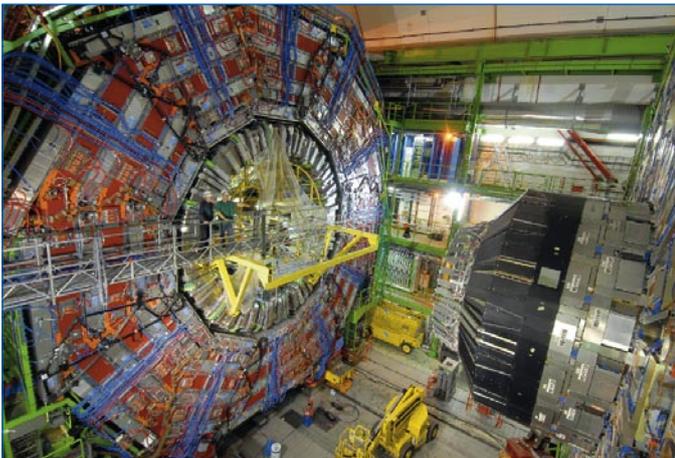


Figura 4: Imagen del detector CMS durante su fase de construcción.
Figure 4: Picture of the CMS detector during construction.

Los cuatro grandes detectores del LHC son ATLAS, CMS (los llamados “multipropósito” que buscan explorar cualquier proceso físico derivado de las colisiones), ALICE y LHCb (dos experimentos de menor envergadura diseñados para fines específicos). El experimento CMS es un experimento enorme de forma cilíndrica de más de 20m de largo por unos 15m de altura y más de 12000 toneladas de peso. La Figura 4 muestra una imagen de CMS durante su construcción. Está formado por un detector interno de trayectorias de partículas cargadas (*tracker*) formado por detectores de silicio. Rodeándolo, un sistema de calorímetros, y todo ello dentro del mayor imán solenoidal superconductor del mundo. En las capas externas del experimento se localiza el detector de muones, que fue, junto con el sistema de alineamiento entre detectores, una de las contribuciones fundamentales del CIEMAT como miembro de la colaboración CMS. El detector de muones de CMS está formado por distintos tipos de detectores, y tiene como objetivo identificar los muones, medir su trayectoria y energía con la ayuda del detector de trazas, y proporcionar señales al sistema de disparo. En particular, la contribución del CIEMAT se centró en las llamadas cámaras de tubos de deriva (DT- *Drift Tubes*), que se sitúan rodeando los calorímetros en cuatro capas concéntricas en la zona central del detector, o barril.

LAS CÁMARAS DE TUBOS DE DERIVA

Las cámaras DT están formadas por varias capas de tubos (o celdas) gaseosos de dimensiones transversales de 42 x 13mm² y una longitud que varía entre 2 y 3m dependiendo de la cámara. En el centro se sitúa un hilo sensor que recoge la señal de los electrones producidos por la ionización del gas de la partícula cargada incidente. Una partícula cargada que atraviese la celda ionizará el gas y debido a los campos eléctricos generados en su interior, los electrones se moverán hacia el hilo produciendo nuevos electrones que darán lugar a una señal detectable en el hilo. A partir de las medidas del tiempo en que se produce la señal en las diferentes celdas, podemos conocer tanto la posición de paso del muon como el instante en que cruzó la cámara. Para conseguir precisiones

(protons or heavy ions) are accelerated up to speeds approaching light speed to make them collide with each other at 4 points, around which are located four large detectors capable of detecting the products of these collisions. At maximum energy, each of the proton beams in the LHC will have an energy equivalent to that of a high-speed 400-ton train traveling at 200 km/h.

THE CMS EXPERIMENT

The experiments themselves take place in the heart of the detectors. We can imagine these as huge digital cameras that observe the outcome of the collisions. Each one of them is formed by various layers around the interaction point that measure different types of particles, as shown in Figure 3. These detectors measure the particles on the basis of the signals they produce on passing through the detectors (electric charge, light, etc.) and that can be used to determine the time, trajectory or energy of the particles.

The accuracy of these measurements is of vital importance to be able to identify the particles and infer what has happened after the collision. The beams cross over each other every 50 nanoseconds (25ns in the future) and therefore the time measurements, with accuracies of a few nanoseconds, are very important to ascertain to which beam crossing the detected particle belongs. The precision measurement of the trajectory of the particles enables their association with one same collision point (or vertex) and thus it is possible to distinguish between the dozens of collisions that simultaneously occur in each crossing. The detectors measure the vertices with accuracies of a few microns. Moreover, the experiments use powerful magnets to bend the charged particles in order to measure their energy based on the trajectory curvature. This is particularly important in the case of muons which, unlike almost all the other particles, are capable of passing through material media with little energy loss and without being absorbed in the detectors. The energy of most of the particles is measured in the so-called calorimeters. Calorimeters are dense blocks of material where the particle is absorbed and part of its energy is transformed into a signal proportional to its initial energy.

Of the hundreds of millions of collisions that occur per second, only a few are interesting. The detectors rapidly process the signals, making it possible to identify the pass-through instant of the particle and the crossing of beams to which it belongs and give an approximate measurement of the energy. This indicates if the event is potentially interesting, and a trigger signal is sent to the data acquisition system so that the signals of all the sub-detectors will be read and stored for subsequent analysis.

The four large LHC detectors are ATLAS, CMS (the so-called “multipurpose” detectors that are used to explore any physical process resulting from the collisions), ALICE and LHCb (two experiments of lesser scope designed for specific purposes). The CMS experiment is an enormous cylinder more than 20 m long by some 15 m wide and weighing more than 12000 tons. Figure 4 shows a picture of CMS during its construction. It is formed by an internal detector of charged particle trajectories (“tracker”) made of silicon detectors. Surrounding it is a calorimeter system, and all this is placed inside the world’s largest superconducting solenoid magnet. In the outer layers of the experiment is located the muon

del centenar de micras y del orden de 3 o 4 ns es necesario que los hilos estén posicionados con una precisión de 100 micras. Para poder garantizar estas precisiones durante la construcción se usaron útiles específicos. El montaje se realizó sobre mesas de precisión con planicidad de 100 micras donde se colocaron referencias muy precisas para el posicionado de los útiles de montaje. Estas mesas contaban también con un coordinatógrafo controlado por ordenador que permitía medir, con una precisión inferior a 50 micras por medio de una cámara CCD (Figura 5), las posiciones precisas de los hilos, la planicidad y el posicionado relativo de los distintos componentes. A ambos extremos de los hilos, y en el interior del volumen de gas, se sitúan, por un lado, las tarjetas electrónicas de alta tensión que distribuyen los voltajes a los distintos componentes y, por otro, la electrónica que contiene los amplificadores y discriminadores que permiten detectar la señal y transmitirla a la electrónica de lectura y de disparo. La electrónica de lectura (tarjetas ROB y ROS) ha sido diseñada y fabricada en el CIEMAT y permite obtener un valor digital del tiempo de llegada de las señales con una resolución de 781 ps. Como la velocidad de deriva en el gas de las cámaras es prácticamente constante, esta medida temporal se puede traducir a posición geométrica. Las señales digitales de lectura se almacenan, se asocian a cada evento y se transmiten a lo largo de diversas etapas de multiplexación y empaquetado hasta su integración con el resto del sistema de adquisición de datos de CMS.

CMS cuenta con un total de 250 cámaras DT, de las cuales 70 se construyeron y certificaron en el CIEMAT mediante una estación de rayos cósmicos, antes de ser enviadas al CERN, donde fueron probadas de nuevo en numerosas ocasiones antes y después de su instalación final y en varias campañas de tomas de datos con rayos cósmicos conjuntas de todos los subdetectores que forman CMS.

LHC Y CMS EN MARCHA

La puesta en marcha del LHC fue un momento de gran excitación dentro de la comunidad científica, y en especial para los miles de personas que habían dedicado más de veinte años de esfuerzo en el diseño, construcción y puesta a punto de este gigantesco proyecto científico. Las primeras colisiones tuvieron lugar el 6 de diciembre de 2009 con una energía reducida. Estos días fueron la antesala de una escalada progresiva de superación en el LHC, olvidando así el incidente en septiembre de 2008 en el que las conexiones de unos imanes fallaron durante las pruebas de circulación de los haces. Durante estos años, el LHC ha batido récords en los parámetros que miden la potencia de un acelerador: la energía en el centro de la colisión (8 TeV alcanzados en 2013) y la luminosidad instantánea (hasta $7,7 \cdot 10^{33}$ Hz/cm²), relacionada con la tasa de colisiones por segundo. La Figura 7 muestra la evolución de la luminosidad total integrada (a *grosso modo* el número de colisiones registradas) a lo largo de los años de funcionamiento de LHC. Los principales resultados de física obtenidos por CMS en este periodo se presentan en otro artículo de esta revista.

El funcionar a alta luminosidad en un acelerador es crucial para obtener suficiente estadística y poder realizar medidas de precisión o descubrir partículas con baja probabilidad de producción, como

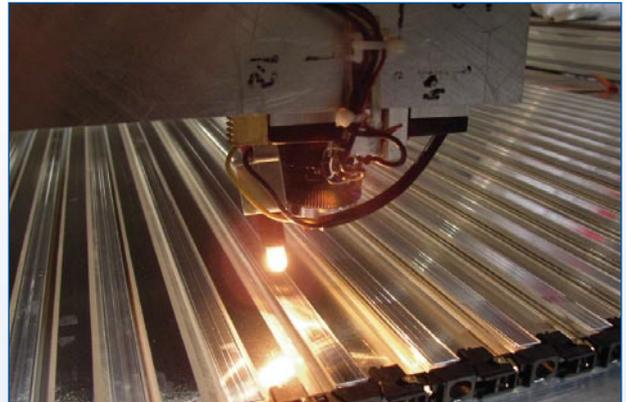


Figura 5: Control de las posiciones de los hilos mediante una cámara CCD durante la fase de construcción de una cámara de tubos de deriva en las instalaciones del CIEMAT.
Figure 5: Control of the wire positions by a CCD camera during the construction of a drift tube chamber in the CIEMAT facilities.

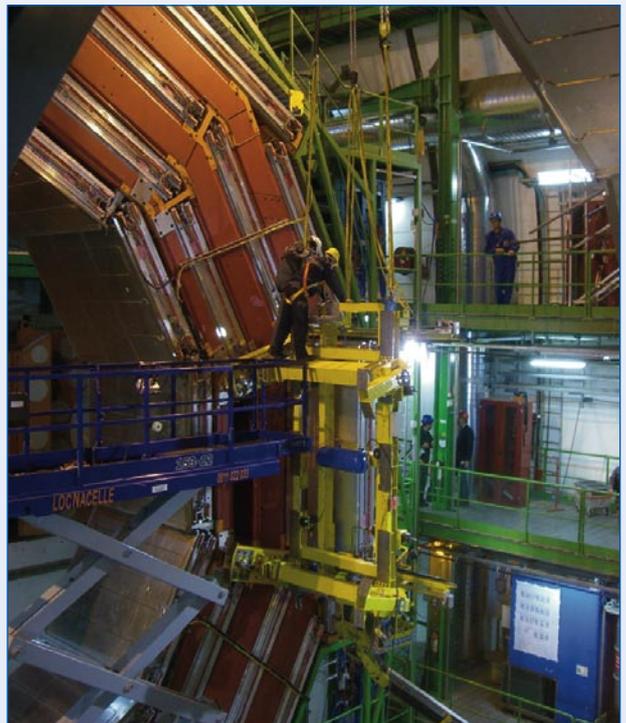


Figura 6: Instalación de una cámara DT en la caverna del experimento CMS.
Figure 6: Installation of a DT chamber in the cavern of the CMS experiment.

detector which, together with the detector alignment system, was one of the fundamental contributions of CIEMAT as a member of the CMS collaboration. The CMS muon detector is formed by various types of detectors and its purpose is to identify the muons, measure their trajectory and energy with the help of the tracking detector and provide signals to the trigger system. In particular, the contribution of CIEMAT focused on the so-called drift tube (DT) chambers, which are placed around the calorimeters in four concentric layers in the central region, or barrel, of the detector.

THE DRIFT TUBE (DT) CHAMBERS

The DT chambers are formed by several layers of gas tubes (or cells) with transversal dimensions of 42 x 13 mm² and a length

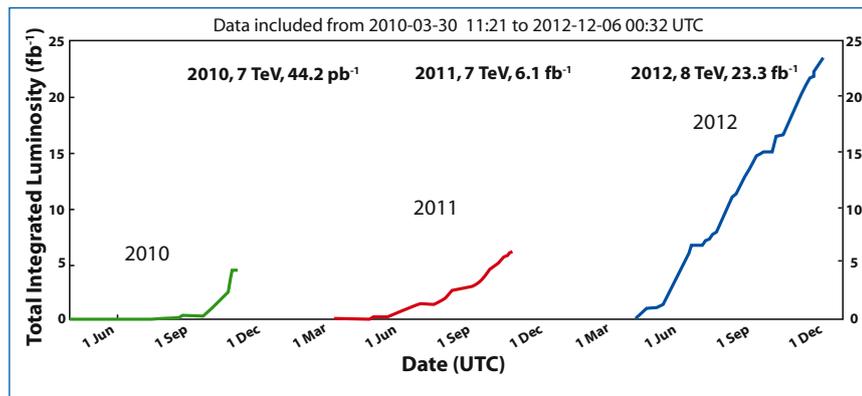


Figura 7: Luminosidad total integrada en CMS a lo largo del tiempo.
Figure 7: Total integrated luminosity in CMS over time.

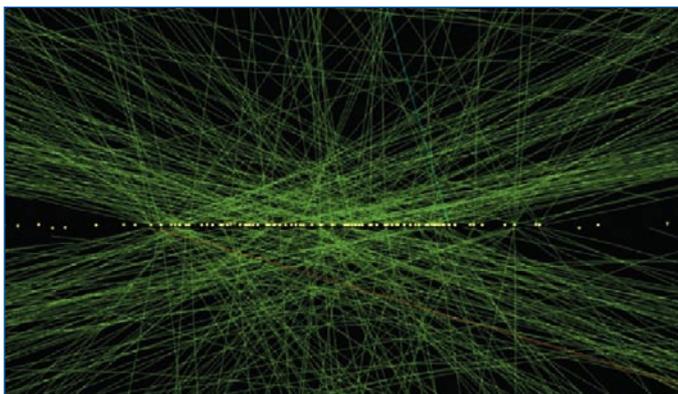


Figura 8: Imagen de un evento registrado en CMS en el que se han llegado a reconstruir 78 vértices. Este suceso se obtuvo en una prueba de alta luminosidad en 2012.
Figure 8: Image of an event recorded in CMS in which 78 vertices were reconstructed. This event was registered during a high luminosity test in 2012.

el bosón de Higgs. Sin embargo, supone un reto para los detectores, ya que se traduce en un mayor número de colisiones en cada cruce de haces. Esto significa que de la medida de las partículas resultantes que se observan en la Figura 8, hay que desentrañar cuáles proceden de cada interacción y reconstruir su vértice de origen (y posibles vértices secundarios en cadenas de desintegración sucesivas). El hecho de que colisiones similares a la de la Figura 8 sucedan cada 50 ns, complica aún más la tarea en todos los niveles de procesamiento del experimento.

Sin embargo, los detectores del LHC han sabido dar la talla y su funcionamiento durante estos años ha sido sobresaliente. Una de las formas de estimarlo es midiendo el tiempo de colisiones que pierde un experimento a causa de problemas con los sistemas de refrigeración, fallos en la electrónica debidos a la radiación, saturaciones de los espacios de almacenamiento, etc. Dado el coste científico y económico de tener el LHC en funcionamiento, es importante maximizar el tiempo de operación óptimo, y en CMS, por ejemplo, se han conseguido alcanzar valores del 95% a medida que se han introducido mejoras en los mecanismos automáticos de recuperación de errores. Esto nos ha permitido recolectar una gran cantidad de datos: en las últimas semanas de funcionamiento se sobrepasó la cifra de 100 petabytes de datos almacenados en el CERN, cantidad equivalente aproximadamente a 700 años de películas en alta definición.

ranging from 2 to 3 m depending on the chamber. A sensor wire located in the center of the cell collects the signal of the electrons produced by ionization of the gas of the incoming charged particle. A charged particle that passes through the cell will ionize the gas and, due to the electric fields generated in its interior, the electrons will move towards the wire and produce new electrons that will result in a signal detectable in the wire. Based on the measurements of the time in which the signal is produced in the different cells, we are able to know both the position of the passing muon and the instant at which it crossed through the chamber. To obtain accuracies of a hundred microns and of the order of 3 or 4 ns, the wires must be positioned

with a precision of 100 microns. To be able to guarantee these precisions during construction, specific tools were used. The mounting was done on 100-micron planar precision benches where very precise benchmarks were placed for positioning of the mounting tools. These benches were also equipped with a computer-controlled coordinatograph that enabled a measurement, with an accuracy of less than 50 microns by means of a CCD camera (Figure 5), of the wire positions, the planarity and the relative positioning of the different components. At both ends of the wires, and inside the gas volume, are located, on one hand, the high voltage electronic cards that distribute the voltages to the various components and, on the other, the electronics that contain the amplifiers and discriminators that detect the signal and transmit it to the read-out and trigger electronics. The read-out electronics (ROB and ROS cards) has been designed and manufactured at CIEMAT and is able to obtain a digital value of the signal arrival time with a resolution of 781 ps. Since the drift velocity in the chamber gas is practically constant, this time measurement can be translated to a geometric position. The digital read-out signals are stored, associated to each event and transmitted along various stages of multiplexing and packing until they are integrated with the rest of the CMS data acquisition system.

CMS has a total of 250 DT chambers, 70 of which were built and certified in CIEMAT, by means of a cosmic ray station, before being sent to CERN, where they were again tested on numerous occasions before and after their final installation (Figure 6) and during several data acquisition campaigns with cosmic rays collected with all the sub-detectors that comprise CMS.

LHC AND CMS IN ACTION

The startup of the LHC was a moment of great excitement in the scientific community, and especially for the thousands of people that had devoted more than 20 years of hard work to the design, construction and fine-tuning of this huge scientific project. The first collisions took place on December 6, 2009 with reduced energy. Those days were the prelude to a progressive effort to excel in the LHC, thus forgetting the incident in September 2008 when some magnet connections failed during the beam circulation tests. Over these past

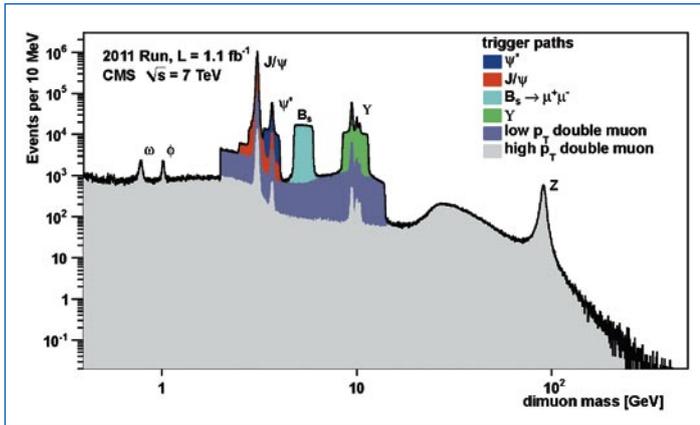


Figura 9: Espectro de la masa invariante de eventos de dos muones con carga de signo contrario.
 Figure 9: Spectrum of the invariant mass of events with two muons with charge of opposite sign.

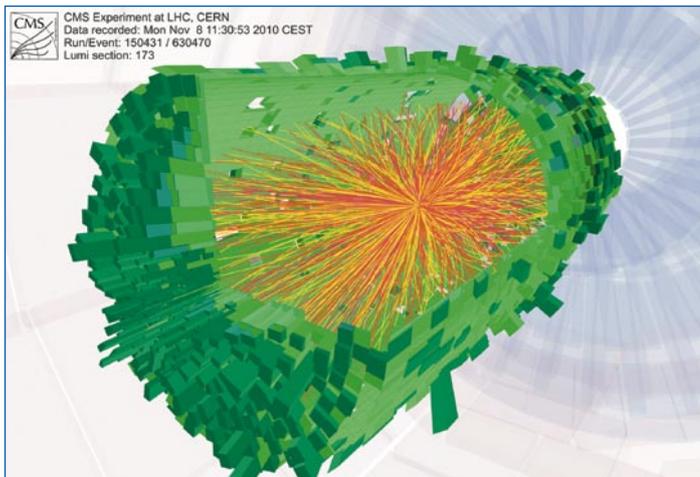


Figura 10: Imagen de un evento registrado en CMS durante una toma de datos con iones de plomo. Se observan las distintas trazas reconstruidas en el Tracker y los depósitos de energía (en verde) en los calorímetros.
 Figure 10: Image of an event recorded in CMS during data acquisition with lead ions. It shows the different tracks reconstructed in the Tracker and the energy deposits (in green) in the calorimeters.

Como puede suponerse, poder procesar tal cantidad de información y hacerlo en un plazo de tiempo razonable, requiere un sistema de computación extraordinario y para ello se ha creado la red GRID. Gracias a ella podemos realizar un detallado escrutinio de los datos, puesto que, si bien es cierto que nos interesa recolectar la mayor cantidad de datos posible, aún más importante es que la calidad de estos sea excelente y, por ello, se realizan diversas etapas de filtrado con el fin de corregir o descartar posibles errores de calibración, de integridad de la señal y otras fuentes de error, garantizando la bondad de los análisis posteriores de física.

La correcta calibración de los detectores es un aspecto clave para realizar estudios de precisión. Esta calibración incluye, por ejemplo, el alineamiento entre los detectores de muones y de trazas que debe realizarse con precisiones de cientos de micrómetros en una estructura de 21 m de largo por 15 m de ancho. Existe un sistema de alineamiento basado en láseres y sensores que miden la posición relativa de estas grandes estructuras con gran precisión. El CIEMAT ha participado asimismo en la construcción de este sistema de medida. Otro parámetro a calibrar es la medida temporal, sincronizando todos los subdetectores entre sí y con las colisiones del LHC, pudiendo detectar desfa-

years, the LHC has broken records in the parameters that measure the power of an accelerator: the energy in the center of the collision (8TeV achieved in 2013) and the instantaneous luminosity (up to $7.7 \cdot 10^{33}$ Hz/cm²), related to the per-second collision rate. Figure 7 shows the evolution of total integrated luminosity (roughly, the number of recorded collisions) over the years of LHC operation. The main physics results obtained by CMS during this period are presented in another article from this issue.

In an accelerator it is crucial to function at high luminosity to obtain enough statistics and be able to make precision measurements or discover particles with a low probability of production, e.g. the Higgs boson. However, it is a challenge for the detectors since this gives rise to a greater number of collisions in each beam crossing. This means that, from the measurement of the resulting particles as shown in Figure 8, we have to figure out which ones come from each interaction and reconstruct their source vertex (and possible secondary vertices in successive decay chains). The fact that collisions similar to the one shown in Figure 8 occur every 50 ns further complicates the task at all processing levels of the experiment.

However, the LHC detectors have made the grade and their operation during these years has been outstanding. One of the ways of estimating this is to measure the collision time that an experiment loses because of problems with the cooling systems, electronics failures due to radiation, storage space saturation, etc. In view of the scientific and economic cost of keeping the LHC in operation, it is important to maximize the optimum operating time, and in CMS, for example, values of 95 % have been achieved as improvements have been made in the automatic error recovery mechanisms. This has allowed us to compile a large amount of data; in the last few weeks of operation, the figure of 100 petabytes of data stored at CERN was exceeded, a quantity equivalent to approximately 700 years of high-definition films.

As can be imagined, processing such a huge quantity of information and doing so in a reasonable period of time requires an extraordinary computing system, and it was for this reason that the GRID Network was created. Thanks to this network, we can scrutinize the data in detail; although it is true we are interested in collecting as many data as possible, it is even more important to have

The startup of the LHC was a moment of great excitement in the scientific community, and especially for the thousands of people that had devoted more than 20 years of hard work to the design, construction and fine-tuning of this huge scientific project. ”

La puesta en marcha del LHC fue un momento de gran excitación en la comunidad científica, en especial para los miles de personas que habían dedicado veinte años de esfuerzo en el diseño, construcción y puesta a punto de este gigantesco proyecto científico ”

ses de cientos de picosegundos. Por último, cada subdetector debe realizar calibraciones intrínsecas de acuerdo con su tecnología de detección: correcciones de transparencia de cristales de los calorímetros, corrientes oscuras en los detectores de silicio, velocidades de deriva en las cámaras DT, etc.

Todas estas operaciones garantizan una buena reconstrucción de trayectorias y de medida de la energía de las partículas, permitiendo obtener resultados como el de la Figura 9 en la que se observa la reconstrucción de las distintas resonancias de dos muones en función de su masa. CMS muestra con esta medida, obtenida tras sólo un año y medio de toma de datos, las partículas capaces de desintegrarse en pares de muones que se han ido descubriendo en distintos aceleradores a lo largo de la historia.

La experiencia obtenida durante estos años augura un largo futuro para el LHC, que seguirá siendo el experimento de referencia en física de altas energías durante los próximos lustros. Se planean mejoras que doblarán la energía de operación para 2015 y una escalada en la luminosidad para aumentar casi un factor 10 a partir del 2022. Los detectores como CMS deberán mantenerse en funcionamiento para seguir produciendo física puntera, y por ello se está estudiando qué elementos no podrán aguantar un incremento en los niveles de radiación o el propio paso del tiempo. Por el momento podemos considerarnos satisfechos al comprobar que las pérdidas son inferiores al 1% tras tres años de operación sin acceder al interior de CMS.

Finalmente, como muestra de la versatilidad del LHC y de sus experimentos, cada año se suele dedicar un mes de operación para colisionar iones pesados (plomo) en vez de protones. CMS, dada su gran hermeticidad, es un excelente detector para medir este tipo de colisiones (Figura 10). Las colisiones de plomo generan un gran número de interacciones a causa de la gran cantidad de nucleones por átomo, formándose un plasma de quarks y gluones que reproduce el estado del universo poco después del *Big Bang*.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY

- CERN & LHC: <http://home.web.cern.ch/>
- CMS: <http://cms.web.cern.ch/>
- “The CMS experiment at the CERN LHC”, JINST 03 (2008) S08004, doi:10.1088/1748-0221/3/08/S08004.
- Jesús Puerta-Pelayo. “Estudio sobre las cámaras de tubos de deriva para el espectrómetro de muones del experimento CMS”. *Tesis doctoral, Madrid 2004*.
- Cristina Fernández-Bedoya. “Diseño, construcción y validación del sistema de adquisición de datos de las cámaras de deriva del experimento CMS.” *Tesis doctoral, Madrid, 2010*.

an excellent quality of data and, consequently, there are several filtering stages in order to correct or reject any possible errors of calibration, signal integrity or any other sources of error, thus guaranteeing the goodness-of-fit of the subsequent physics analysis.

A correct calibration of the detectors is essential to be able to perform precision studies. This calibration includes, for example, the alignment between the muon and tracking detectors which should be made with an accuracy of hundreds of micrometers in a 21 m long times 15 meters high structure. There is an alignment system based on lasers and sensors that very accurately measure the relative position of these large structures. CIEMAT has also taken part in the construction of this measurement system. Another parameter to be calibrated is the time measurement, synchronizing all the sub-detectors with each other and with the LHC collisions to be able to detect phase shifts of hundreds of picoseconds. Finally, each sub-detector should make intrinsic calibrations in accordance with the detection technology: calorimeter crystal transparency corrections, dark currents in the silicon detectors, drift velocities in DT chambers, etc.

All these operations assure a good reconstruction of particle trajectories and energy measurement, thus making it possible to obtain results like the one in Figure 9, where we can see the reconstruction of the different resonances of two muons as a function of their mass. With this measurement, obtained after only one and a half years of data collection, CMS shows the particles that are capable of decaying into muon pairs that have been discovered in various accelerators throughout history.

The experience gained over the years bodes well for the future of the LHC, which will continue to be the reference experiment in high energy physics during the decades to come. Improvements are being planned that will double the operating energy by 2015 and scale up the luminosity to increase it by almost a factor of 10 by the 2020's. Detectors like CMS should be kept operating to continue to produce cutting-edge physics, and for this reason a study is being carried out to determine what elements will not be able to withstand increased levels of radiation or the very passage of time. For the time being, we can consider ourselves satisfied on seeing that, after 3 years of operation without accessing the CMS interior, the losses are less than 1%.

Finally, as an example of the versatility of the LHC and its experiments, one month of operation is usually devoted every year to colliding heavy ions (lead) instead of protons. Because of its good hermeticity, CMS is an excellent detector to measure these types of collisions (Figure 10). The lead collisions generate a large number of interactions because of the large number of nucleons per atoms, with formation of a quark and gluon plasma that reproduces the status of the universe soon after the Big Bang.

Viaje al interior de la materia

TRES AÑOS DE RESULTADOS DE FÍSICA EN CMS

Journey to the heart of matter

THREE YEARS OF PHYSICS RESULTS IN CMS

Juan ALCARAZ MAESTRE, Begoña DE LA CRUZ MARTÍNEZ, Pablo GARCÍA ABIA e Isabel JOSA MUTUBERRÍA - Investigadores de la División de Física de Partículas, Departamento de Investigación Básica (CIEMAT). / Researchers of the Particle Physics Division, Basic Research Department (CIEMAT)

El mes de noviembre de 2009 quedará en la memoria del CERN y de los físicos que allí trabajamos como la fecha de la puesta en marcha definitiva del *Large Hadron Collider* (LHC). Llegaban a su fin casi 20 años de diseño, construcción, instalación y puesta a punto tanto del acelerador como de los detectores, de los estudios de física preparatorios y del diseño e implementación de los sofisticados algoritmos de reconstrucción y análisis; la hora de la verdad había llegado. Algo más de tres años de funcionamiento impecable han culminado con el descubrimiento de una nueva partícula, anhelada y casi podríamos decir que soñada por todos los físicos experimentales, el bosón de Higgs. Ahora mismo el acelerador se toma un respiro para someterse a una serie de mejoras que le permitirán aumentar la energía de las colisiones. Es pues un buen momento para esbozar algunos de los resultados científicos alcanzados en este periodo.

EL MODELO ESTÁNDAR

A día de hoy, nuestro conocimiento sobre los componentes fundamentales de la materia y cómo interaccionan entre sí está condensado en una compleja teoría física denominada el Modelo Estándar (ME). Los ladrillos con los que está construida la materia son los fermiones, partículas elementales, esto es sin estructura interna, con masa, carga eléctrica (salvo los neutrinos) y otras propiedades *cuánticas*. Son fermiones los *quarks* (partículas que se combinan para dar lugar a los protones y neutrones de los núcleos atómicos) y los *leptones*. Los leptones más conocidos son los electrones (presentes en órbitas en torno a los núcleos atómicos) y los neutrinos (partículas clave en los procesos que hacen brillar las estrellas). En la Figura 1 puede verse un esquema con estos elementos. Las cuatro interacciones fundamentales, la gravedad, el electromagnetismo y las fuerzas nucleares fuerte y débil, determinan cómo estas partículas se relacionan entre sí para dar lugar a todo lo que vemos en el universo. Estas fuerzas se describen en términos del intercambio de ciertas partículas, denominadas bosones intermediarios: el fotón para el electromagnetismo, los bosones vectoriales W^\pm y Z para la

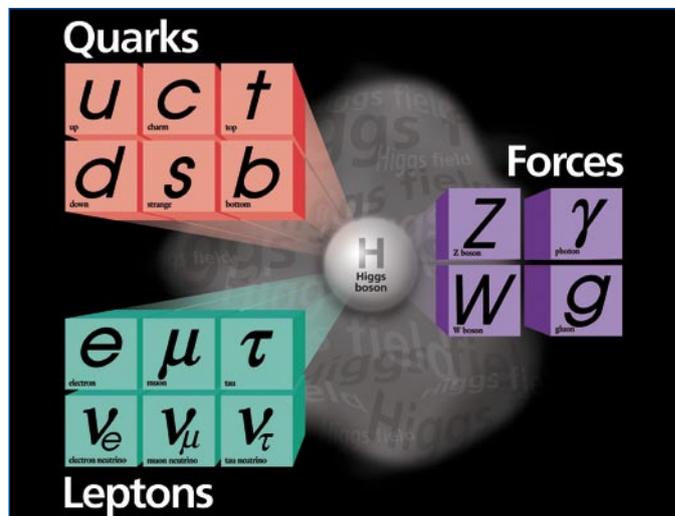


Figura 1: Componentes fundamentales de la materia (fermiones), y partículas mediadoras de las interacciones (bosones), junto con el bosón de Higgs. Forman las bases del ME.

Figure 1: Fundamental components of matter (fermions), and interaction mediating particles (bosons), together with the Higgs boson. They form the bases of the SM.

interacción nuclear débil y el gluón (interacción nuclear fuerte). El bosón intermediario de la interacción gravitatoria es el gravitón y todavía no ha sido descubierto experimentalmente.

El Modelo Estándar predice con enorme precisión multitud de fenómenos observados en el mundo subatómico, pero hay todavía muchos interrogantes para los que el ME no tiene respuesta: ¿qué son la materia y la energía oscuras que constituyen el 95% del contenido de nuestro universo?, ¿dónde fue a parar la antimateria que, junto con la materia, fue originada en el *Big Bang*?, ¿por qué hay precisamente tres familias de partículas de materia esencialmente idénticas que sólo se distinguen por sus masas?, ¿por qué éstas masas son tan distintas?, ¿son los neutrinos partículas *convencionales*, como los electrones, u ocultan una realidad mucho más profunda y exótica?. Esta teoría ha sido puesta a prueba y confirmada en multitud de experimentos de física de partículas, que han tenido lugar a energías de las partículas inferiores a unos 100 GeV⁽¹⁾. Encontrar indicios que nos ayuden a

⁽¹⁾ Las unidades de energía GeV/TeV indican $10^9/10^{12}$ eV ($1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$). En estas unidades la masa se mide en GeV/c^2 , siendo c la velocidad de la luz en el vacío. La masa del protón es aproximadamente $0,94 \text{ GeV}/c^2$.

resolver las cuestiones abiertas del ME implica realizar experimentos con partículas elementales en la frontera de la alta energía.

El objetivo científico del LHC es explorar un nuevo intervalo de energía nunca antes alcanzado en ningún otro acelerador. Los experimentos del LHC (Alice, LHCb, Atlas y CMS), analizan los datos proporcionados por el acelerador para contrastar las predicciones de nuevos modelos y teorías, así como para completar el ME con una de sus partículas predichas y hasta hace poco no detectada, el bosón de Higgs. En uno de estos experimentos, CMS, participa el CIEMAT desde hace más de 20 años, contribuyendo a su diseño, construcción y puesta a punto, a la toma de datos y al análisis de los mismos. CMS es un complejo detector electrónico (descrito más en detalle en otro artículo de esta misma revista) que registra las señales producidas por las partículas que atraviesan sus componentes. En muchos casos estas partículas se han producido directamente en las colisiones del LHC. En otros, las partículas producidas son inestables por lo que se desintegran casi instantáneamente en otras más ligeras y estables y son estas últimas las que se detectan. CMS combina la información que proporcionan las diversas partes del detector, identificando así las partículas producidas y midiendo sus magnitudes físicas relevantes (energía, momento, carga eléctrica, etc.). Entre las partículas finales detectadas e identificadas se encuentran los electrones, fotones, muones, hadrones, así como sus antipartículas. Otras partículas, elementales como los bosones W^\pm y Z y el quark top, y otras complejas, formadas por pares quark-antiquark o ternas de quarks, se reconstruyen a partir de las anteriores. Todo ello requiere sofisticadas técnicas de análisis y estudios detallados de sus diferentes modos de desintegración.

REDESCUBRIENDO EL MODELO ESTÁNDAR

Las medidas realizadas a estas nuevas energías se comparan con las predicciones que ofrece el ME para procesos bien conocidos. Cualquier diferencia entre los datos experimentales y las predicciones teóricas debe ser entendida, ya que puede provenir de efectos experimentales (comportamiento del detector, calibraciones, etc.), o de ajustes necesarios en la teoría (en algunos casos desarrollada sólo hasta un cierto nivel de precisión). Únicamente cuando se comprueba que estas predicciones siguen siendo válidas es cuando puede darse un segundo paso, que consiste en buscar nuevas partículas e interacciones que no estaban al alcance de experimentos anteriores. En cierta forma se trata de sentar primero los cimientos de esta nueva región de energías, para construir sobre ellos la fase de búsqueda de nueva física.

En este sentido, el estudio de los bosones vectoriales W y Z (partículas cuya confirmación experimental hace 30 años fue el resultado de la búsqueda más importante de la época) constituye el campo de pruebas óptimo para validar muchas de las predicciones del ME a las energías del LHC. Sus propiedades son bien conocidas gracias a los estudios en los anteriores aceleradores LEP (Ginebra, Suiza) y Tevatron (Chicago, EEUU). Sus tasas de producción son muy elevadas, por lo que rápidamente se recogieron en CMS muestras abundantes con las que hacer medidas de precisión.

En la Figura 2 se resumen de forma gráfica los diversos procesos de producción de W y Z analizados en CMS. En el eje X se presentan los

November 2009 will be remembered by CERN and by us physicists who work there as the date the Large Hadron Collider (LHC) finally went live. Almost 20 years of design, construction, installation and commissioning of both the accelerator and the detectors, of preparatory physics studies and of design and implementation of the sophisticated reconstruction and analysis algorithms had come to an end; the moment of truth had arrived. A little more than three years of impeccable operation have culminated with the discovery of a long-awaited new particle that we could almost say has been the dream of all experimental physicists – the Higgs boson. The accelerator is now taking a rest to undergo a series of upgrades that will make it possible to increase the energy of the collisions. This is thus a good time to outline some of the scientific results achieved in this period.

THE STANDARD MODEL

Today our knowledge about the fundamental components of matter and how they interact with each other is condensed in a complex physics theory called the Standard Model (SM). The building blocks of matter are fermions, which are elementary particles, i.e. without internal structure and with mass, electric charge (except for neutrinos) and other quantum properties. Quarks (particles that combine to give rise to the protons and neutrons of atomic nuclei) and leptons are fermions. The most well known leptons are electrons (present in orbits around atomic nuclei) and neutrinos (key particles in the processes that make stars shine). Figure 1 shows a diagram with these elements. The four fundamental interactions – gravity, electromagnetism and the strong and weak nuclear forces – determine how these particles relate to each other to give rise to everything we see in the Universe. These forces are described in terms of the exchange of certain particles called intermediate bosons: the photon for electromagnetism, the W^\pm and Z vector bosons for the weak nuclear interaction and the gluon for the strong nuclear interaction. The intermediate boson of the gravitational interaction is the graviton and it has still not been experimentally discovered.

The Standard Model predicts with enormous accuracy a multitude of phenomena observed in the subatomic world, but there are still many questions for which the SM does not have an answer: what are the dark matter and energy that make up 95% of the contents of our Universe?; where has antimatter, which together with matter originated in the Big Bang, gone?; why are there precisely three families of essentially identical matter particles that are only distinguished by their mass?; why are these masses so different?; are neutrinos conventional particles like electrons or do they conceal a much more profound, exotic reality? This theory has been tested and confirmed in a multitude of particle physics experiments that have taken place at particle energies of less than 100 GeV⁽¹⁾. Finding signs that will help us to answer these unsolved questions of the SM requires

(1) The energy units GeV/TeV indicate $10^9/10^{12}$ eV ($1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$). In these units, the mass is measured in GeV/c^2 , where c is the speed of light in vacuum. The proton mass is approximately $0.94 \text{ GeV}/c^2$.

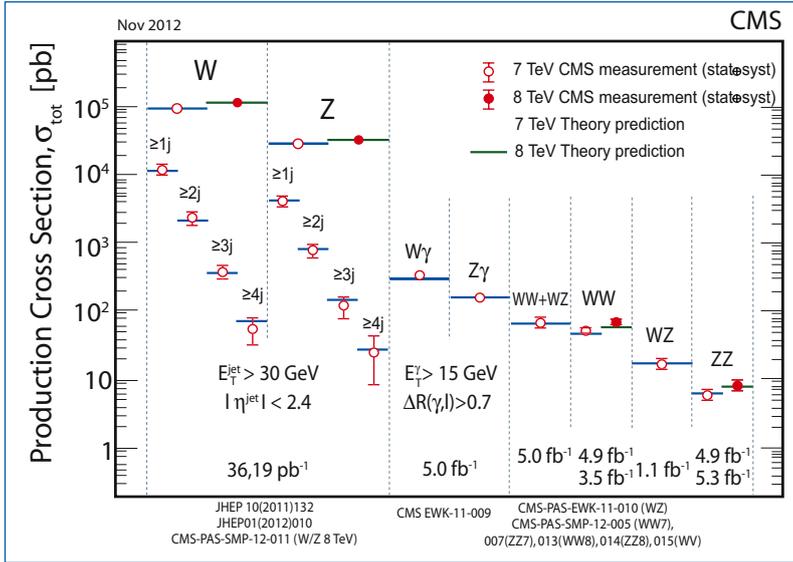


Figura 2: Sección eficaz de distintos procesos en los que se producen uno o varios bosones electrodébiles (W, Z).
 Figure 2: Cross section of different processes in which one or more electroweak bosons (W, Z) are produced.

diferentes procesos y en el eje Y la sección eficaz, esto es, la tasa de producción, de los mismos. Para cada uno de ellos aparece el valor de la predicción teórica y la medida experimental. En primer lugar, esta figura evidencia el intervalo de producción tan distinto entre unos procesos y otros, una variación de más de cuatro órdenes de magnitud. Y en segundo lugar se puede comprobar el buen acuerdo que hay entre la predicción y la medida. Hay que señalar también que, por ejemplo, la tasa de producción de dos bosones vectoriales ZZ es del mismo orden que la de un bosón de Higgs. El haber observado un proceso del ME con una tasa de producción tan ínfima nos confirma la capacidad del experimento y del análisis de los datos sobre la que apoyarnos a la hora de atacar la búsqueda del bosón de Higgs.

El bosón Z juega también un papel relevante en la optimización de la reconstrucción experimental de partículas, actuando como partícula *patrón* de energía. La Figura 3 muestra la distribución de la masa reconstruida de dos muones procedentes de la desintegración de un bosón Z. La posición del pico y la anchura de la distribución dependen del momento asignado a cada uno de ellos y de la precisión de su medida. La comparación entre la posición del valor central del pico reconstruido con la masa del Z, medida con precisión en experimentos anteriores, nos permite establecer la validez de toda la cadena de calibración y reconstrucción.

El quark top (t), una de las últimas partículas fundamentales en ser descubierta, en 1995, en el acelerador Tevatron se produce abundantemente en las colisiones del LHC. De hecho se considera al LHC como una *fábrica de quark tops*. En la Figura 4 se observa cómo varía esta probabilidad de producción con la energía de la colisión, mostrando la predicción teórica y las medidas experimentales. De nuevo, es destacable el buen nivel de acuerdo entre datos y predicciones. Este es otro campo donde poner a prueba el ME, pero precisamente por ser el de acceso más reciente y el menos conocido, podría ser también fuente de sorpresas.

experiments with elementary particles at the high energy frontier.

The scientific objective of the LHC is to explore a new energy range never reached before in any other accelerator. The LHC experiments (ALICE, LHCb, ATLAS and CMS) analyze the data provided by the accelerator to verify the predictions of new models and theories and also to complete the SM with one of the particles it has predicted but that has gone undetected until a short time ago – the Higgs boson. CIEMAT has been participating in one of these experiments – CMS – for more than 20 years, contributing to its design, construction and commissioning and to data acquisition and analysis. CMS is a complex electronic detector (described in more detail in another article in this issue of the magazine) that records the signals produced by the particles that pass through its components. In many cases, these particles have been directly produced in the LHC collisions. In others, the produced particles are unstable and therefore they decay

almost instantaneously into other lighter, more stable particles, and it is these latter ones that are detected. CMS combines the information provided by the various parts of the detector, thus identifying the produced particles and measuring their relevant physical magnitudes (energy, momentum, electric charge, etc.). The end particles detected and identified include electrons, photons, muons and hadrons, as well as their antiparticles. Other elementary particles such as the W^\pm and Z bosons and the top quark, and other complex particles formed by quark-antiquark pairs or quark threesomes, are reconstructed on the basis of the former. All this requires sophisticated analysis techniques and detailed studies of their different decay modes.

REDISCOVERING THE STANDARD MODEL

The measurements made at these new energies are compared to

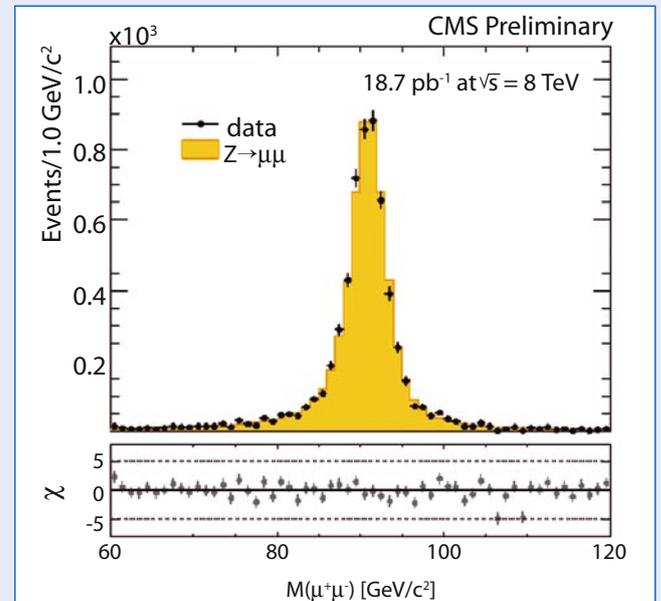


Figura 3: Masa reconstruida de pares de muones en la zona de masas del bosón Z.
 Figure 3: Reconstructed mass of muon pairs in the Z boson mass region.

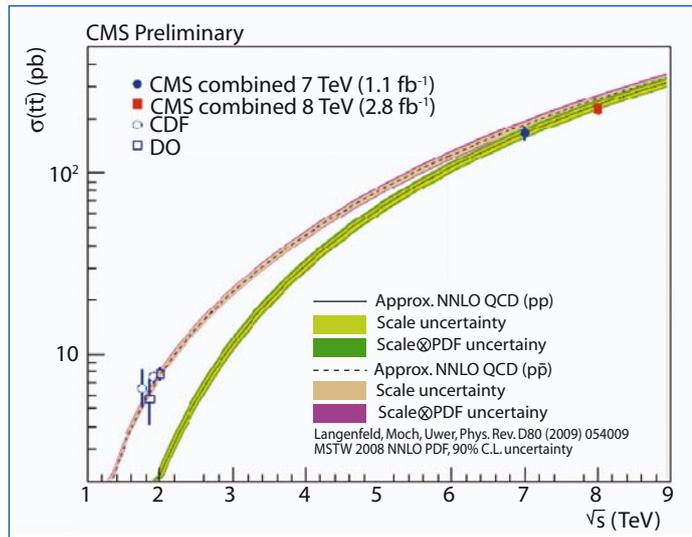


Figura 4: Dependencia de la sección eficaz de producción de parejas quark-antiquark top con la energía de la colisión.
 Figure 4: Dependence of the production cross section of top quark-antiquark pairs on the collision energy.

En CMS se ha medido la masa del quark top, $173,36 \pm 1,10 \text{ GeV}/c^2$, con las muestras de datos tomadas en 2011 y 2012. Esta masa es equivalente a la del átomo de tungsteno, y hace que el quark top sea tremendamente inestable y se desintegre muy rápidamente (tras unos 10^{-25} s) en otras partículas, y casi el 100% de las veces en un bosón W y un quark b. En esto radica una de las propiedades que hacen al quark top diferenciarse del resto de los quarks. Una vez ordenados según su masa, el siguiente quark (el quark b) tiene una masa de $5 \text{ GeV}/c^2$, es decir, unas 35 veces más ligero. Todos los quarks, excepto el quark top, *hadronizan* nada más crearse, es decir, se unen a otros quarks/antiquarks, para formar hadrones como el protón. Sin embargo el quark top, tan masivo, se desintegra antes de poder unirse a otro quark. Esto permite, a través de los productos de la desintegración, reconstruir y estudiar el comportamiento de esta partícula elemental “directamente”.

La posible diferencia de masas entre el quark y su antiquark también se ha evaluado en CMS. Detectar alguna diferencia podría indicar una violación o falta de simetría de las leyes de la Naturaleza ante las partículas y sus antipartículas. Hasta el momento, la magnitud medida es consistente con una diferencia nula, tal y como predice el ME. También su tasa de desintegración en un bosón W⁺ y un quark b (el antiquark t lo hace en un W⁻ y un antiquark b) está predicha por el ME y corroborada experimentalmente en CMS con una precisión cercana al 2%.

Siendo el quark top una partícula tan masiva, podría esperarse que su relación con otras partículas, en concreto con las de masa más alta, como el bosón W ($m_W \sim 84 \text{ GeV}/c^2$), el bosón Z ($m_Z \sim 91 \text{ GeV}/c^2$) o incluso el recién descubierto bosón de Higgs ($m_H \sim 126 \text{ GeV}/c^2$) revelara alguna sorpresa, interactuando de manera distinta a la predicha por el ME. O podría ser el quark top una de las partículas producto de la desintegración de nuevas partículas, muy masivas e inaccesibles hasta ahora en nuestros experimentos y aceleradores. Así el estudio del top podría abrir una vía a nueva Física, proporcionando acceso a nuevas partículas.

the predictions offered by the SM for well known processes. Any difference between the experimental data and the theory predictions should be understood, as it can originate in experimental effects (performance of the detector, calibrations, etc) or in necessary adjustments in the theory (in some cases developed only up to a certain level of precision). Only when it is verified that these predictions are still valid is when a second step can be taken, which is to seek new particles and interactions that were not within the reach of previous experiments. To a certain extent, it is a matter of first laying the foundations of this new region of energies and later building on these foundations in the search for the new physics.

In this respect, the study of the W and Z vector bosons (particles whose experimental confirmation 30 years ago resulted from the most important search at that time) is the optimal benchmark to validate many of the SM predictions at the LHC energies. Their properties are well known thanks to studies in the previous LEP (Geneva, Switzerland) and Tevatron (Chicago, USA) accelerators. Their production rates are very high, and consequently abundant samples were rapidly collected in CMS to make precision measurements.

Figure 2 graphically summarizes the various W and Z production processes analyzed in CMS. They are presented in the axis X and their cross sections, i.e., their production rates, are given in axis Y. The value of the theory prediction and the experimental measurement are shown for each one of them. First of all, this figure demonstrates the wide span of production cross sections from the different processes, a variation of more than four orders of magnitude. Secondly, the good agreement between the prediction and the measurement can be seen. It should also be noted that, for example, the production rate of two vector bosons, ZZ, is of the same order as that of a Higgs boson. Having observed an SM process with such a low production rate confirms the capability of the experiment and the data analysis to undertake the search for the Higgs boson.

The Z boson also plays a relevant role in the optimization of experimental particle reconstruction, acting as an energy-standard particle. Figure 3 shows the distribution of the reconstructed mass of two muons from the decay of a Z boson. The position of the peak and the width of the distribution depend on the momentum assigned to each one and the accuracy of their measurement. The comparison of the position of the central value of the reconstructed peak with the mass of Z, precisely measured in previous experiments, enables us to establish the validity of the entire chain of calibration and reconstruction.

The top quark (t), one of the last fundamental particles to be discovered (in 1995 in the Tevatron accelerator), is produced in abundance in the LHC collisions. In fact, the LHC is considered to be a top quark factory. Figure 4 shows how this production probability varies with the collision energy, indicating the theory prediction and the experimental measurements. The good agreement between data and predictions is again noteworthy. This is another field where the SM can be tested, but precisely because it is the most recently accessed and the least understood it could also be a source of surprises.

In CMS, the mass of the top quark has been measured – $173.36 \pm 1.10 \text{ GeV}/c^2$ – with the data samples taken in 2011 y 2012.

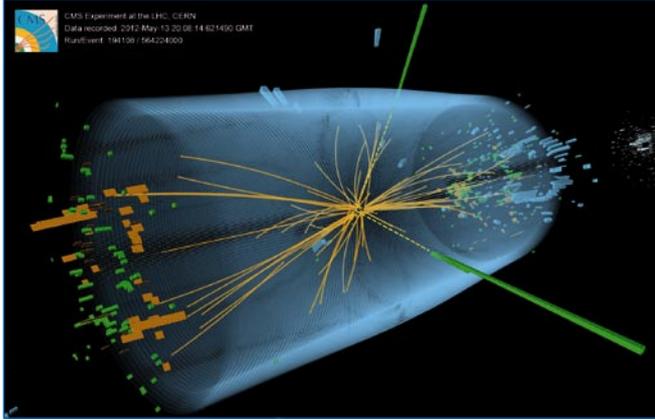


Figura 5: Suceso registrado con el detector CMS en 2012 a una energía en centro de masas de 8 TeV. El suceso es compatible con lo esperado para la desintegración de un bosón de Higgs en dos fotones, así como con otros procesos conocidos del Modelo Estándar.

Figure 5: Event recorded with the CMS detector in 2012 at a center-of-mass energy of 8 TeV. The event is compatible with that expected in the decay of a Higgs boson into two photons, as well as with other known processes of the Standard Model.

Dentro de la precisión accesible hoy en día, tanto por las técnicas experimentales y de análisis como de las muestras estadísticas de datos, todas las medidas de acoplamientos del quark top a otras partículas coinciden con las predichas por el ME, sin rastro de comportamientos anómalos hasta el momento. Incluso, algunos de los modos de producción del quark top, ya predichos, han sido observados por vez primera en el LHC. El estudio del quark top es un campo que ha avanzado mucho en este último par de años, pero en el que todavía es necesario alcanzar mayor precisión y explorar nuevos procesos. Esto podrá realizarse con los nuevos datos a energía superior, a partir de 2015.

EN BUSCA DEL BOSÓN DE HIGGS

La ruptura espontánea de simetría es un concepto muy importante en física de partículas. Un alfiler colocado en posición vertical sobre una superficie horizontal cae casi inmediatamente sobre la misma en una dirección indeterminada. La simetría axial que en un principio exhibe el alfiler queda rota tras su caída. Este mecanismo, aplicado a la física de partículas, juega un papel esencial en la comprensión del origen de la masa en el ME. Basados en este principio, en 1964, Peter Higgs y otros científicos propusieron de forma independiente el mecanismo que dotaba de masa a los bosones W^\pm y Z (partículas mediadoras de la interacción débil), permaneciendo sin masa el fotón (partícula mediadora de la interacción electromagnética). Como consecuencia de este mecanismo surge un nuevo bosón, el bosón de Higgs. Detectar esta partícula, unido a nuestro conocimiento previo de la interacción electrodébil, constituye una evidencia muy importante de la realización del mecanismo de Higgs en la naturaleza.

Encontrar el bosón de Higgs ha sido uno de los objetivos prioritarios de los físicos experimentales de partículas de las últimas cuatro décadas. Conseguir observar esta partícula es hartamente difícil. Por un lado, la interacción de las partículas elementales con el campo de Higgs es tan débil que, si este existe, sólo podremos percibir su presencia en una de cada billón de colisiones protón-protón producidas en el LHC. Obtener un número razonable de bosones de Higgs que permita constatar su exis-

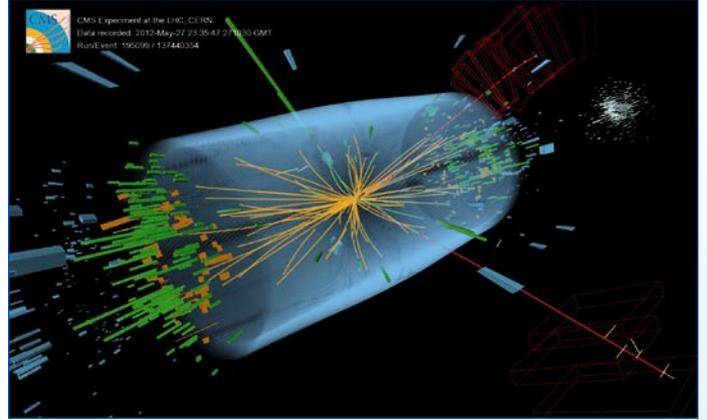


Figura 6: Suceso registrado por CMS en 2012 a una energía en centro de masas de 8 TeV. El suceso es compatible con lo esperado para la desintegración de un bosón de Higgs en dos bosones Z que a su vez se desintegran en un par electrón-positrón y un par muón-antimuón. También es compatible con otros procesos conocidos del Modelo Estándar.

Figure 6: Event recorded by CMS in 2012 at a center-of-mass energy of 8 TeV. The event is compatible with that expected in the decay of a Higgs boson into two Z bosons, which in turn decay into an electron-positron pair and a muon-antimuon pair. It is also compatible with other known processes of the Standard Model.

This mass is equivalent to that of the tungsten atom and, consequently, the top quark is extremely unstable and it very rapidly decays (after some 10^{-25} s) into other particles, and almost 100% of the times into a W boson and a b quark. In this lies one of the properties that make the top quark different from the rest of the quarks. Once they are put into order according to their mass, the next quark (the b quark) has a mass of $5 \text{ GeV}/c^2$, i.e. it is some 35 times lighter. All the quarks, except for the top quark, hadronize as soon as they are created, i.e. they combine with other quarks/antiquarks to form hadrons such as the proton. However, the very massive top quark decays before it can combine with another quark. This makes it possible, with the decay products, to “directly” reconstruct and study the behavior of this elementary particle.

The possible difference in masses between the quark and its antiquark has also been studied in CMS. Detecting a difference could indicate a violation or lack of symmetry of the laws of Nature regarding particles and their antiparticles. To date, the measured magnitude is consistent with a zero difference, as predicted by the SM. Its decay rate into a W^+ boson and a b quark (the t antiquark decays into a W^- boson and a b antiquark) is also predicted by the SM and experimentally corroborated in CMS with a precision of nearly 2%.

Since the top quark is such a massive particle, it could be expected that its relation to other particles, specifically to those of higher mass such as the W boson ($m_W \sim 84 \text{ GeV}/c^2$), the Z boson ($m_Z \sim 91 \text{ GeV}/c^2$) or even the recently discovered Higgs boson ($m_H \sim 126 \text{ GeV}/c^2$), would reveal something unexpected by interacting differently from the SM prediction. Or the top quark could be one of the product particles of the decay of new very massive particles that until now have been inaccessible in our experiments and accelerators. Thus the study of the top quark could open the way to new Physics and provide access to new particles.

With the precision available today, from both experimental and analysis techniques and statistical data samples, all the measured couplings of the top quark to other particles coincide with

tencia y estudiar sus propiedades requiere registrar y filtrar varios miles de billones de colisiones. Por otro lado, este bosón es altamente inestable, desintegrándose en una fracción de tiempo apenas concebible en partículas más ligeras y comunes. Estas partículas pueden ser pares de fotones (Figura 5), de bosones Z (Figura 6) o W, o de fermiones (quarks b y leptones tau). A excepción de los fotones, las demás partículas se desintegran a su vez en leptones (electrones, muones, neutrinos) y chorros de hadrones (conjuntos de un número elevado de partículas compuestas de quarks), la mayoría de ellas detectables en CMS pero otras, como los neutrinos, no. En otras palabras, solo se puede inferir la existencia del bosón de Higgs indirectamente, midiendo las propiedades de las partículas elementales que registramos en CMS.

El número de procesos físicos conocidos que dan lugar a estas partículas detectables (fotones, leptones y hadrones) es ingente. Estos están descritos con suma precisión por el Modelo Estándar. Para distinguir las señales que podrían proceder de bosones de Higgs de las debidas a procesos conocidos los físicos experimentales buscamos características particulares que revelen la presencia de este bosón. En el modelo de Higgs, el parámetro fundamental que dicta cómo se desintegra el nuevo bosón y cómo se observa en los experimentos es su masa. Los físicos determinamos la masa de esta partícula a partir de las medidas precisas de las trayectorias y energías de las partículas procedentes de su desintegración. Por ejemplo, midiendo la energía de un par de fotones (Figura 7) o el momento de un conjunto de cuatro leptones (electrones y/o muones, Figura 8) podemos conocer la masa del hipotético bosón de Higgs que se ha desintegrado originando estas partículas. Las distribuciones mostradas en las figuras corresponden a sucesos compatibles con lo que se espera para este bosón. Estas contienen una contribución irreducible de procesos conocidos (llamados contaminación) y una contribución adicional compatible con la señal esperada para sucesos con un bosón de Higgs con una masa próxima a $126 \text{ GeV}/c^2$ (es decir, unas 134 veces la masa del protón).

En julio de 2012 los experimentos ATLAS y CMS del CERN anunciaron el descubrimiento de un nuevo bosón con unas propiedades muy similares a las del bosón de Higgs. Con los datos adicionales que CMS ha tomado entre julio y diciembre de 2012 hemos medido con precisión la masa del bosón ($125,7 \pm 0,4 \text{ GeV}/c^2$), la intensidad con la que interacciona con bosones y fermiones, su espín (momento angular intrínseco) y su paridad (cómo se comporta cuando se refleja en un espejo). Todas estas medidas confirman que el nuevo bosón observado es muy compatible con un bosón de Higgs del ME. Que el experimento ATLAS obtenga conclusiones similares del análisis de sus datos refuerza las nuestras. Para poder confirmar definitivamente si se trata realmente del bosón de Higgs, o del primero de una serie de bosones de Higgs predichos por teorías de nueva física más allá del Modelo Estándar, será necesario esperar a los datos que un renovado LHC proporcionará a partir de 2015, con unos haces de protones de mayor energía e intensidad.

MÁS ALLÁ DEL MODELO ESTÁNDAR

Una parte importante del programa experimental del LHC consiste en validar nuevas teorías y modelos propuestos para resolver las

those predicted by the SM, without a trace of anomalous behaviors to date. Some of the already predicted top quark production modes have even been observed for the first time at the LHC. The study of the top quark is a field that has advanced considerably in the last couple of years, but it is still necessary to achieve greater precision and to explore new processes. This will be possible with new data at a higher energy as of 2015.

SEARCHING FOR THE HIGGS BOSON

The spontaneous symmetry breaking is a very important concept in particle physics. A pin placed in a vertical position on a horizontal surface almost immediately falls on the surface in an undetermined direction. The axial symmetry that the pin has at the beginning is broken once it falls. This mechanism applied to particle physics plays an essential role in the understanding of the origin of mass in the SM. Based on this principle, in 1964 Peter Higgs and other scientists separately proposed the mechanism that gave mass to the W^\pm and Z bosons (mediating particles of the weak interaction), while the photon (mediating particle of the electromagnetic interaction) remained massless. As a result of this mechanism, a new boson – the Higgs boson – emerged. Detection of this particle, together with our prior knowledge of the electroweak interaction, is a very important evidence of how the Higgs mechanism works in nature.

Finding the Higgs boson has been one of the priorities of experimental particle physicists in the last four decades. Succeeding in observing this particle is extremely difficult. On one hand, the interaction of the elementary particles with the Higgs field is so weak that, if the latter exists, we would only be able to perceive its presence in one of every trillion proton-proton collisions produced in the LHC. Obtaining a reasonable number of Higgs bosons to verify their existence and study their properties requires recording and filtering several thousand trillion collisions. On the other hand, this boson is highly unstable and decays in a barely conceivable fraction of time into lighter, more common particles. These particles can be pairs of photons (Figure 5), Z (Figure 6) or W bosons, or fermions (b quarks and tau leptons). Except for the photons, the other particles decay in turn into leptons (electrons, muons, neutrinos) and jets of hadrons (groups of a high number of particles composed of quarks), most of them detectable in CMS but others, such as the neutrinos, not. In other words, the existence of the Higgs boson can only be indirectly inferred by measuring the properties of the elementary particles that we record in CMS.

The number of known physical processes that give rise to these detectable particles (photons, leptons and hadrons) is huge. These are very precisely described by the Standard Model. To distinguish the signals that could come from Higgs bosons from those due to known processes, experimental physicists look for particular characteristics that reveal the presence of this boson. In the Higgs model, the fundamental parameter that dictates how the new boson decays and how it is observed in experiments is its mass. We physicists determine the mass of this particle based on the precise measurements of the trajectories and energies of the particles resulting from its decay. For example, by measuring the energy of a pair of photons (Figure 7) or the momentum of a group of four leptons (electrons and/or muons, Figure 8), we can ascertain the mass of the hypothetical Higgs boson that has decayed into these particles. The distribu-

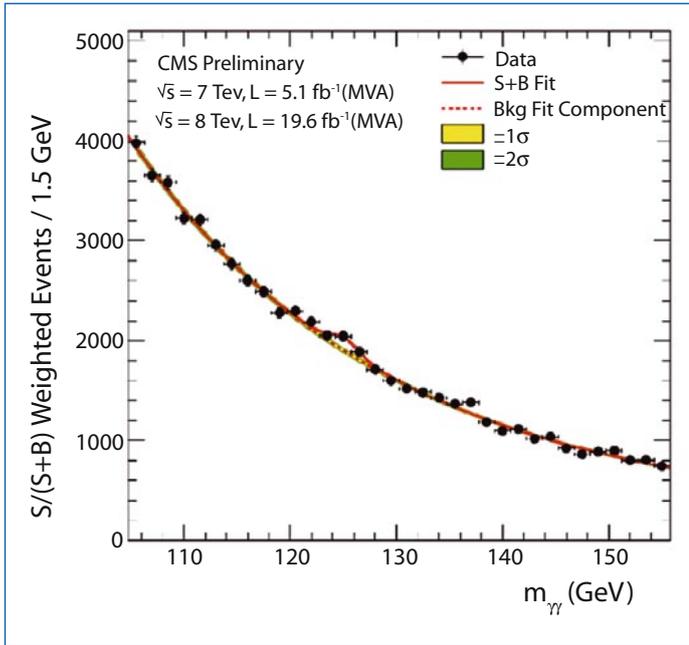


Figura 7: Distribución de masa de sucesos registrados en CMS con dos fotones en el estado final. La línea punteada roja representa la contaminación de procesos conocidos del Modelo Estándar y la línea continua roja indica la contribución esperada de un bosón de Higgs de masa 126 GeV/c².
 Figure 7: Mass distribution of events recorded in CMS with two photons in the final state. The red dotted line represents the contamination of known Standard Model processes and the red solid line indicates the expected contribution of a Higgs boson with mass 126 GeV/c².

insuficiencias observadas en el ME, como, por ejemplo, explicar qué es la materia oscura. La presencia de este tipo de materia en el universo es unas 5 veces superior a la de la materia ordinaria, pero se desconoce qué tipo de partículas la forma. O explicar por qué las interacciones fundamentales actúan con intensidades tan diferentes, o también la razón por la que las masas de las partículas son tan extremadamente distintas entre sí.

En general, estas nuevas teorías incorporan simetrías adicionales que se manifestarían mediante la existencia de nuevas partículas y/o interacciones. Una de las más extendidas es *supersimetría* (SUSY), según la cual habría existido una simetría adicional en el Universo (hoy en día inexistente –rota–) que establece una relación entre las partículas de materia (fermiones) con las partículas intermediarias de las interacciones (bosones) a través de nuevas partículas, compañeras supersimétricas de las ya conocidas. De esta manera, cada fermión (partícula con espín semientero) tendría un compañero supersimétrico, de tipo bosónico (espín entero), y a la inversa.

Otros modelos proponen que algunas de las partículas hoy en día consideradas elementales, sean en realidad compuestas, como en su momento ocurrió con el protón y neutrón. O sugieren la existencia de dimensiones adicionales a las tres espaciales y una temporal ya conocidas. La variedad de modelos y teorías es realmente amplia. Pero en todas ellas, y de manera general, se deduce que las nuevas partículas tendrían una gran masa, del orden del TeV/c². Estas se han mostrado inaccesibles en aceleradores anteriores y son buscadas en la actualidad en los experimentos del LHC. Al ser partículas muy masivas y en general inestables lo que observaríamos es una

tions shown in the figures correspond to events compatible with what is expected for this boson. These contain an irreducible contribution of known processes (called background) and an additional contribution compatible with the signal expected for events with a Higgs boson with a mass close to 126 GeV/c² (i.e. some 134 times the proton mass).

In July 2012, ATLAS and CMS experiments announced the discovery of a new boson with properties very similar to those of the Higgs boson. With the additional data CMS has acquired between July and December 2012, we have precisely measured the boson mass ($125.7 \pm 0.4 \text{ GeV}/c^2$), the intensity with which it interacts with bosons and fermions, its spin (intrinsic angular momentum) and its parity (how it behaves when reflected in a mirror). All these measurements confirm that the new observed boson is very compatible with a Higgs boson of the SM. The fact that the ATLAS experiment obtains similar conclusions on analyzing its data reinforces our conclusions. To definitively confirm if this is really the Higgs boson or the first of a series of Higgs bosons predicted by new physics theories beyond the Standard Model, we will have to wait for the data that an upgraded LHC will provide as of 2015, with proton beams of higher energy and intensity.

BEYOND THE STANDARD MODEL

An important part of the LHC experimental program is to validate new theories and models proposed to solve the insufficiencies observed in the SM, e.g. explain what dark matter is (the presence of this type of matter in the Universe is 5 times more than that of ordinary matter but it is not known what types of particles form it), or explain why the fundamental interactions act with

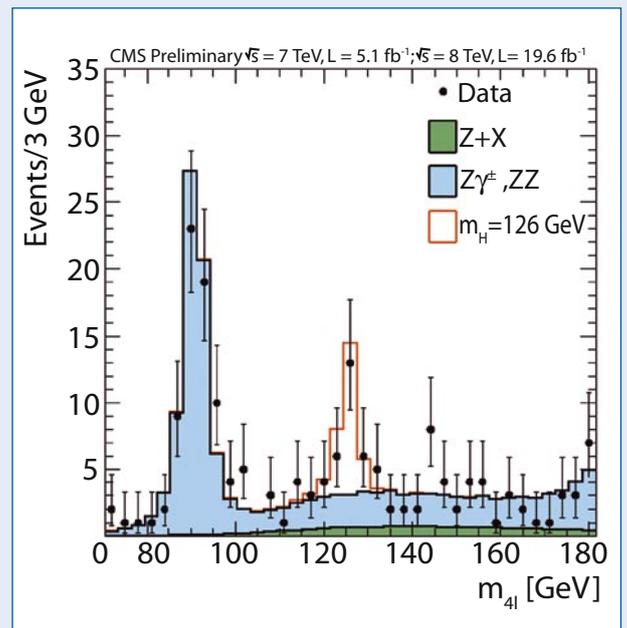


Figura 8: Distribución de masa de sucesos registrados en CMS con cuatro leptones en el estado final, procedentes de la desintegración de dos bosones Z. El histograma azul representa la contaminación de procesos conocidos del Modelo Estándar y el histograma rojo la contribución esperada de un bosón de Higgs de masa 126 GeV/c².
 Figure 8: Mass distribution of events recorded in CMS with four leptons in the final state, from the decay of two Z bosons. The blue histogram represents the contamination of known Standard Model processes and the red histogram the expected contribution of a Higgs boson with mass 126 GeV/c².

desintegración en cadena hasta llegar a partículas estables ya conocidas. Su existencia se manifestaría por un aumento anómalo (comparado con la predicción del ME) de la producción de las partículas habituales, o por la observación de sucesos con una alta multiplicidad (muchas partículas en el estado final), típica de la desintegración en cadena. En algunos casos se podría determinar su masa con cierta precisión. En otros casos su presencia podría deducirse indirectamente, a partir la falta aparente de conservación de energía-momento en la colisión, o de la modificación de ciertas distribuciones características, energéticas o angulares.

Las partículas o estructuras que así se buscan son muy variadas. Por ejemplo, podrían aparecer nuevos bosones vectoriales W' y Z' , copias de los bosones mediadores de la fuerza débil W y Z pero considerablemente más pesadas, o una cuarta familia de quarks, constituida por quarks más pesados que los ya conocidos. Otra posibilidad es que leptones y quarks sean en realidad partículas con subestructura, dando lugar al descubrimiento de nuevos estados excitados, con una masa superior a la de su nivel fundamental de energía. U otras opciones exóticas, como la observación de gravitones (los bosones intermediarios de la interacción gravitatoria, aún no detectados), de partículas de vida media anormalmente larga, etc.

A día de hoy no se ha descubierto ninguna partícula supersimétrica, ni detectado señales de nueva física, por lo que con los datos experimentales disponibles se han establecido cotas a la masa de estas nuevas partículas y a la intensidad de las nuevas interacciones propuestas. Su búsqueda constituye una de las tareas más activas de CMS.

Este breve resumen recoge algunas áreas de la física de partículas analizadas por CMS, en las que además el Ciemat contribuye de forma significativa. Por cuestiones de espacio y simplicidad no hemos descrito una buena parte de los resultados científicos de la colaboración, que están publicados en más de 250 artículos en revistas internacionales especializadas de física. Estos resultados, obtenidos en esta primera etapa de funcionamiento del LHC son excelentes y esclarecedores, pero aún queda mucho terreno por explorar y muchas medidas de precisión por realizar. Los físicos de partículas esperamos ansiosos tener a punto los detectores y el acelerador para el nuevo desafío que supondrán los datos que tomaremos a mayor energía a partir de 2015.

BIBLIOGRAFÍA / BIBLIOGRAPHY

- [1]. Portal Web de CMS: <http://cms.web.cern.ch/>.
- [2]. Publicaciones de CMS: <http://cds.cern.ch/collection/CMS%20Papers>.
- [3]. CMS Collaboration, *The CMS experiment at the CERN LHC*, JINST 03 (2008) S08004, doi:10.1088/1748-0221/3/08/S08004.
- [4]. CMS Collaboration, *Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC*, *Phys. Lett. B* 716 (2012) 30, doi:10.1016/j.physletb.2012.08.021, arXiv:1207.7235v2.
- [5]. CMS Collaboration, *A New Boson with a Mass of 125 GeV Observed with the CMS Experiment at the Large Hadron Collider*, *Science* Vol. 338 n°. 6114 (2012) 1569, doi:10.1126/science.1230816.

such different intensities, or the reason why the masses of particles are so extremely different from one another.

In general, these new theories include additional symmetries that would manifest themselves through the existence of new particles and/or interactions. One of the most common is supersymmetry (SUSY), according to which an additional symmetry would have existed in the Universe (but inexistent today – broken) that established a relationship between the particles of matter (fermions) and the intermediate particles of interactions (bosons) through new particles – supersymmetric companions of those already known. In this way, each fermion (particle with half-integer spin) would have a supersymmetric companion of the boson sort (integer spin) and vice versa.

Other models propose that some of the particles considered as elementary today are in truth composite, as originally was the case with the proton and neutron. Or they suggest the existence of additional dimensions to the currently known three spatial dimensions and one temporal dimension. There is a truly wide range of models and theories. But in general, all of them deduce that the new particles would have a high mass, of the order of a TeV/c^2 . These have proved to be inaccessible in previous accelerators and are currently being sought in the LHC experiments. As they are very massive and generally unstable particles, what we would observe is a decay chain that would end with already known stable particles. Their existence would manifest itself by an anomalous increase (compared to the SM prediction) of the production of common particles, or by the observation of events with a high multiplicity (many particles in the final state), which is typical of a decay chain. In some cases, their mass could be determined with a certain amount of precision. In other cases, their presence could be indirectly inferred, based on the apparent lack of conservation of energy-momentum in the collision or the modification of certain characteristic energy or angular distributions.

The particles or structures thus being sought are very varied. For example, new W' and Z' vector bosons – copies of the W and Z mediating bosons of the weak force but considerably heavier – could appear, or else a fourth family of quarks comprised of heavier quarks than those already known. Another possibility is that leptons and quarks are in fact particles with substructure, leading the way to the discovery of new excited states, with a mass greater than that of their fundamental energy level. Or other exotic options, e.g. the observation of gravitons (the intermediate bosons of the gravitational interaction, still not detected), particles with an abnormally long lifetime, etc.

No supersymmetric particle has yet been discovered, nor have signs of a new physics been detected; therefore, with the available experimental data, limits on the mass of these new particles and the intensity of the new proposed interactions have been established. The search for them is one of the most active tasks of CMS.

This brief summary explains some areas of particle physics studied by CMS, to which CIEMAT also makes a significant contribution. For reasons of space and simplicity, we have not described a large part of the scientific results of the collaboration, which are published in more than 250 articles in specialized international physics journals. These results, obtained in this first phase of LHC operation, are excellent and enlightening but there is still a lot left to be explored and many precision measurements to be made. We particle physicists are looking forward to the detectors and the accelerator to be ready for the new challenges that will be posed by the data we will acquire at higher energy levels as of 2015.

Una red global de computación para LHC

A Global Computing Grid for LHC

José María HERNÁNDEZ CALAMA¹ y Nicanor COLINO ARRIERO² - ¹Jefe de la Unidad de Computación Científica. Departamento de Investigación Básica (CIEMAT). ²Jefe de la División de Física de Partículas. Departamento de Investigación Básica (CIEMAT). / ¹Head of the Scientific Computing Unit, Basic Research Department (CIEMAT). ²Head of the Particle Physics Division, Basic Research Department

Una innovadora infraestructura de computación ha jugado un papel instrumental en el reciente descubrimiento de la partícula de Higgs en el LHC, permitiendo a científicos de todo el mundo almacenar, procesar y analizar enormes cantidades de datos en tiempo récord. La tecnología de computación Grid ha permitido integrar los recursos de centros de computación repartidos por todo el planeta, incluido el CIEMAT, en un sistema distribuido que permite compartir estos recursos y acceder a ellos a través de Internet de una manera transparente y homogénea. Un superordenador global para los experimentos de LHC.

BUSCANDO UNA AGUJA EN UN PAJAR EN EL LHC

El *Large Hadron Collider* (LHC) es el instrumento científico más complejo que se haya construido jamás. Para estudiar los componentes más pequeños del universo ha sido necesario construir la máquina más grande y potente del mundo. El objetivo del LHC es profundizar en el conocimiento de las leyes fundamentales que rigen el comportamiento de la naturaleza a nivel microscópico, las partículas elementales y sus interacciones. LHC se adentra en una nueva frontera de energía e intensidad cuya exploración ya está deparando nuevos descubrimientos. El 4 de julio de 2012 se anunció el descubrimiento de una nueva partícula cuyas propiedades coinciden con la última pieza que faltaba del Modelo Estándar de Física de Partículas, el bosón de Higgs, partícula mediadora del llamado campo de Higgs, que permea todo el universo y es el responsable de dotar de masa a las partículas elementales.

La probabilidad de producción de un bosón de Higgs en la colisión de dos protones en el LHC es minúscula, aproximadamente una en un billón. Cada colisión de protones genera cientos de partículas cuyas trayectorias y energías quedan registradas en un detector de partículas que se sitúa en el punto donde se hacen colisionar los haces de protones. Cada colisión se registra como una sucesión de impulsos eléctricos en algunos de los cerca de 100 millones de sensores del detector, cual fotografía tomada por una gigantesca cámara digital de 20 metros y 10000 toneladas de peso. El detector es capaz de fotografiar millones de veces por segundo con una precisión espacial mejor que el diámetro de un cabello humano. La inmensa mayoría de las colisiones dan lugar a procesos conocidos. Algunos de ellos producen señales muy similares a las que produciría la desintegración de un bosón de Higgs. Es necesario, pues,

separar las colisiones interesantes de la abrumadora cantidad de colisiones más mundanas estudiando detenidamente sus propiedades.

A lo largo de 2011 y 2012, el LHC ha sido capaz de producir 1750 billones de colisiones, suficientes como para que el esquivo bosón de Higgs haya asomado la cabeza. Poniendo un símil, este increíble número de colisiones es equivalente al número de granos de arena de playa que caben en una piscina olímpica. El número de partículas de Higgs producidas equivaldría a tan sólo una pizca de esta arena. El rendimiento del acelerador ha ido mejorando con el tiempo por encima de las expectativas iniciales, llegando a alcanzar una intensidad máxima de 500 millones de colisiones por segundo.

De las colisiones registradas por el detector, basándose en sus propiedades (por ejemplo, la presencia de determinadas partículas), un sistema electrónico ultrarrápido descarta en tiempo real el 99,999 %, sólo almacenándose en soporte magnético unos 500 registros por



Figura 1: La computación Grid permite integrar a través de Internet recursos heterogéneos repartidos por todo el mundo de modo que pueden compartirse y accederse de manera uniforme y transparente.
 Figure 1: Grid computing makes it possible to integrate via Internet heterogeneous resources spread around the world so they can be shared and uniformly and transparently accessed.

Física de partículas • Particle Physics

segundo para su posterior análisis. Aun así, el volumen de datos acumulados durante un año es gigantesco. Cada colisión registrada ocupa en torno a un megabyte, de modo que la cosecha anual se eleva a varios millones de gigabytes.

Para almacenar, procesar y analizar tal ingente cantidad de datos ha sido necesario desarrollar y poner en funcionamiento una innovadora infraestructura de computación, el llamado *Worldwide LHC Computing Grid* (WLCG). El WLCG es una colaboración global que une centros de computación de todo el mundo a través de Internet usando redes de gran ancho de banda, unas mil veces más rápidas que las que nos llevan Internet hasta nuestras casas. Permite compartir capacidad de cálculo y almacenamiento de datos en cientos de miles de ordenadores repartidos por el mundo. Los datos y los programas de análisis discurren vertiginosos por esta red. WLCG establece un entorno de computación colaborativo mundial que da servicio, independientemente de su localización, a unos 10000 físicos, miembros de los experimentos de LHC, y les permite acceder a los datos en tiempo real.

WLCG, EL GRID DE COMPUTACIÓN DE LHC

La necesidad brutal de recursos de computación necesarios para la explotación científica de los datos tomados por los experimentos del LHC condujo a finales de los años noventa del siglo pasado a un grupo de científicos, inspirados en la fiabilidad, ubicuidad y fácil acceso de la red eléctrica, a diseñar y desarrollar un nuevo paradigma de computación, el llamado Grid de computación distribuida, que permitiera integrar, compartir y acceder a través de Internet recursos heterogéneos de computación geográficamente distribuidos.

A diferencia de la *World Wide Web* (WWW), inventada en el CERN en 1989, en este caso no se trataba de compartir únicamente información, sino la capacidad de cálculo y almacenamiento de millones de ordenadores que existen en la actualidad conectados a Internet. Cuando hacemos uso de la electricidad, no nos preocupa cómo se generó ni cómo se distribuye. Simplemente conectamos el enchufe y la usamos. De manera análoga, el Grid debía hacer posible el acceso fácil, transparente y uniforme a recursos de computación distribuidos por todo el planeta.

Los recursos de computación necesarios para la explotación de los datos producidos en el LHC excedían ampliamente la capacidad de financiación del CERN, mientras que por otro lado, la mayoría de los laboratorios y universidades participantes en el LHC disponían de acceso a centros de computación regionales o nacionales. La pregunta obvia era si se podían integrar de alguna manera esas instalaciones para suministrar un único servicio de computación para LHC. La evolución rápida de las redes de comunicaciones internacionales, con capacidades crecientes a costes menguantes, parecía hacerlo posible. Éste fue el inicio del WLCG, una infraestructura distribuida de computación construida para hacer frente de la manera más efectiva posible al reto del procesamiento de datos a una escala sin precedentes. WLCG interconecta recursos de computación tales como PC, servidores, sistemas de almacenamiento de datos, y suministra los mecanismos necesarios para

An innovative computing infrastructure has played an instrumental role in the recent discovery of the Higgs boson in the LHC and has enabled scientists all over the world to store, process and analyze enormous amounts of data in record time. The Grid computing technology has made it possible to integrate computing center resources spread around the planet, including the CIEMAT, into a distributed system where these resources can be shared and accessed via Internet on a transparent, uniform basis. A global supercomputer for the LHC experiments.

LOOKING FOR A NEEDLE IN A HAYSTACK IN THE LHC

The Large Hadron Collider (LHC) is the most complex scientific instrument that has ever been built. In order to study the smallest components of the universe, it has been necessary to build the largest, more powerful machine in the world. The goal of the LHC is to acquire a deeper knowledge of the fundamental laws that govern nature's behavior at a microscopic level – elementary particles and their interactions. On July 4, 2012, the discovery of a new particle was announced whose properties coincide with the last piece that was missing from the Standard Model of Particle Physics – the Higgs boson, which is a mediating particle of the so-called Higgs field that permeates the whole universe and is responsible for rendering mass to elementary particles.

The probability of a Higgs boson being produced in the collision of two protons in the LHC is tiny – approximately one in a trillion. The Higgs boson is also very massive and, to be able to generate one, a large number of protons must be accelerated and collided at tremendously high energies, which to date had not been possible. Each collision of protons produces hundreds of particles whose trajectories and energies are recorded in a particle detector that is located at the point where the proton beams are made to collide. Each collision is recorded as a succession of electrical pulses in some of the nearly 100 million detector sensors, like a photograph taken by a gigantic 20 meter digital camera weighing 10000 tons. The detector is able to take millions of photographs per second with a better spatial precision than the diameter of a human hair. The immense majority of the collisions result in known processes. Some of them produce signals very similar to those that the decay of a Higgs boson would produce. It is therefore necessary to separate the interesting collisions from the overwhelming number of more mundane collisions by carefully studying their properties.

Throughout 2011 and 2012, the LHC has been capable of producing 1750 trillion collisions, which are enough for the elusive Higgs boson to have surfaced. To provide a comparison, this incredible number of collisions is equivalent to the number of grains of sand that fit into an Olympic pool. The number of Higgs particles produced would be equal to only a pinch of that sand. The accelerator performance has gradually improved over time to exceed the original expectations, having reached a maximum intensity of 500 million collisions per second.

Out of the collisions recorded by the detector, and based on their properties (e.g. the presence of certain particles), an ultrafast

acceder a ellos. WLCG está formado por más de 150 centros repartidos por todo el mundo. Actualmente dispone de una capacidad de almacenamiento de 400 petabytes (millones de gigabytes) y 200000 procesadores.

El WLCG es actualmente el mayor sistema de computación Grid que existe. Los centros de computación que lo integran se basan en dos sistemas Grid principales, EGI (*European Grid Infrastructure*) en Europa y OSG (*Open Science Grid*) en Estados Unidos, a los que se asocian otros Grids regionales o nacionales. Los países que integran WLCG, a través de acuerdos formales, se comprometen a aportar cada uno una fracción de los recursos de computación.

Los físicos envían sus tareas de análisis al Grid. Cada miembro de los experimentos de LHC dispone de un certificado digital que le permite acceder a WLCG y utilizar sus servicios. El usuario especifica los recursos solicitados (datos a analizar, *software* de análisis, tiempo estimado de ejecución, etc.) y el sistema Grid localiza los recursos disponibles adecuados para ejecutar la tarea. El Grid monitoriza las tareas en ejecución o en espera, balancea el uso de los recursos, y retorna los resultados a los usuarios.

En la actualidad WLCG ejecuta del orden de un millón de tareas al día, pertenecientes a varios miles de usuarios activos. Los aproximadamente 200000 procesadores integrados en WLCG se mantienen ocupados continuamente, suministrando anualmente unas dos mil millones de horas de CPU a los experimentos de LHC. Los datos se transfieren entre los centros a velocidades impresionantes, cientos de petabytes se transmiten anualmente, en promedio a más de 10 gigabytes por segundo, el equivalente a dos DVD llenos de datos por segundo.

ORGANIZACIÓN DE LOS RECURSOS EN WLCG

El modelo de organización de los recursos de computación Grid de los experimentos de LHC se basa en una estructura jerárquica de centros organizados de acuerdo a su funcionalidad en varios niveles o Tiers. En el Tier-0, situado en el CERN, los datos en bruto con las lecturas de los sensores de los detectores, se almacenan en cinta magnética para su custodia a largo plazo. Los datos también se copian en disco magnético para su inmediato procesamiento consistente en la identificación de las partículas producidas en las colisiones y la reconstrucción de sus propiedades, tales como su trayectoria, energía y carga eléctrica. El centro Tier-0 dispone de 30000 procesadores y 130 petabytes de capacidad de almacenamiento. Desde el Tier-0, los datos se distribuyen a unos 10 grandes centros de computación repartidos por todo el mundo, los centros Tier-1. El Tier-0 está conectado a estos centros a través de una red óptica de comunicaciones privada de un gran ancho de banda (decenas de gigabits por segundo). Los centros Tier-1, con una capacidad global de 70000 procesadores y 170 petabytes de almacenamiento, se encargan de guardar en cinta una segunda copia de los datos, seleccionar las colisiones que se consideran interesantes, reprocesar los datos si es necesario cuando se mejoran las técnicas de reconstrucción o la calibración de los detectores, y de la distribución de los datos a centros de computación situados

electronics system rules out 99.999% in real time and only stores on magnetic support some 500 records per second for subsequent analysis. Even so, a huge volume of data is accumulated during one year. Each recorded collision takes up around 1 megabyte, meaning that the annual yield amounts to several million gigabytes.

To store, process and analyze such a huge amount of data, it has been necessary to develop and implement an innovative computing infrastructure – the Worldwide LHC Computing Grid (WLCG). The WLCG is a global collaboration that joins computing centers from around the world via Internet, using large bandwidth networks about one thousand times faster than those that bring Internet to our homes. With this Grid, computing capacity and data storage can be shared in hundreds of thousands of computers distributed around the world. The data and analysis programs run at a dizzying speed through this network. WLCG establishes a worldwide collaborative computing environment that serves some 10000 member physicists of the LHC experiments, regardless of their location, and allows them to access data in real time.

WLCG, THE LHC COMPUTING GRID

At the end of the decade of the 1990s, the vast need for computing resources to scientifically exploit the data acquired by the LHC experiments led a group of scientists, inspired by the reliability, ubiquity and easy access of the electric power grid, to design and develop a new computing paradigm – the so-called distributed computing Grid – which would make it possible to integrate, share and access via Internet geographically disperse, heterogeneous computing resources.

Unlike the World Wide Web (WWW), invented at CERN in 1989, in this case it was not a matter of sharing only information but rather the computing and storage capacity of millions of computers that are currently connected to Internet. When we use electricity, we do not worry about how it is generated or how it is distributed. We simply plug it in and use it. Analogously, the Grid should provide easy, transparent and uniform access to distributed computing resources all over the planet.

The computing resources required to exploit the data produced in the LHC amply exceeded the CERN's financing, whereas on the other hand most of the laboratories and universities participating in the LHC had access to regional or national computing centers. The obvious question was whether those facilities could in some way be integrated to provide a single computing service for LHC. The rapid evolution of international communication networks, with growing capacities as shrinking costs, seemed to make it possible. That was the beginning of WLCG, a distributed computing infrastructure built to meet as effectively as possible the challenge of data processing on an unprecedented scale. WLCG interconnects computing resources such as PCs, servers and data storage systems, and it supplies the necessary mechanisms to access them. WLCG is formed by more than 150 centers spread around the world. It currently has a storage capacity of 400 petabytes (millions of gigabytes) and 200000 processors.

The WLCG is currently the largest existing Grid computing system. The computing centers that comprise it are based on two main Grid systems: EGI (European Grid Infrastructure) in Europe and OSG (Open Science Grid) in the United States, to which other regional or national Grids are associated. The member countries of WLCG, through formal agreements, each commit to contributing a fraction of the computing resources.

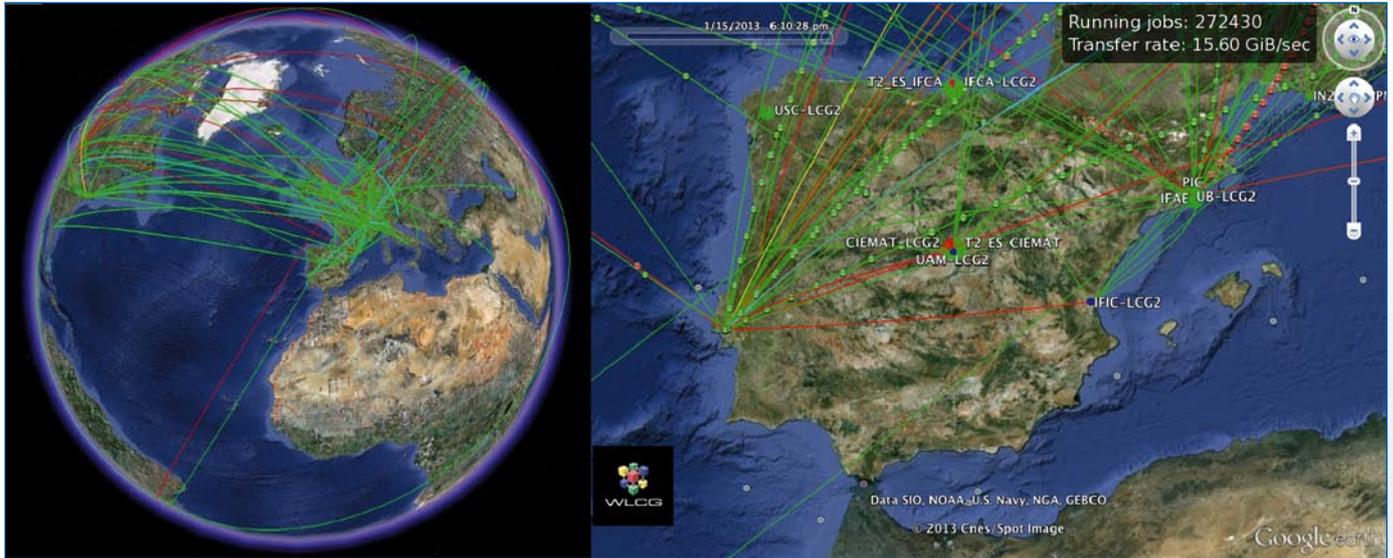


Figura 2: (Izquierda) Monitorización en tiempo real de la actividad en el Worldwide LHC Computing Grid. Las líneas representan movimiento de datos y ejecución de tareas en diferentes centros de computación repartidos por todo el planeta. (Derecha) Detalle de la actividad de WLCG en los centros españoles. El CIEMAT contribuye a la infraestructura de WLCG con un centro Tier-1 en Barcelona (PIC) y un centro Tier-2 en Madrid.
 Figure 2: (Left) Real-time monitoring of the activity in the Worldwide LHC Computing Grid. The lines represent data movement and task execution in different computing centers distributed around the planet. (Right) Detail of the WLCG activity in the Spanish centers. The CIEMAT contributes to the WLCG infrastructure with a Tier-1 center in Barcelona (PIC) and a Tier-2 center in Madrid.

en universidades y laboratorios, los centros Tier-2, unos 150 en número, que acogen unos 100000 procesadores. En ellos se lleva a cabo el análisis de los datos así como la producción de datos simulados que se utilizan para hacer estudios de las medidas que se pueden realizar, comparar con los datos reales, calibrar la respuesta de los detectores, etc. El espacio en disco de los centros Tier-2, unos 100 petabytes, se utiliza a modo de caché volátil de datos. Se borran datos obsoletos o poco usados y se reemplazan por datos reprocesados o por datos frecuentemente accedidos.

Los centros Tier-3 están situados en los centros de investigación y complementan los recursos de los centros Tier-2 aportando recursos para la comunidad científica local sin un acuerdo formal para suministrar un servicio a la organización global.

España aporta el 5% de los recursos de WLCG. Opera uno de los centros Tier-1, el Puerto de Investigación Científica (PIC) en Barcelona. El PIC es mantenido a través de un acuerdo de colaboración entre el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), la Generalitat de Catalunya, el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). España dispone de centros Tier-2 en Madrid (CIEMAT y Universidad Autónoma de Madrid), Barcelona (IFAE y Universidad de Barcelona), Valencia (Instituto de Física Corpuscular -IFIC-), Santander (Instituto de Física de Cantabria -IFCA-) y Santiago de Compostela (Universidad de Santiago de Compostela). Asimismo existen centros Tier-3 en la Universidad de Oviedo y en la Universidad Autónoma de Madrid.

La distribución geográfica de los datos, de los recursos técnicos y humanos en WLCG y el acceso transparente a los mismos reporta ventajas importantes. Se eliminan puntos únicos de fallo

The physicists send their analysis tasks to the Grid. Each member of the LHC experiments has a digital certificate that allows him/her to access the WLCG and use its services. The user specifies the requested resources (data to be analyzed, analysis software, estimated runtime, etc.), and the Grid system locates the adequate available resources to execute the task. The Grid monitors the tasks being executed or on standby, balances the use of resources and returns the results to the users.

At present, WLCG executes around one million tasks a day pertaining to several thousand active users. The approximately 200000 processors integrated into WLCG are kept constantly occupied, annually supplying some two trillion CPU hours to the LHC experiments. The data are transferred between the centers at impressive speeds and hundreds of petabytes a year are transmitted, on average at more than 10 gigabytes per second or the equivalent of two DVDs full of data per second.

ORGANIZATION OF RESOURCES IN WLCG

The organizational model of the LHC experiment Grid computing resources is based on a hierarchical structure of centers organized in accordance with their functionality at several levels or tiers. At the Tier-0, located at CERN, the raw data with the readings of the detector sensors are stored on magnetic tape for long-term custody. The data are also copied onto magnetic disk for immediate processing, consisting of identification of the particles produced in the collisions and reconstruction of their properties, e.g. trajectory, energy and electric charge. The Tier-0 center has 30000 processors and 130 petabytes of storage capacity. From the Tier-0, the data are distributed to some 10 major computing centers throughout the world – the Tier-1 centers. The Tier-0 is connected to these centers via a private optic communications network with a large bandwidth (dozens of gigabits per second). The Tier-1 centers, with a total capacity of 70000 processors and 170 petabytes of storage, are in charge of saving a second copy

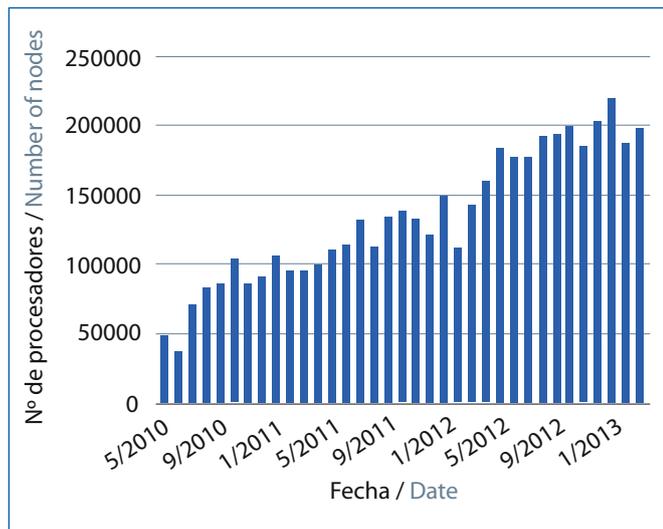


Figura 3: Número de procesadores ocupados continuamente ejecutando tareas de procesamiento y análisis en WLCG. Se ha llegado a la saturación de los recursos disponibles.
 Figure 3: Number of constantly occupied processors executing processing and analysis tasks in WLCG. The available resources have reached saturation.

que podrían ocasionar un fallo general en el sistema global. La existencia de centros de computación en zonas horarias distintas posibilita la monitorización del sistema y la disponibilidad de soporte técnico las 24 horas. La posibilidad de acceder a los recursos independientemente de la localización permite a los investigadores permanecer en sus países de origen. La gestión de los recursos de una manera independiente fomenta la creatividad y la aparición de nuevas maneras de enfocar la computación y el análisis de los datos. Un sistema tan dinámico y flexible se puede reconfigurar con facilidad para afrontar nuevos retos haciendo posible la evolución a lo largo de la vida útil de LHC, creciendo en capacidad para hacer frente a la demanda creciente a medida que se acumulan más datos. También permite a la comunidad científica sacar provecho de nuevas tecnologías que puedan surgir mejorando la eficiencia energética, de coste y facilidad de uso de los recursos de computación.

La infraestructura Grid se construyó desde el principio con el fin de ser una plataforma multidisciplinar, que se pudiera explotar no solo desde la física de partículas sino desde cualquier otra rama de la ciencia con retos similares de gestión de datos. Campos como el de la imagen médica o la astrofísica ya están haciendo uso de la computación Grid a gran escala. De hecho, este modo de computación ha trascendido las fronteras de la ciencia. Ha evolucionado en lo que se conoce como *Cloud Computing*, o computación en la nube, y grandes corporaciones ofrecen servicios de pago de acceso a sus recursos de computación en la nube.

La computación Grid está impulsando la ciencia en todo el mundo, suministrando la tecnología para explorar nuevas formas de hacer ciencia. Los científicos pueden ahora compartir datos, espacio de almacenamiento, capacidad de cálculo, resultados, y hacer frente a cuestiones científicas cada vez más complejas.

of the data on tape, selecting the collisions that are considered to be interesting, reprocessing the data if necessary when the reconstruction techniques or detector calibrations are improved, and distributing the data to computing centers located in universities and laboratories – the Tier-2 centers. There are some 150 Tier-2 centers hosting around 100,000 processors, which analyze the data and produce simulated data that are used to study the measurements that can be made, compare to actual data, calibrate the detector response, etc. The disk space of Tier-2 centers, some 100 petabytes, is used as a sort of volatile data cache. Obsolete or little used data are deleted and are replaced by reprocessed or frequently accessed data.

The Tier-3 centers are located in research centers and complement the resources of the Tier-2 centers by contributing resources for the local scientific community without a formal agreement to supply a service to the global organization.

Spain contributes 5% of the WLCG resources. It operates one of the Tier-1 centers, the Puerto de Investigación Científica (PIC) in Barcelona. The PIC is maintained through a collaboration agreement between the Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), the Catalonia regional government, the Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) and the Autonomous University of Barcelona (UAB). Spain has Tier-2 centers in Madrid (CIEMAT and Autonomous University of Madrid), Barcelona (IFAE and University of Barcelona), Valencia (Instituto de Física Corpuscular - IFIC), Santander (Instituto de Física de Cantabria - IFCA) and Santiago de Compostela (University of Santiago de Compostela). There are also Tier-3 centers in the University of Oviedo and the Autonomous University of Madrid.

The geographic distribution of the data and the technical and human resources in WLCG and the transparent access to them offer significant advantages. Unique failure points that could cause a general failure in the global system are eliminated. The existence of computing centers in different time zones enables system monitoring and technical support availability 24 hours a day. The possibility of accessing resources regardless of location allows researchers to stay in their countries of origin. The independent management of resources fosters creativity and the emergence of new ways of approaching data computing and analysis. Such a dynamic, flexible system can easily be reconfigured to face new challenges and enable evolution throughout the useful life of the LHC, growing in capacity to meet the growing demand as more and more data accumulate. It also permits the scientific community to profit from new technologies that may arise, improving energy efficiency, cost and ease-of-use of the computing resources.

The Grid infrastructure was from the very beginning built to be a multidisciplinary platform that could be used not only in particle physics but also in any other branch of science with similar data management challenges. Fields such as medical imaging and astrophysics are already making use of Grid computing on a large scale. In fact, this computing mode has transcended the boundaries of science. It has evolved into what is known as Cloud Computing, and leading corporations offer access services for pay to their cloud computing resources.

Grid computing is driving science around the world and supplying the technology to explore new ways of approaching science. Scientists can now share data, storage space, computing capacity and results and respond to increasingly complex scientific questions.

Los neutrinos: esas partículas esquivas

Neutrinos: the elusive particles

Carmen PALOMARES ESPIGA e Inés GIL BOTELLA - Investigadoras de la División de Física de Partículas, Departamento de Investigación Básica (CIEMAT). / Researchers of the Particle Physics Division. Basic Research Department (CIEMAT).

El año 2012 ha sido un año histórico para los neutrinos. Los neutrinos han dejado de ser exclusivamente objeto de estudio de los científicos y han saltado a la prensa por diferentes razones, como su supuesta pretensión de viajar más rápido que la luz o por haber sido medida su última transformación. De todo ello hablaremos en este artículo y veremos que los neutrinos nos han dado grandes sorpresas con importantes consecuencias para la física. Esas partículas minúsculas, pero extremadamente abundantes en el Universo, han conseguido romper mediante evidencias experimentales muchas de las ideas preconcebidas sobre ellas y han abierto paso a nuevos caminos más allá del Modelo Estándar de la Física de Partículas.

HISTORIA DE LOS NEUTRINOS

La historia de los neutrinos se remonta a 1930 cuando Wolfgang Pauli postuló la existencia de una “partícula indetectable” para explicar la aparente no conservación de la energía en la desintegración nuclear beta, en la que un neutrón da lugar a un protón y un electrón:



La hipotética partícula se caracterizaba por carecer de carga eléctrica y poseer una masa nula o muy pequeña, lo que condujo a Enrico Fermi a bautizarla con el nombre de neutrino, «neutrón diminuto». Veintiséis años después de la predicción de Pauli, un experimento diseñado por Cowan y Reines detectaba los primeros antineutrinos ($\bar{\nu}_e$), producidos en un reactor nuclear. Estos neutrinos se creaban asociados a un electrón y eran detectados mediante la reacción inversa a la desintegración beta en la que un antineutrino interactúa con un núcleo atómico e induce la transformación de un protón en un neutrón:



Más tarde, en los años 60, los aceleradores de partículas permitieron descubrir un nuevo tipo de neutrino asociado al muón, el neutrino muónico (ν_μ). Los experimentos del acelerador LEP en el CERN probaron en los años 90 que existen tres tipos de neutrinos ligeros. Finalmente, en el año 2000 se observó el neutrino asociado al leptón tau: el neutrino tauónico (ν_τ).

Hoy en día sabemos que los neutrinos son extremadamente abundantes en el Universo y atraviesan constantemente la Tierra. Proceden de fuentes naturales como las reacciones de fusión en el Sol, la interacción de los rayos cósmicos con la atmósfera, la explosión de supernovas, la radioactividad natural de la Tierra y también de fuentes artificiales construidas por los seres humanos como los reactores nucleares y los aceleradores de partículas. Se cree que en el Universo existen neutrinos de

muy baja energía procedentes del *Big Bang* aunque todavía no se han podido detectar experimentalmente de manera directa.

Dado que los neutrinos apenas interactúan con la materia, resultan muy difíciles de detectar: cada segundo, millones de neutrinos atraviesan la palma de nuestra mano sin dejar rastro pero al cabo de un cierto tiempo alguno de ellos acabará interactuando con un átomo de nuestro cuerpo. Los actuales detectores de partículas no son capaces de detectar directamente un neutrino ya que éstos no son sensibles al campo electromagnético. Sin embargo, el neutrino puede ser absorbido por un protón o neutrón y producir un leptón cargado, o bien, colisionar con un electrón modificando su energía y trayectoria. En ambos casos, los productos de la reacción sí pueden ser detectados.

OSCILACIONES DE NEUTRINOS

A finales del siglo XX se observó un déficit con respecto a lo esperado en el flujo de neutrinos electrónicos provenientes del Sol y en el de neutrinos muónicos producidos en la atmósfera. Esto constituyó un problema sin resolver que duró 30 años. Esa “desaparición” de neutrinos fue verificada mucho más tarde en el flujo de neutrinos producidos en reactores nucleares y aceleradores de partículas. El resultado obedecía al fenómeno que hoy denominamos oscilaciones, los neutrinos cambian de tipo conforme se propagan, y que fue demostrado por primera vez experimentalmente en 1998 por el experimento SuperKamiokande (SK). Este detector de 50 kilotoneladas de agua instalado en una mina en Japón a 1000 m de profundidad fue capaz de demostrar que los neutrinos procedentes de la atmósfera en su camino a través de la Tierra se transforman de neutrinos muónicos a tauónicos. SK midió un déficit de neutrinos muónicos respecto a los esperados en función de la distancia recorrida y de la energía de los neutrinos, probando de manera inequívoca que los neutrinos oscilan. Esta capacidad de transmutación entre familias de neutrinos sólo resulta posible, de acuerdo con la mecánica cuántica,

si los neutrinos poseen masa. Esta puede ser ínfima, pero ha de ser distinta de cero. Esto supone que los neutrinos no cumplirían una de las predicciones del Modelo Estándar de Partículas, el cual asigna a los neutrinos una masa exactamente igual a cero.

Los neutrinos nacen y se detectan mediante la interacción débil como neutrinos electrónico, muónico o tauónico, llamados “autoestados de sabor”, con una masa indefinida. Sin embargo, se propagan como estados de masa definida, que se etiquetan como “1”, “2” y “3”. Por ejemplo, en el caso de oscilación entre dos tipos de neutrinos, si las masas m_1 y m_2 son diferentes, estos “estados de masa” de neutrinos pueden ser una mezcla de sabores: $|v_1\rangle = \cos\theta|v_e\rangle - \sin\theta|v_\mu\rangle$. El valor del ángulo θ define la proporción de neutrinos de un cierto sabor que contiene el estado de masa 1 y da la probabilidad de que cuando un neutrino interactúe lo haga según un tipo u otro. La probabilidad de que un v_e sea detectado igual que se creó viene dada por la ecuación:

$$P(v_e \rightarrow v_e) = 1 - \sin^2 2\theta \sin^2 \left(\frac{(m_2^2 - m_1^2)L}{4E} \right) \quad [3]$$

Como se ve, esta probabilidad depende no sólo de θ sino también de la diferencia de las masas al cuadrado de los estados 1 y 2 ($\Delta m_{21}^2 = m_2^2 - m_1^2$), de la distancia recorrida por el neutrino (L) y de la energía de dicho neutrino (E). De hecho, la frecuencia de la oscilación está determinada por el valor de $(m_2^2 - m_1^2)L/E$, mientras que la amplitud queda definida por el ángulo θ .

Si se considera la mezcla de las tres especies de neutrinos, la probabilidad de oscilación de un sabor a otro dependerá de dos diferencias de masas al cuadrado (Δm_{21}^2 y Δm_{31}^2), tres ángulos de mezcla (θ_{12} , θ_{23} , θ_{13}) y un parámetro extra que hace que neutrinos y antineutrinos se comporten de manera diferente, llamado “fase de violación CP”. Los ángulos de mezcla θ_{12} y θ_{23} y las dos diferencias de masas, que gobiernan las oscilaciones de los neutrinos solares y los atmosféricos, fueron medidos en varios experimentos (KamLAND, SNO, SK, K2K, T2K, MINOS) usando diferentes fuentes de neutrinos. Sin embargo se desconoce cuál de los tres neutrinos es el más pesado, es decir, la llamada jerarquía de masas. Del tercer ángulo, θ_{13} , hasta el año pasado sólo se sabía que era muy pequeño y que podría ser incluso nulo. θ_{13} controla la fracción de v_e que hay en el neutrino correspondiente a la masa m_3 y por tanto influye en la transformación del neutrino v_e en los otros tipos de neutrinos. Su importancia radica en que, en caso de no ser nulo, abriría las puertas a la posibilidad de medir la violación de la simetría CP en el sector leptónico. Este mecanismo constituye una de las claves para entender por qué en los instantes posteriores al *Big Bang* la materia predominó sobre la antimateria y dio lugar al Universo que conocemos.

Afortunadamente, θ_{13} fue medido experimentalmente en 2012 gracias, por un lado al experimento T2K, que ha detectado por primera vez la aparición de v_e en un haz de neutrinos v_μ y, principalmente, gracias a los experimentos de neutrinos en reactores nucleares y en particular, al experimento Double Chooz.

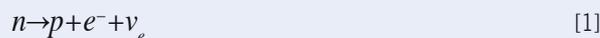
DOUBLE CHOOZ Y EL CIEMAT

El experimento Double Chooz [1] está instalado en la central nuclear francesa de Chooz y su objetivo principal consiste en medir el ángulo

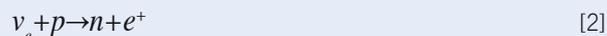
2012 has been a historical year for the neutrino particle. The neutrino has ceased to be an exclusive object of study by scientists and has made its way into the press for various reasons, as it supposedly traveled faster than light or because its latest transformation has been measured. This article will discuss all this, and we will see that the neutrino has surprised us in many ways that have major implications for science. This tiny particle, but extremely abundant in the Universe, has managed, with experimental evidence, to disprove some of the preconceived ideas about it and has opened the way to new physics beyond the Standard Model of Particle Physics.

NEUTRINO HISTORY

The neutrino history dates back to 1930 when Wolfgang Pauli postulated the existence of an “undetectable particle” to explain the apparent non-conservation of energy in the beta decay of radioactive materials, in which a neutron gives rise to a proton and an electron:



The hypothetical particle was characterized by not carrying electric charge and having a zero or very small mass. This led Enrico Fermi to baptize it with the name of neutrino – “little neutron”. Twenty-six years after Pauli’s prediction, an experiment designed by Cowan and Reines detected the first antineutrinos ($\bar{\nu}_e$), produced in nuclear reactors. These neutrinos were created in association with an electron and were detected by the inverse beta decay reaction in which an antineutrino interacts with an atomic nucleus and induces the transformation of a proton into a neutron :



Later, in the 1960s, a new type of neutrino associated with the muon – the muon neutrino (ν_μ) – was discovered in particle accelerators. The CERN LEP accelerator experiments proved in the 1990s that there are three types of light neutrinos. Finally, in 2000, the neutrino associated with the tau lepton was observed – the tau neutrino (ν_τ).

Today we know that neutrinos are extremely abundant in the Universe and constantly pass through the Earth. They come from natural sources such as fusion reactions on the Sun, the interaction of cosmic rays with the atmosphere, supernova explosions, the natural radioactivity of the Earth and also artificial sources built by humans, e.g. nuclear reactors and particle accelerators. It is believed that very low energy neutrinos from the Big Bang exist in the Universe, although it has still not been possible to experimentally detect them in a direct way.

Since neutrinos barely interact with matter, they are very hard to detect. Millions of neutrinos pass through the palm of our hand every second without leaving a trace, but after a certain time some of them will end up interacting with an atom of our body. Current particle detectors are not capable of directly detecting neutrinos

UNA ANÉCDOTA: LA VELOCIDAD DE LOS NEUTRINOS

El experimento OPERA situado en el laboratorio subterráneo del Gran Sasso mide las oscilaciones de los neutrinos procedentes de un haz generado en el CERN a 730 km de distancia con el objetivo de detectar la aparición de neutrinos tauónicos en el haz de neutrinos muónicos. Este experimento obtuvo en septiembre de 2011 un asombroso resultado que apuntaba a la posibilidad de que los neutrinos viajaran a velocidades superiores a las de la luz en el vacío, lo cual contradiría la teoría de la relatividad de Einstein y supondría un descubrimiento crucial en la historia de la ciencia. Los científicos de OPERA midieron la distancia entre la fuente de neutrinos en el CERN y el detector con un error menor de 20 cm utilizando sistemas GPS y el tiempo de salida y llegada de los neutrinos con relojes atómicos con una precisión de unos 10 ns. Las medidas parecieron indicar que los neutrinos llegaban 60 ns antes que lo que tardaría la luz en recorrer la misma distancia en el vacío, por lo que su velocidad sería 0,002 % mayor que la de la luz. Los propios físicos de este experimento se mostraron escépticos con los resultados y presentaron todos los detalles de su precisa medida a la comunidad científica con la esperanza de que les ayudasen a resolver este problema. La noticia trascendió a los medios con el consiguiente revuelo. Unos meses más tarde, el propio experimento anunció nuevos resultados tras haber solucionado una mala conexión en la fibra óptica que unía la señal externa de GPS con el reloj principal del experimento, lo cual adelantaba artificialmente la llegada de los neutrinos. El sistema de medida de tiempos del experimento era tan sofisticado que se tardó tiempo en descubrir la causa pero finalmente se confirmó que los neutrinos viajan con una velocidad muy próxima a la de la luz aunque sin conseguir superarla.

de mezcla θ_{13} . Debido a las continuas desintegraciones beta de los productos de fisión, el flujo de antineutrinos es muy elevado: se producen unos 16×10^{20} por segundo. Ello compensa la poca probabilidad de detectarlos. En este caso, la probabilidad de no oscilación es similar a la de la Ecuación 3. La distancia a la que se produce la oscilación depende de Δm_{31}^2 y de la energía del neutrino, que son cantidades conocidas. Por tanto, sabemos que la oscilación será máxima a aproximadamente 1 km de los reactores. Sin embargo, la cantidad de antineutrinos transformados depende del valor de θ_{13} .

Double Chooz (Figura 1) cuenta con dos detectores idénticos, situados respectivamente a 400 y 1050 metros de los reactores de Chooz e instalados bajo tierra. El detector cercano mide el flujo en un lugar en el que no hay oscilación, mientras que el lejano lo hace donde la oscilación es máxima. El efecto de dicha oscilación se observa en el detector lejano como un déficit de neutrinos con respecto a los detectados por su compañero: al convertirse los antineutrinos electrónicos en antineutrinos de otra familia, no dejan huella en el detector.

because they are not sensitive to the electromagnetic field. However, neutrinos can be absorbed on a nucleon producing a charged lepton, or scatter from an electron. In both cases, the reaction products can be detected.

NEUTRINO OSCILLATIONS

At the end of the 20th century, a deficit was observed with respect to the predictions in the flux of electron neutrinos from the Sun and in the muon neutrinos produced in the atmosphere. This was an unsolved problem that lasted for 30 years. That “disappearance” of neutrinos was verified much later in neutrinos produced in nuclear reactors and particle accelerators. The result could be explained by the phenomenon that today we call oscillations; neutrinos change type as they propagate. This was experimentally demonstrated for the first time by the Super-Kamiokande (SK) experiment. This detector, a 50,000 ton water tank located 1000 m underground in a mine in Japan, was able to demonstrate that atmospheric neutrinos, on their way through the Earth, are transformed from muon neutrinos into tau neutrinos. SK measured a deficit of muon neutrinos with respect to those expected based on the distance traveled and the neutrino energy, unambiguously proving that neutrinos oscillate. This capacity of transmutation between families of neutrinos is only possible, according to quantum mechanics, if neutrinos have mass. This mass can be infinitesimal but it has to be different from zero. This is in contradiction with the predictions of the Standard Particle Model, which assumes that neutrinos are massless.

Neutrinos are born and are detected by the weak interaction as electron, muon or tau neutrinos, called “flavor eigenstates”, with an indefinite mass. However, they propagate as defined mass eigenstates, which are labeled as “1”, “2” and “3”. For example, in the case of oscillations between two types of neutrinos, if masses m_1 and m_2 are different, these neutrino “mass eigenstates” can be a mixture of flavors: $|v_1\rangle = \cos\theta|v_e\rangle - \sin\theta|v_\mu\rangle$. The value of the angle θ defines the proportion of neutrinos of a certain flavor that contains the mass eigenstate 1 and gives the probability, when a neutrino interacts, that it will do so according to one type or another. The probability that a v_e will be detected as it was created is given by Equation 3:

$$P(v_e \rightarrow v_e) = 1 - \sin^2 2\theta \sin^2 \left(\frac{(m_2^2 - m_1^2)L}{4E} \right) \quad [3]$$

As we can see, this probability depends not only on θ but also on the difference between the squared masses of states 1 and 2 ($\Delta m_{21}^2 = m_2^2 - m_1^2$), the distance traveled by the neutrino (L) and the energy of that neutrino (E). In fact, the frequency of the oscillation is determined by the value of $(m_2^2 - m_1^2)L/E$, whereas the amplitude is defined by the angle θ .

The oscillation probability from one flavor to another involving three-neutrino mixing will depend on two mass squared differences (Δm_{21}^2 and Δm_{31}^2), three mixing angles (θ_{12} , θ_{23} , θ_{13}) and an extra parameter that makes neutrinos and antineutrinos behave differently – the so-called “CP violation phase”. The θ_{12} and θ_{23} mixing angles and the two mass differences, which govern the oscillations of solar and atmospheric neutrinos, were measured in several experiments (KamLAND, SNO, SK, K2K, T2K, MINOS) using different neutrino sources. However, it is not known which of the three neutrinos is the heaviest, i.e., the so-called mass hierarchy. As for the third angle θ_{13} , until last year it was only known that it was very small and could even be zero. θ_{13} controls the fraction of v_e in the neutrino corresponding to mass

Los neutrinos procedentes de reactores nucleares se detectan mediante la reacción beta inversa (Ecuación 2), en la que el neutrino interactúa con un protón emitiendo un positrón (que pierde energía y se aniquila produciendo fotones) y un neutrón, que es capturado posteriormente por otro núcleo el cual se desexcita emitiendo fotones. La característica de esta reacción es la coincidencia temporal de dos deposiciones de energía en el detector (una procedente del positrón y la otra del neutrón) separadas entre sí unos 30 microsegundos. Los detectores de Double Chooz (Figura 2) contienen líquido centellador de diferentes características en dos vasijas concéntricas. La energía depositada por los productos de la interacción del neutrino se transforma en luz como consecuencia de las propiedades centelladoras del líquido. Esa luz es capturada por los “ojos” del detector (390 fotomultiplicadores instalados en un tanque que rodea las vasijas) y transformada en corriente eléctrica, a partir de la cual se deduce la energía original del neutrino. Ello permite reconstruir su espectro energético.

Double Chooz se encuentra ahora en su primera fase, tomando datos con el detector lejano desde abril de 2011. El detector cercano está en construcción y la segunda fase del proyecto se iniciará en la primavera de 2014, cuando ambos detectores estén operativos. Pese a que la máxima sensibilidad a θ_{13} se alcanzará entonces, Double Chooz ha sido ya capaz de proporcionar la primera medida de θ_{13} en reactores con los datos de un solo detector en noviembre de 2011 usando una predicción muy precisa del flujo de neutrinos. Double Chooz ha medido un déficit de antineutrinos electrónicos procedentes de la central nuclear a 1 km de los reactores y ha observado la distorsión en el espectro energético de los neutrinos evidenciando la desaparición de los neutrinos debido a las oscilaciones. En la Figura 3 se puede observar el espectro de los 8249 neutrinos medidos (puntos) durante 227,9 días de toma de datos con respecto a los 8936,8 neutrinos esperados en caso de que no hubiesen oscilado (línea punteada azul) y el mejor ajuste a los datos (línea roja) para el caso de oscilaciones. Este ajuste proporciona un valor del ángulo de mezcla de $\sin^2 2\theta_{13} = 0,109 \pm 0,039$. Por tanto, la posibilidad de que θ_{13} sea cero está excluida con una probabilidad del 99,8%. Estos resultados han sido posteriormente confirmados por otros experimentos en reactores nucleares en China y Corea. En los próximos años Double Chooz mejorará la precisión en la medida de θ_{13} gracias a un aumento de la estadística y a la utilización de sus dos detectores. Debido a que el valor de θ_{13} es mayor de lo que se esperaba, las posibilidades de medir la violación CP en el sector leptónico en los próximos años con haces de neutrinos convencionales han aumentado.

El grupo de física experimental de neutrinos del CIEMAT participa activamente en el experimento Double Chooz tanto a nivel de construcción de los detectores, instalación y puesta a punto como en la toma de datos y en su posterior análisis.

LA MASA DE LOS NEUTRINOS

Cualquier medida que involucre a los neutrinos es muy complicada pero la medida de su masa es quizás la más difícil teniendo en cuenta lo extremadamente pequeña que es, un millón de veces menor que la del electrón, que a su vez es mil veces más ligero que el protón. El fenómeno de las oscilaciones de los neutrinos no ha permitido medir el valor absoluto de la masa de los neutrinos ya que la probabilidad de

AN ANECDOTE: THE SPEED OF NEUTRINOS

The OPERA experiment located in the underground Gran Sasso laboratory measures the oscillations of neutrinos from a beam generated 730 km away at CERN, in order to detect the appearance of tau neutrinos in the beam of muon neutrinos. In September 2011, this experiment obtained a surprising result that pointed to the possibility that neutrinos travel at faster-than-light speed in vacuum, which would contradict Einstein's theory of relativity and would be a crucial discovery in the history of science. The OPERA scientists measured the distance between the neutrino source at CERN and the detector with a precision better than 20 cm using GPS systems and the exit and arrival times of the neutrinos with a precision of around 10 ns using atomic clocks. The measurements seemed to indicate that the neutrinos arrived 60 ns before what light would take to travel the same distance in vacuum, and therefore their speed would be 0.002% faster than the speed of light. The OPERA experimental physicists seemed to be skeptical of the results and they presented all the details of their precise measurements to the scientific community with the hope it would help them solve this problem. The news was reported in the media with all the resulting publicity and attention. Some months later, the experiment announced new results after having solved a bad connection in the optical fiber that connected the external GPS signal to the main clock of the experiment, which artificially advanced the arrival of the neutrinos. The experiment's time measurement system was so sophisticated that it took some time to discover the cause, but it was finally confirmed that the neutrinos travel at a speed very close to the speed of light although without exceeding it.

m_3 , and therefore it influences the transformation of the neutrino ν_e into other neutrino flavors. Its importance lies in the fact that, if it is not zero, it would open the door to the possibility of measuring the CP violation in the lepton sector. This mechanism is one of the keys for understanding why, in the instants after the Big Bang, matter prevailed over antimatter and gave rise to the Universe that we know today.

Fortunately, θ_{13} was experimentally measured in 2012 thanks to the T2K experiment on one hand, which for the first time has detected the appearance of ν_e in a ν_μ neutrino beam, and primarily thanks to neutrino experiments in nuclear reactors, and in particular the Double Chooz experiment.

DOUBLE CHOOZ AND CIEMAT

The Double Chooz experiment [1] is installed in the French Chooz nuclear power plant, and its main goal is to measure the θ_{13} mixing angle. Because of the continuous beta decays of the nuclear fission products, the flux of antineutrinos is very high; around 16×10^{20} neutrinos per second are produced. This compensates for the low probability of detecting them. In this case, the survival probability is similar to that of Equation 3. The distance at which the oscillation occurs depends on Δm_{31}^2 and the neutrino energy, which are known quantities. Therefore, we know that the maximum probability of oscillation will be at approximately 1 km from



Figura 1. Vista de la central nuclear de Chooz en Francia y disposición de los detectores del experimento Double Chooz.

Figure 1: View of the Chooz nuclear power plant in France and arrangement of the Double Chooz experiment detectors.

que un tipo de neutrino oscile a otro es proporcional a la diferencia de sus masas al cuadrado.

Las masas de los neutrinos se manifiestan de manera observable en fenómenos como las desintegraciones de núcleos y partículas a través de la interacción nuclear débil, en las cuales la energía y momento de los productos de la desintegración dependen de la masa del neutrino. Estos métodos se llaman “directos” y hasta ahora sólo han conseguido poner límites superiores gracias principalmente al análisis del espectro de energía del electrón producido en la desintegración beta del tritio: $m(\nu_e) < 2,3 \text{ eV}$ [2]. Próximamente, nuevos experimentos podrían llegar a medir masas de hasta unos $0,2 \text{ eV}$. Hay otro tipo de procesos que permiten obtener de manera “indirecta” información sobre el neutrino, ya que su intensidad depende del valor de la masa del neutrino. El más prometedor es la desintegración beta doble sin neutrinos, el cual sólo puede suceder si el neutrino es una partícula Majorana (es decir, si el neutrino y el antineutrino son la misma partícula), lo cual desconocemos, y si el neutrino tiene masa. Los dos electrones producidos en la desintegración proporcionarían una señal clara de este proceso que haría posible su detección a pesar de su baja probabilidad. La frecuencia de la desintegración es proporcional a la masa del neutrino al cuadrado. Actualmente hay varios experimentos en marcha intentando detectar esta rara desintegración pero por ahora sólo han conseguido poner un límite superior a la masa del neutrino de $0,3-0,6 \text{ eV}$ [3].

NEUTRINOS Y COSMOLOGÍA

La cosmología también proporciona información valiosa sobre la masa de los neutrinos y otras propiedades como el número de familias, ya que éstos son un ingrediente fundamental del Universo. Los neutrinos debieron ser las primeras partículas en desacoplarse del plasma primigenio 1 s después del *Big Bang*, continuaron diluyéndose en el Uni-

the reactors. However, the amount of oscillated antineutrinos depends on the value of θ_{13} .

Double Chooz (Figure 1) has two identical underground detectors located 400 and 1050 meters, respectively, from the Chooz reactors. The near detector measures the flux at a place where there is no oscillation, whereas the far detector measures it where the oscillation is at a maximum. The effect of this oscillation is observed in the far detector as a deficit of neutrinos with respect to those detected by its counterpart; when electron antineutrinos are converted into antineutrinos of another family, they do not leave a trace in the detector.

Reactor neutrinos are detected by the inverse beta decay reaction (Equation

2), in which the neutrino interacts with a proton emitting a positron (which loses energy and annihilates, producing photons) and a neutron, which is subsequently captured by another nucleus that de-excites by emitting photons. The signature of this reaction is the time coincidence of two energy depositions in the detector (one from the positron and the other from the neutron) delayed about 30-microseconds. The Double Chooz detectors (Figure 2) consist of two concentric vessels filled with liquid scintillator of different characteristics. The energy deposited by the products of the neutrino interaction is transformed into light as a result of the liquid scintillation properties. This light is captured by the detector “eyes” (390 photomultipliers installed in a tank that surrounds the vessels) and transformed into electric charge, from which the original energy of the neutrino is inferred. This enables reconstruction of its energy spectrum.

Double Chooz is currently in its first phase taking data with the far detector since April 2011. The near detector is under construction and the second phase of the project will begin in the spring of 2014, when both detectors are operative. Even though the maximum sensitivity to θ_{13} will not be achieved until then, Double Chooz has already been able to provide the first measurement of θ_{13} in reactors with data from a single detector in November 2011, using a very accurate prediction of the neutrino flux. Double Chooz has measured a deficit of electron antineutrinos from the nuclear plant 1 km away from the reactors, and it has observed the distortion in the antineutrino energy spectrum, demonstrating the disappearance of the neutrinos due to oscillations. Figure 3 shows the spectrum of the 8249 neutrinos (points) measured over 227.9 days of data acquisition with respect to the 8936.8 neutrinos expected in case of no oscillations (blue dotted line) and the best fit to the data (red line) in the case of oscillations. This fit provides a mixing angle value of $\sin^2 2\theta_{13} = 0.109 \pm 0.039$. Therefore, the possibility of non-zero θ_{13} is excluded with a probability of 99.8%. These results have been later confirmed by other experiments in nuclear reactors in China and Korea. In the coming years, Double Chooz will improve the precision of the θ_{13} measurement thanks

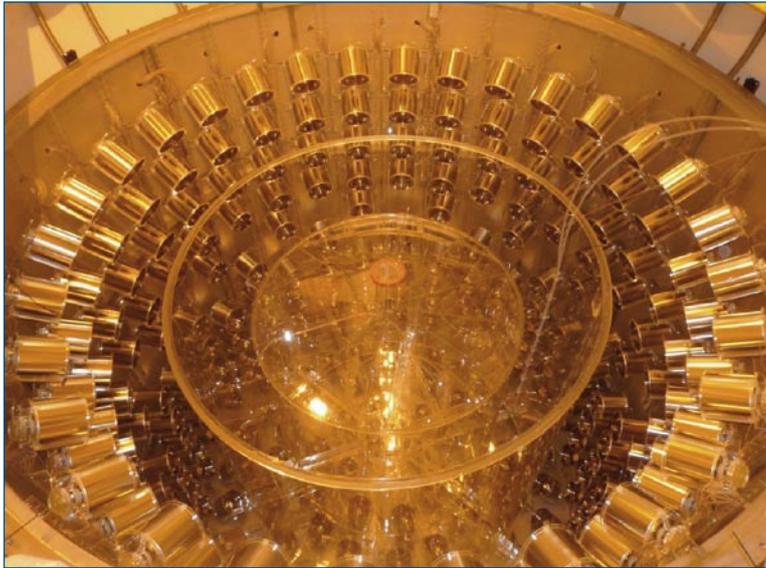


Figura 2. Vasijas centrales y fotomultiplicadores de uno de los detectores del experimento Double Chooz.
Figure 2: Central vessels and photomultipliers of one of the Double Chooz experiment detectors.

verso en expansión y enfriándose hasta llegar a nuestra época como un fondo de neutrinos. Debido a la bajísima energía de estos neutrinos (menor que 1 eV, un millón de veces menor que la de los producidos en una central nuclear) la probabilidad de que sean alguna vez detectados de manera directa es ínfima. Sin embargo, se conoce su existencia gracias a medidas indirectas de observables cosmológicos como las anisotropías del fondo cósmico de microondas o la formación de estructuras a gran escala. Estas medidas han proporcionado información sobre la suma de las masas de los neutrinos ($< 0,23$ eV) y sobre el número efectivo de neutrinos $N_{\text{eff}} = 3,30 \pm 0,27$ [4]. Esta última medida es de gran importancia ya que podría confirmar la existencia de un cuarto tipo de neutrino que debería ser estéril, es decir, que no siente la fuerza débil como el resto de neutrinos y no interactúa con la materia conocida, explicando las anomalías observadas en algunos experimentos de neutrinos compatibles con oscilaciones moduladas por un Δm^2 varios órdenes de magnitud mayores que los conocidos. En la actualidad se están planteando y ya construyendo numerosos experimentos con el objetivo de descubrir este hipotético neutrino.

MENSAJEROS DEL UNIVERSO

Los neutrinos son también mensajeros de los fenómenos que ocurren en el Universo. Al ser partículas neutras que interactúan muy débilmente con la materia, no se desvían de su trayectoria a diferencia de los protones o los fotones y proporcionan información directa de la fuente que los produjo. Los únicos neutrinos extragalácticos que se han detectado le valieron el premio Nobel de Física a Koshiba en 2002. En 1987 una estrella apareció en el cielo pudiendo observarse a simple vista. Era la supernova SN1987A situada en la Gran Nube de Magallanes, a unos 160000 años luz de la Tierra. Los detectores Kamiokande en Japón, IMB en Estados Unidos y Baksan en Rusia midieron un exceso entre 11 a 5 neutrinos en cada detector en un intervalo de tiempo de menos de 13 segundos. Unas horas más tarde los astrónomos observaron la luz visible de la supernova ya que los fotones son emitidos más tarde que los neutrinos en el proceso de explosión de la supernova. Aunque la muestra de neutrinos fue muy pequeña, sirvió para comprobar algunos modelos teóricos de supernovas y estableció el inicio de la astronomía de neutrinos.

to increased statistics and the use of its two detectors. Because the value of θ_{13} is higher than expected, the possibilities of measuring CP violation in the lepton sector with conventional neutrino beams in the next few years have increased.

The CIEMAT experimental neutrino physics group is actively participating in the Double Chooz experiment, both in the construction, installation and commissioning of the detectors and in the data taking and subsequent analysis.

NEUTRINO MASS

Any measurement that involves neutrinos is very complicated but the measurement of their mass is perhaps the hardest, considering how extremely small it is – a million times less than the electron mass, which in turn is a thousand times lighter than the proton. It is not possible to get information on the absolute neutrino mass value from oscillation experiments, since the probability of one type of neutrino oscillating to another is proportional to the difference between their squared masses.

The effects of the neutrino mass itself can be observed in phenomena such as nucleus and particle decays through weak interactions, in which the energy and momentum of the decay products depend on the neutrino mass. These methods are called “direct” and to date they have only managed to set upper limits, primarily thanks to the analysis of the energy spectrum of the electron produced in tritium beta decay: $m(\nu_e) < 2.3$ eV [2]. New experiments may soon be able to measure masses of up to some 0.2 eV. There are other kinds of processes that can “indirectly” obtain information on neutrinos, since their amplitude depends on the value of the neutrino mass. The most promising is the neutrinoless double beta decay, which can only happen if the neutrino is a Majorana particle (i.e., if neutrino and antineutrino are the same particle) – which is still unknown – and if the neutrino has mass. The two electrons produced in the decay would provide a clear signature of this process, which would enable its detection in spite of its low probability. At present there are several experiments under way that are trying to detect this rare decay, but to date they have only succeeded in setting an upper limit on the neutrino mass of 0.3-0.6 eV [3].

NEUTRINOS AND COSMOLOGY

Cosmology also provides valuable information on neutrino mass and other properties such as the number of families, as these are a fundamental ingredient of the Universe. Neutrinos must have been the first particles to decouple from the primordial plasma 1 s after the Big Bang; they continued to diffuse and cool in the expanding Universe until arriving in our era as a neutrino background. Due to the very low energy of these neutrinos (less than 1 eV – one million times less than that of neutrinos produced by a nuclear power plant), the probability that they will someday be directly detected is extremely low. However, their existence is known thanks to indirect measurements of cosmological observables such as anisotropies of the

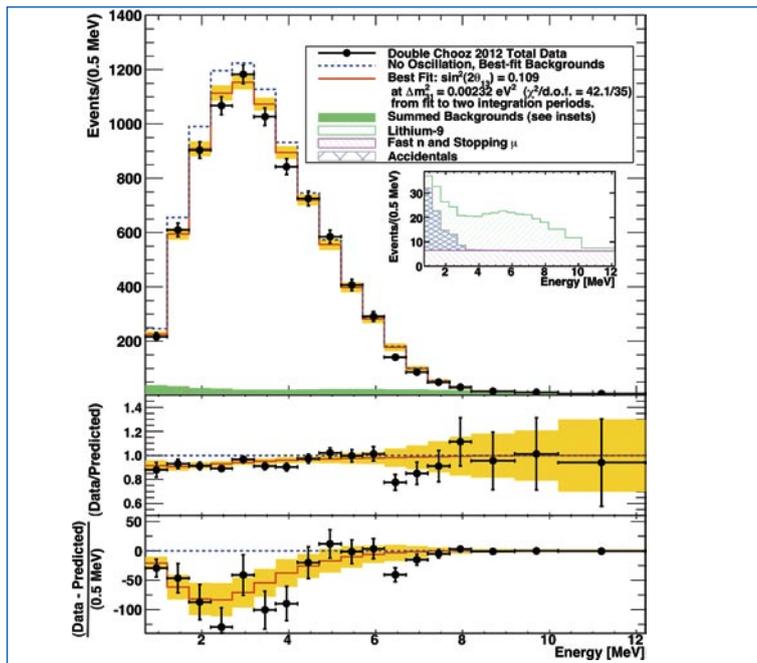


Figura 3. Comparación del espectro energético de los neutrinos medidos en Double Chooz (puntos), el espectro esperado en caso de no haber oscilaciones (línea azul punteada) y el mejor ajuste a los datos (línea roja) en caso de oscilaciones. Figure 3: Comparison of the energy spectrum of the neutrinos measured in Double Chooz (points), the expected spectrum if case of no-oscillations (blue dotted line) and the best fit to the data (red line) in the case of oscillations.

En conclusión, los neutrinos son todavía partículas muy desconocidas a pesar de jugar un papel muy importante en física de partículas, astropartículas y cosmología. Los datos experimentales han demostrado que los neutrinos oscilan y que por tanto tienen masa. Esto ha supuesto la primera evidencia de física más allá del Modelo Estándar y ha generado nuevos interrogantes todavía no resueltos que podrían explicar cuestiones fundamentales en física. En particular, queda por conocer cuál es el valor de la masa de los neutrinos, si los neutrinos son sus propias antipartículas, cuál es el neutrino más pesado, si violan o no la simetría CP, por qué son mucho más ligeros que el resto de leptones, si existen más de 3 tipos de neutrinos... Para abordar en los próximos años todos estos interrogantes será necesario desarrollar un ambicioso programa experimental internacional que incluya el diseño de nuevos haces intensos de neutrinos y antineutrinos junto con enormes y precisos detectores situados a diferentes distancias de la fuente e instalados bajo tierra. Los grupos experimentales de neutrinos y en concreto, el grupo del CIEMAT, estamos trabajando en el desarrollo de tecnología y nuevas técnicas de detección que permitan alcanzar estos objetivos.

REFERENCIAS / REFERENCES

- [1] Y. Abe et al. (Double Chooz Collaboration). "Reactor electron antineutrino disappearance in the Double Chooz experiment", Phys. Rev. D86 (2012) 052008.
- [2] Ch. Kraus et al. "Final results from phase II of the Mainz neutrino mass search in tritium beta decay", Eur. Phys. J. C40 (2005) 447-468.
- [3] A.S. Barabash. "Double beta decay experiments: beginning of a new era". arXiv: 1209.4241.
- [4] Ade et al. (Planck Collaboration). "Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters". P.A.R. Ade et al. (Planck Collaboration), arXiv:1303.5076.

cosmic microwave background or the large-scale structure formation. These measurements have provided information on the sum of neutrino masses (< 0.23 eV) and on the effective number of neutrinos $N_{\text{eff}} = 3.30 \pm 0.27$ [4]. This latter measurement is very important because it could confirm the existence of a fourth type of neutrino that should be sterile, i.e., it does not feel the weak force like the rest of neutrinos do and it does not interact with known matter, thus explaining the anomalies observed in some neutrino experiments compatible with oscillations modulated by a Δm^2 several orders of magnitude larger than the known ones. This is currently being studied, and many experiments are already being built in order to discover this hypothetical neutrino.

MESSENGERS OF THE UNIVERSE

Neutrinos are also messengers of the phenomena that occur in the Universe. Since they are neutral particles that interact very weakly with matter, they do not deviate from their trajectory, unlike protons or photons, and they provide direct information on the source that produced them. The only extragalactic neutrinos that have been detected won the Nobel Prize in Physics for Koshiba in 2002. In 1987, a star appeared in the sky that could be observed with the naked eye. It was the supernova SN1987A located in the Large Magellanic Cloud, some 160000 light years from the Earth. The Kamiokande (in Japan), IMB (in the U.S.) and Baksan (in Russia) experiments measured an excess of between 11 to 5 neutrinos in each detector in a time interval of less than 13 seconds. Some hours later, the astronomers observed the visible light of the supernova, since photons are emitted later than neutrinos in the supernova explosion process. Although the sample of neutrinos was very small, it served to confirm some theoretical supernova models and established the beginning of the neutrino astronomy.

To conclude, neutrinos are particles that are still not well known even though they play a very important role in particle and astroparticle physics and cosmology. Experimental data have demonstrated that neutrinos oscillate and that they therefore have mass. This has been the first evidence of physics beyond the Standard Model and it has raised new still unanswered questions that could explain fundamental issues in physics. In particular, it is still not known what the neutrino mass value is, if neutrinos are their own antiparticles, what the heaviest neutrino is, whether or not they violate the CP symmetry, why they are much lighter than the rest of the leptons, if more than 3 types of neutrinos exist, etc. To address all these questions in the coming years, an ambitious international experimental program will have to be developed including the design of new intense neutrino and antineutrino beams together with large, accurate underground detectors located at different distances from the source. The experimental neutrino groups, and in particular the CIEMAT group, are working on the development of technologies and new detection techniques to achieve these goals.

Antonio PICH ZARDOYA

El Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN): situación actual y perspectivas futuras

The National Center for Particle, Astroparticle and Nuclear Physics (CPAN): Current situation and future prospects

Antonio Pich es doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Valencia. Ha trabajado como investigador en el *Max Planck-Institut für Physik* de Munich (Alemania, 1984-1986) y en el CERN (Ginebra, Suiza, 1987-1993). En 1994 se incorporó al IFIC de Valencia, primero como investigador del CSIC y más tarde (1998) como catedrático de Física Teórica de la Universidad de Valencia. Entre otros cargos ha sido director del IFIC (1999-2003), coordinador del CSIC en la Comunidad Valenciana (2003-2009) y coordinador de la red europea FLAVIANet sobre física de quarks [2006-2010, <http://ific.uv.es/flavianet/>]. Tiene una extensa lista de publicaciones en revistas internacionales de gran prestigio de física de partículas y ha dirigido y colaborado en múltiples proyectos de investigación tanto en España como en el extranjero. Su actividad de investigación se centra en el estudio de los constituyentes elementales de la materia y las fuerzas que rigen su estructura al nivel más básico. Actualmente es editor del *International Journal on High Energy Physics* (JHEP, <http://jhep.sissa.it/jhep/>, 1997-2013) y coordinador del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear [<http://www.i-cpan.es/>, proyecto Consolider-CPAN, 2007-2014].



Con objeto de dar un salto definitivo hacia delante y consolidar nuestra comunidad en el contexto internacional, se propuso hace unos años la creación de un Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear. Así surgió, en el marco del Programa *Ingenio 2010*, el Proyecto *Consolider CPAN*, que se aprueba a finales de 2007 y empieza a funcionar al año siguiente. Es ésta una buena ocasión para hacer balance de lo que el CPAN ha supuesto y de cuáles son las perspectivas futuras.

En 1983 tiene lugar la reincorporación de España al CERN y en 1984, se pone en marcha el “Programa Movilizador en Física de Altas Energías”. Se trataba en ese momento de una iniciativa pionera en nuestro país que introducía métodos modernos de evaluación y nuevos instrumentos en nuestro sistema de I+D. El resultado es que, a lo largo de estos últimos 30 años, la actividad científica e investigadora española en Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear ha experimentado un extraordinario desarrollo, y ello a pesar de arrancar con bastante retraso, en comparación con otros países de nuestro entorno.

La participación en el actual programa central del CERN, esto es el LHC y los experimentos que allí se están llevando a cabo (Atlas, CMS, LHC-b y Alice), constituye un buen ejemplo del nivel alcanzado por nuestra comunidad. La contribución española

a todos ellos ha sido muy visible, con una importante componente tecnológica, e incluso industrial, en la construcción de los detectores, y con una relevante aportación científica a la actividad de análisis de datos y obtención de resultados de física, particularmente en el descubrimiento del bosón de Higgs que tanta expectación está levantando desde que se hizo público el año pasado. Sin duda, el esfuerzo realizado durante tantos años y el apoyo institucional con el que hemos contado han merecido la pena. Es por ello más relevante, si cabe, consolidar ahora lo alcanzado y asegurar un nivel de organización que nos permita mejorar la presencia española de cara al futuro en los grandes proyectos internacionales y competir en régimen de igualdad con los países europeos más avanzados.

¿Qué pueden tener en común las áreas de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear, y por qué hacía falta crear un Centro Nacional como el CPAN? Aunque cada una de esas áreas tiene sus peculiaridades, hay características comunes a todas ellas. No es simple casualidad que sea a través del Programa FPA (Física de Partículas y Aceleradores) como se canaliza la financiación del Plan Nacional de I+D+i a la gran mayoría de los proyectos de investigación relacionados con todas estas especialidades. En primer lugar, se trata de un tipo de investigación que requiere necesariamente un marco de grandes colaboraciones

internacionales y amplios plazos para su desarrollo. Los proyectos a realizar tienen cada vez mayor envergadura. Los experimentos son, cada vez más, muy complejos tecnológicamente, y requieren recursos e infraestructuras difícilmente accesibles a grupos aislados.

Es evidente que la coordinación nacional a través del CPAN contribuiría a conseguir una mayor visibilidad y peso específico de los grupos españoles en los grandes proyectos internacionales, que se podría traducir en mayores retornos científicos y tecnológicos para nuestro país. Permitiría vertebrar la participación en futuros experimentos, establecer prioridades, optimizar el uso de recursos, y emprender actividades de I+D de interés común pero no accesibles a cada grupo por separado. El CPAN podría actuar como interlocutor, y como instrumento fundamental, a la hora de asesorar en la elaboración de la política científica en estas líneas de I+D. Algo tan evidente no podía haber pasado desapercibido mucho tiempo. Y no lo ha hecho. No es la primera vez que nuestra comunidad se ha puesto de acuerdo en proponer la creación de un centro nacional. Por eso no fue difícil conseguir que el proyecto *Consolider CPAN* lo firmaran todos los grupos investigadores españoles con entidad en estos campos de investigación. Ciertamente es también que la existencia de centros nacionales en otros países europeos nos muestra claramente que éste es el camino a seguir. Baste ver lo bien que ha funcionado el IN2P3 en Francia o el INFN en Italia.

¿Hemos conseguido con la puesta en marcha del *Consolider CPAN* todos esos objetivos? Sólo parcialmente. En la propuesta presentada en 2007 nos marcábamos una doble línea de actuación durante los primeros tres años de ejecución del proyecto. Por una parte debíamos preparar todo lo necesario para la creación de un Centro Nacional, con carácter estable. Por otra parte, debíamos además demostrar que desde el punto de vista científico el CPAN proporcionaba ese valor añadido al que antes nos referíamos. Para lo cual, definimos una serie de líneas estratégicas prioritarias en las que concentrar nuestra actuación. Claramente en física de partículas la prioridad estaba en la física asociada al LHC. En astropartículas se decidió apoyar fundamentalmente los experimentos del LSC (Laboratorio Subterráneo de Canfranc), así como algunos otros en los que la comunidad española había invertido importantes recursos como por ejemplo Magic, AMS y Auger. En física nuclear, la prioridad se centró en la I+D de cara a la futura instalación internacional FAIR. En una cuarta línea de acción estratégica se integraba el estudio y evaluación del interés de posibles futuras instalaciones en física de neutrinos, colisionadores lineales, etc.

Además de estas líneas estratégicas específicas, consideramos necesario complementar la actuación del CPAN incluyendo entre sus objetivos una serie de acciones “horizon-

Antonio Pich made his PhD at the University of Valencia. He has worked as a researcher in the Max Planck-Institut für Physik de Munich (Germany, 1984-1986) and at CERN (Geneva, Switzerland, 1987-1993). In 1994 he joined the IFIC of Valencia, first as a CSIC researcher and later (1998) as Professor of Theoretical Physics of the University of Valencia. He has been director of the IFIC (1999-2003), coordinator of the CSIC in the Valencia Region (2003-2009) and coordinator of the European network FLAVIANet on quark physics [2006-2010, <http://ific.uv.es/flavianet/>]. He has a long list of publications in very prestigious international particle physics journals, and he has directed and collaborated in multiple research projects both in Spain and abroad. His research activity focuses on the study of the elementary components of matter and the forces that govern their structure at the most basic level. He is currently editor of the International Journal on High Energy Physics (JHEP, <http://jhep.sissa.it/jhep/>, 1997-2013) and coordinator of the National Center for Particle, Astroparticle and Nuclear Physics” [<http://www.i-cpan.es/>, project *Consolider-CPAN*, 2007-2014].

In order to take a definitive step forward and consolidate our community in the international arena, a proposal was made some years ago to create a National Center for Particle, Astroparticle and Nuclear Physics. This gave rise, in the framework of Program Ingenio 2010, to the Consolider-CPAN Project which was approved in late 2007 and began to function the following year. This is a good occasion to review what CPAN has done and what its future prospects are.

In 1983, Spain rejoined CERN and in 1984 the “High Energy Physics Mobilizing Program” was launched. At the time this was a pioneering initiative in our country that introduced modern evaluation methods and new instruments into our R&D systems. The result is that, over the last 30 years, the Spanish scientific and research activity in Particle, Astroparticle and Nuclear Physics has been developed to an extraordinary degree, and that in spite of the delay in getting started compared to other countries around us.

The participation in the current core program of CERN, i.e. the LHC and the experiments being carried out there (ATLAS, CMS, LHC-b and ALICE), is a good example of the level achieved by our community. The Spanish contribution to all of them has been very visible, with a significant technological and even industrial component for construction of the detectors and with a relevant scientific contribution to the data analysis and obtainment of physics results, particularly in the discovery of the Higgs boson, which has been the object of such attention since it was made public last year. There is no doubt that the efforts made over so many years and the institutional support we have received have all been worth it. It is therefore even more important now to consolidate our accomplishments and secure a level of organization that enables us to improve the future Spanish presence in major international projects and compete as equals with the most advanced European countries.

What do the areas of Particle, Astroparticle and Nuclear Physics have in common, and why was it necessary to create a National Center like CPAN? Although each of these areas has its own peculiarities, they share many common characteristics. It is not pure chance that it is via Program FPA (Particle and Accelerator Physics) that the funding of the National R&D&I Plan is channeled to the large majority of the research projects related to all these fields. First of all, this is a type of research that necessarily requires a framework of large international collaborations and long periods of time for development. The projects to be executed

Todavía está pendiente de conseguir nuestro objetivo fundamental: la creación de un Centro Nacional con carácter estable ”

tales”. En primer lugar, la formación de personal científico y técnico en general, pero con especial énfasis en algunos campos en los que nuestro país era especialmente deficitario (como por ejemplo el de I+D en ciencia y tecnología relacionada con aceleradores de partículas). En segundo lugar, la promoción de todo lo relacionado con transferencia de *know-how* y de tecnología, y un esfuerzo especial en impulsar todos los aspectos relacionados con la difusión y divulgación de la cultura científica a la sociedad.

Salvo en lo que se refiere a la creación del Centro Nacional con carácter estable, el CPAN ha cumplido razonablemente bien con las expectativas en todos estos objetivos. Su papel ha sido esencial a la hora de resolver los problemas más urgentes con los que se enfrentaban todos los grupos. A destacar, entre los puntos débiles, la necesidad de incorporar a los proyectos personal técnico especializado. El CPAN ha subvencionado en estos últimos cinco años un total de 145 contratos de diferentes tipos. Gracias a ello, se han podido por ejemplo cumplir compromisos tan críticos como los de asegurar la operación y el mantenimiento en el CERN de detectores construidos por grupos españoles para los experimentos del LHC. Esto ha hecho posible que los experimentos iniciaran su andadura con gran éxito y, en particular, con todos los dispositivos bajo responsabilidad española funcionando perfectamente. Muchos han sido los logros científicos que podrían contabilizarse como fruto de la ayuda del CPAN, pero no cabe en este breve artículo hacer una relación detallada.

Mención especial merece el esfuerzo que el CPAN ha realizado en lo referente a divulgación y actividades de formación a todos los niveles. Una visita a la página web del CPAN (www.i-cpan.es) puede dar una idea de la labor que se está desarrollando. Durante los últimos cinco años, el CPAN ha financiado 25 escuelas internacionales, ofertando formación de posgrado avanzada en un amplio abanico de temáticas, y ha fomentado la organización en nuestro país de un elevado número de talleres y congresos especializados. Con el apoyo entusiasta de nuestros más jóvenes investigadores, se ha creado un servicio de comunicación y divulgación que en poco tiempo ha sido capaz de generar un notable impacto con actividades dirigidas a distintos sectores de la sociedad: notas de prensa, artícu-

have an increasingly broad scope. The experiments are more and more technologically complex and require resources and infrastructures that are hard to access by isolated groups.

It is obvious that national coordination through CPAN would help to achieve greater visibility and specific weight for the Spanish groups in large international projects, which could result in greater scientific and technological returns for our country. It would provide the backbone for participation in future experiments and help to establish priorities, optimize the use of resources and undertake R&D activities of common interest but not separately accessible to each group. CPAN could act as a mouthpiece, and as a fundamental instrument, when advising on the formulation of scientific policy in these lines of R&D. Something so evident could not have gone unnoticed for long. And it has not. It is not the first time that our community has agreed on proposing the creation of a national center. For that reason it was not difficult to have the Consolider-CPAN project signed by all the Spanish research groups with a presence in these fields of research. It is also true that the existence of national centers in other European countries clearly shows us that this is the way to go. It suffices to see how well the IN2P3 has worked in France or the INFN in Italy.

Have we achieved all those objectives with the implementation of Consolider-CPAN ?. Only partially. In the proposal submitted in 2007, we set out a dual course of action for the first three years of project execution. On one hand, we had to prepare everything needed for the creation of a National Center on a stable basis. On the other hand, we had to demonstrate that, from a scientific perspective, CPAN provided that added value to which we have referred before. For this purpose, we defined a series of strategic priorities on which to focus our actions. Clearly, in particle physics, the priority was the physics associated with the LHC. In astroparticle physics, it was decided to basically support the LSC (Canfranc Underground Laboratory) experiments, as well as others in which the Spanish community had invested considerable resources, e.g. MAGIC, AMS and Auger. In nuclear physics, the priority focused on R&D for the future international facility FAIR. A fourth strategic action included the study and evaluation of the interest of possible future facilities for neutrino physics, linear colliders, etc.

In addition to these specific strategic lines, we considered it was necessary to complement the CPAN activities by including among its objectives a series of “horizontal” actions. The first was the training of scientific and technical personnel in general, but with special emphasis on some fields in which our country was particularly lacking (e.g. R&D in particle accelerator-related science and technology). The second was the promotion of everything related to the transfer of know-how and technology, and a special effort to support all aspects related to the dissemination and disclosure of scientific culture to society.

Except for the creation of the National Center on a stable basis, CPAN has achieved all these objectives reasonably well. Its role has been essential to solve the most urgent problems faced by all the groups. Of note among the weaknesses is the need to include specialized technical personnel in the projects. In the past 5 years, CPAN has subsidized a total of 145 contracts of various types. Thanks to this, it has been possible, for example, to fulfill such critical commitments as ensuring the operation and maintenance in the CERN of detectors built by Spanish groups for the LHC experiments. This has made it possible for the experiments to begin functioning with great success, and in particular for all the devices under Spanish responsibility to work flawlessly. There have been many scientific accomplishments that could be counted as

los de divulgación, exposiciones, charlas en institutos de enseñanza secundaria, concursos de material divulgativo, comunicación vía web, etc. El CPAN ha prestado también una atención especial al desarrollo de tecnologías avanzadas y su posible transferencia a otros sectores, apoyando proyectos concretos en fase de maduración y fomentando la colaboración y el flujo de información entre investigadores y empresas.

El CPAN ha jugado un papel importante, no sólo a la hora de consolidar y reforzar a los grupos, sino también en lo que se refiere a cómo implementar la forma en la que está estructurada la comunidad. En el marco del CPAN se ha impulsado el buen funcionamiento de redes temáticas ya existentes, y al mismo tiempo se ha promovido la creación de algunas nuevas. Cabe calificar como especialmente positiva, por lo bien que ha funcionado como foro de discusión de toda la comunidad española, la realización de las Jornadas CPAN que con carácter anual se llevan a cabo desde 2009. La coordinación impulsada por el CPAN, reconocida y aceptada por toda la comunidad, ha permitido por ejemplo mantener una postura unitaria en la puesta al día de la "Estrategia Europea de Física de Partículas", que se ha llevado a cabo recientemente. Fue responsabilidad del CPAN coordinar y preparar la documentación a presentar, con la posición y los intereses de los grupos españoles. El CPAN también ha ido asumiendo labores de representación de nuestra comunidad en distintos foros internacionales (EPCCN, EPPOG, HEPTech, etc.), donde anteriormente carecíamos de una presencia estable, y se está consolidando como el interlocutor natural frente a organismos internacionales e instituciones de otros países con competencias en nuestro ámbito temático de actuación.

Todo lo expuesto hasta ahora indicaría que el balance ha sido positivo. Más aún, teniendo en cuenta el éxito obtenido recientemente con el descubrimiento del bosón de Higgs. Pero está todavía pendiente de conseguir nuestro objetivo fundamental: la creación de un Centro Nacional con carácter estable. El CPAN existe y funciona satisfactoriamente, pero de momento tiene fecha de caducidad: la que oficialmente nos proporciona la etiqueta de *Proyecto Consolider* hasta finales de 2014, teniendo en cuenta la prórroga de dos años aprobada en 2012. Ciertamente los momentos de crisis económica por los que atravesamos, que han coincidido en el tiempo con modificaciones importantes del marco legislativo de la I+D, no han sido los más propicios para la consolidación del CPAN. Muy probablemente ha sido esta crisis, en buena medida, la razón por la que hemos llegado a este momento crítico sin una respuesta clara a la pregunta de cómo dar continuidad y estabilidad al CPAN. Pero ya no se puede esperar mucho más tiempo. El riesgo está en que se acabe considerando que es necesario conservar el CPAN cuando ya sea demasiado tarde.

Our fundamental objective is yet to be achieved: the creation of a National Center on a stable basis ”

fruits of CPAN assistance, but there is no room in this brief article to provide a detailed list.

Of special mention is the effort that CPAN has made in the area of dissemination and training activities at all levels. A look at the CPAN Website (www.i-cpan.es) gives an idea of the work that is being carried out. During the last 5 years, CPAN has financed 25 international schools, offering advanced post-grad training in a wide range of subjects, and it has promoted the organization in our country of a large number of specialized workshops and congresses. With the enthusiastic support of our youngest researchers, a communications and information service has been created that in a short time has been able to make a significant impact with activities targeting different sectors of society: press releases, informative articles, exhibits, lectures in secondary schools, publicity material contests, Web communications, etc. CPAN has also paid special attention to the development of advanced technologies and their possible transfer to other sectors, supported specific maturing projects and fostered collaboration and the flow of information between researchers and enterprise.

CPAN has played an important role not only to consolidate and strengthen the groups, but also with regard to the way in which the community is structured. In the framework of CPAN, an effort has been made to ensure that already existing thematic networks are functioning well, and at the same time the creation of some new ones has been promoted. We could qualify as especially positive the CPAN Meetings that have been held annually since 2009 because of how well they have functioned as a discussion forum for the entire Spanish community. The coordination offered by CPAN, recognized and accepted by the entire community, has made it possible, for example, to take a unified stand in the updating of the "European Particle Physics Strategy" which took place recently. It was the CPAN's responsibility to coordinate and prepare the documentation to be submitted with the position and interests of the Spanish groups. CPAN has also increasingly represented our community in different international forums (EPCCN, EPPOG, HEPTech, etc.) where we previously did not have a stable presence, and it is consolidating its capacity as a natural liaison with international bodies and institutions from other countries with competences in our thematic field of action.

All the above would seem to indicate that the balance has been positive, and more so considering the success recently obtained with the discovery of the Higgs boson. But our fundamental objective is yet to be achieved: the creation of a National Center on a stable basis. CPAN exists and functions satisfactorily, but for now it has an expiration date; the Consolider project label officially says until the end of 2014, counting the two-year extension approved in 2012. The economic crisis we are currently experiencing, which has coincided in time with important modifications of the R&D legislative framework, has certainly not been helpful for the consolidation of CPAN. It is very likely that this crisis has, to a great extent, been the reason why we have reached this critical moment without a clear answer to the question of how to give continuity and stability to CPAN. But we cannot wait much longer. The risk is that, when it is finally deemed necessary to conserve CPAN, it might be too late.

Parada técnica del LHC

En día 14 de febrero, el centro de control del CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas) extrajo los últimos haces de protones del LHC (*Large Hadron Collider*, Gran Colisionador de Hadrones), dando por concluida la primera etapa de funcionamiento del acelerador de partículas más grande del mundo.

Durante los tres años en los que el LHC ha estado funcionando se han conseguido importantes avances en Física, como el descubrimiento de la partícula que pudiera ser el bosón de Higgs. Así pues, se considera un éxito el trabajo desarrollado gracias a la existencia del LHC, siendo muy numerosas las publicaciones científicas a las que ha dado lugar. En la nota de prensa emitida por el CERN, su director general, Rolf Heuer, afirmaba: "La máquina, los experimentos, los sistemas de computación y todas las infraestructuras se han comportado de forma brillante, y tenemos un descubrimiento crucial en nuestro haber".

Hasta su parada, desde el comienzo de 2013, el LHC ha estado provocando colisiones de protones con núcleos de plomo para desentrañar cómo era la materia en el instante inmediatamente posterior al *Big Bang*.



Sección del detector central de CMS en el CERN.

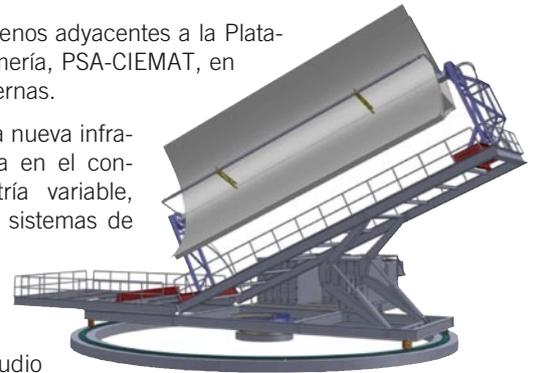
Durante los meses en los que permanecerá en "gran parada" (LS1, *long shutdown*) se realizarán trabajos de consolidación y mantenimiento en toda la cadena de aceleradores del CERN, con vistas a operar el LHC a mayor energía. La actividad del LHC comenzará de nuevo a principios de 2015. Mientras tanto, los investigadores podrán seguir trabajando en el análisis de los datos obtenidos hasta el momento de la parada técnica. ■

Comienzan los trabajos de una nueva instalación en el CTAER

En marzo, la Fundación Centro Tecnológico de Energías Renovables, CTAER, firmó con la ingeniería IDOM el contrato para acometer los trabajos de la que será la instalación de ensayos de geometría variable para la evaluación y caracterización solares de tipología canal parabólico de CTAER. Esta nueva instalación se

ubicará en los terrenos adyacentes a la Plataforma Solar de Almería, PSA-CIEMAT, en el desierto de Tabernas.

El proyecto de esta nueva infraestructura se basa en el concepto de geometría variable, que permite a los sistemas de captación *seguir* los movimientos del sol. Esta particularidad permitirá el estudio



CTAER -Infografía de los innovadores canales parabólicos.

de nuevos componentes y sistemas, el análisis y evaluación de los diferentes elementos de la misma, haciendo posible el desarrollo y validación experimental de propuestas de normativa y procedimientos estándares de caracterización y evaluación de los captadores de canal parabólico que se utilizarán en esta instalación. ■

Inauguración oficial de ALMA

El *Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array*, ALMA, el mayor radiotelescopio del mundo, fue inaugurado oficialmente el 13 de marzo de este año aunque lleva funcionando desde finales de 2011. Está ubicado en el Llano de Chajnantor, en la Región de Antofagasta en Chile, a 5000 metros de altitud. Cuando tenga su equipamiento completo, dispondrá de 66 antenas que observarán ondas milimétricas y sub-milimétricas.

ALMA es un interferómetro, por lo que todas las antenas trabajan al unísono conformando así un enorme telescopio de un diámetro equivalente a la distancia entre las dos antenas más lejanas entre sí. Los datos recogidos por las antenas son procesados por el computador *Correlacionador*, que combina la información de todas las antenas para generar una imagen.

El tiempo de uso se distribuye entre Chile (con un 10% del total) y Europa, Estados Unidos, Canadá y Japón, colaboradores en la construcción de ALMA.



La majestuosa Vía Láctea cae sobre ALMA.
© ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), C. Padilla

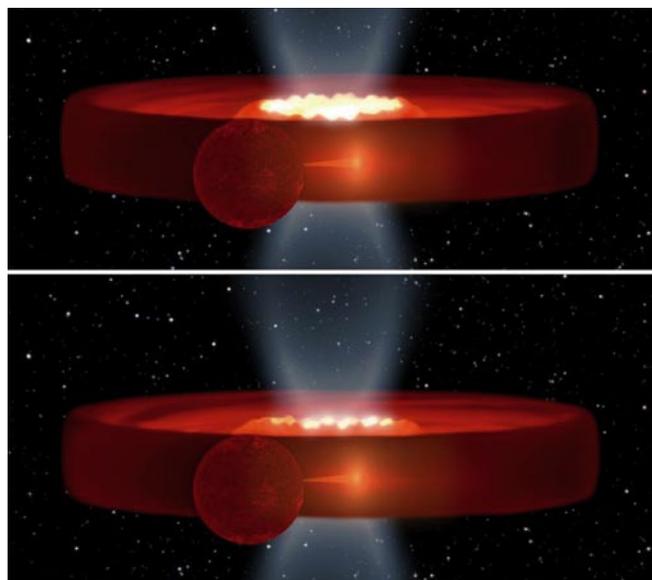
Las observaciones realizadas con ALMA han permitido constatar que los estallidos de formación estelar más potentes del cosmos tuvieron lugar mucho antes de lo que se pensaba, como demuestran los resultados publicados en *Nature* en marzo de 2013. Se cree que los estallidos de formación estelar más intensos tuvieron lugar en el universo temprano en galaxias masivas y brillantes. La sensibilidad de ALMA permitió captar la luz de 26 galaxias en longitudes de onda de alrededor de tres milímetros.

ALMA es una instalación astronómica internacional, colaboración entre Europa (lideradas por ESO, *European Organisation for Astronomical Research*), América del Norte (liderada por NAOJ, el *National Radio Astronomy Observatory*) y Asia Oriental (liderada por NAOJ, el Observatorio Astronómico Nacional de Japón) en cooperación con la República de Chile. ■

Misteriosa estructura de un agujero negro situado de canto □

Investigadores del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) han descrito la estructura del sistema binario *Swift J1357.2-0933* formado por una estrella *normal* que está siendo *devorada* por un agujero negro de al menos tres veces la masa del Sol. Este descubrimiento ha sido publicado en la prestigiosa revista *Science*.

La investigación desarrollada en el IAC ha estudiado el sistema durante la fase de erupción ocurrida en 2011, lo que no es particularmente sencillo puesto que este evento se produce con una frecuencia de decenas o cientos de años. El sistema binario *Swift J1357.2-0933* presenta un agujero negro oscurecido por un disco de gas que lo rodea y que presenta una estructura vertical que se va expandiendo con el tiempo. En palabras de uno de los investigadores del IAC, Jesús Corral, esta estructura podría recordarnos a una especie de *donut* que va creciendo con los días. La relevancia del descubrimiento radica en que es



Simulación estructura J1357. © Gabriel Pérez Díaz, IAC (Servicio Multimedia).

la primera vez que se observa un sistema de este tipo con tan alta inclinación (al menos de 75 grados) y que ha permitido detectar también, por primera vez, eclipses de brillo producidos por esta curiosa e inédita estructura.

Otro de los investigadores del IAC, Jorge Casares, coautor del artículo y director de la investigación explica que “es posible que este tipo de estructuras esté presente en todas o muchas binarias de rayos X, conjunto de sistemas al que pertenece *Swift J1357.2-0933*. De esta manera, el objeto que hemos observado podría ser el prototipo de una población hasta ahora oculta de sistemas con muy alta inclinación en los que el agujero negro se encuentra oscurecido”. ■

El CIEMAT diseña el criostato del JT-60SA □

La base del criostato del dispositivo de fusión japonés, el JT-60SA, tipo *Tokamak* similar al ITER (Reactor Termonuclear Experimental Internacional), fue diseñada íntegramente por el CIEMAT y construida por la empresa española IDESA (Ingeniería y Diseño Europeo S.A.).

El 26 de marzo tuvo lugar en Naka, a unos 130 kilómetros al norte de Tokio, en Japón, la ceremonia de inicio del montaje del experimento de energía de fusión JT-60SA, con el ensamblaje del primer elemento del dispositivo, la “base del criostato”.

JT-60SA es un dispositivo de menor tamaño del que será ITER (unas ocho veces menor en volumen), que funcionará como *experimento satélite*. El objetivo es la exploración de nuevos regímenes de operación que serán los que en su día utilicen los reactores comerciales. La puesta en marcha de JT-60SA está prevista para principio de 2019.

El criostato es una gran vasija de vacío, de unos 13,5 metros de diámetro, 16 metros de altura y unas 500 toneladas de peso que envuelve al *Tokamak*, para mantenerlo a alto vacío; la base del criostato, realizada en acero inoxidable especial 304 y con un peso de 240 toneladas ha requerido un diseño muy elaborado para poder trabajar con grandes diferencias de temperatura y con pequeñas deformaciones. El sellado a vacío de las distintas piezas que componen la base del criostato se ha realizado *in situ* mediante soldadura “ligera” para evitar deformaciones posteriores. El diseño y los cálculos de ingeniería se han realizado en el CIEMAT y el componente lo ha construido la compañía Idesa, en Avilés. La participación de España en el proyecto JT-60SA se enmarca en un acuerdo bilateral Europa-Japón que en su día permitió traer a Europa el proyecto ITER. ■

Nuevo consejero para la I+D de la Comisión Europea □

Román Arjona ha sido nombrado, a primeros de abril, consejero para Asuntos Económicos de la Dirección General de Investigación e Innovación de la Comisión Europea, dejando su puesto como secretario general de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad. Desde esta nueva responsabilidad, Arjona se encargará de orientar las políticas de I+D de los estados miembros de la Unión Europea con la meta de

alcanzar los objetivos marcados por la estrategia “Europa 2020”. En base al análisis, la Comisión Europea elaborará las recomendaciones concretas sobre investigación e innovación para los 12-18 meses siguientes.

Otra de las misiones del nuevo consejero será la integración de la I+D en las principales políticas de la Unión Europea: energía, salud o deporte, y que se reconozca la aportación y el valor añadido que aporta la I+D a estas actividades.

En sustitución de Román Arjona, el Consejo de Ministros ha nombrado como nueva secretaria general de Ciencia, Tecnología e Innovación a M^a Luisa Poncela, que hasta ese momento era la directora general de Innovación y Competitividad. ■

Colaboración Chile-España □

La Comisión de Ciencias, Energías y Nuevas Tecnologías del Consejo Regional de Magallanes y Antártica Chilena colabora con el CIEMAT en un proyecto sobre gasificación de la biomasa: “Construcción, instalación y puesta en marcha de gasificadores de biomasa para comunidades aisladas”. En concreto es la Unidad de Valorización Energética de Combustibles y Residuos del Departamento de Energía del CIEMAT el que lleva años investigando en tecnologías de gasificación de biomasa y residuos.

Este proyecto se ejecuta en la Patagonia chilena, Región de Magallanes, y tiene por objetivo desarrollar la mejor tecnología de gasificación de biomasa para la generación de energía eléctrica o calefacción, según requerimientos locales. La gasificación de biomasa consiste en la conversión del combustible sólido en gas combustible, susceptible de ser utilizado directamente para generación de energía térmica o eléctrica, o como gas de síntesis; el CIEMAT tiene una gran experiencia en el desarrollo de gasificadores, así como en la tecnología asociada.

La Región de Magallanes de la Patagonia chilena posee 1382033 km² de extensión, de los cuales 132035 km² corresponden a territorio subantártico; alrededor del 53 % de su superficie corresponde a áreas silvestres protegidas estratificadas en reservas, monumentos naturales y parques nacionales bajo la administración de la Corporación Nacional Forestal (CONAF). La densidad de población no supera el habitante por kilómetro cuadrado, por lo que existen numerosos asentamientos que no disponen de red de energía eléctrica.

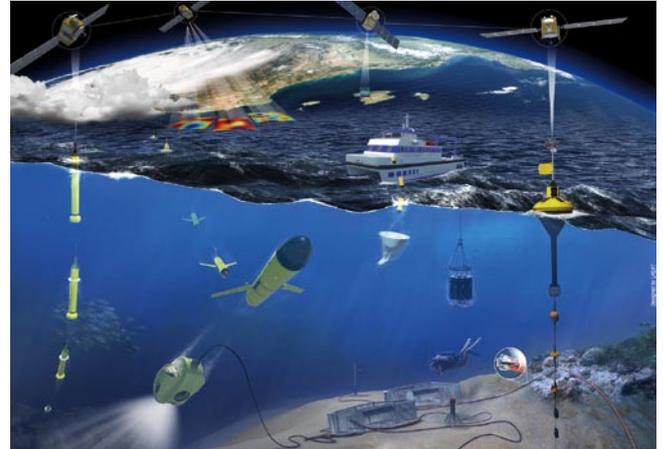


Primera reunión del comité de dirección de la colaboración Chile-España.

El Proyecto está financiado por el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico dentro del IV Concurso FONDEF Regional de Magallanes y la Antártica Chilena (Proyectos de Investigación y Desarrollo); y los participantes son: el Centro de Estudios de Recursos Energéticos (CERE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Magallanes (coordinador y principal ejecutor); la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura; la Secretaría Regional Ministerial de Energía; la Corporación Nacional Forestal (CONAF); la Empresa Monte Alto Forestal S.A.; y el CIEMAT, a través de la Unidad de Valorización Energética de Combustibles y Residuos de la División de Combustión y Gasificación. ■

España en vanguardia en sistemas de observación oceánicos □

El Sistema de Observación y Predicción Costero de las Islas Baleares (ICTS SOCIB) ha desarrollado una técnica que permitirá observar el océano en tiempo real, facilitando así la investigación en el mismo, situándose así en vanguardia europea y mundial en cuanto a nuevos sistemas de observación oceánicos. Una de las ventajas más sobresalientes de este nuevo sistema de observación y predicción costero es la disponibilidad de los datos que genera, disponibles a través de Internet en tiempo real, para todos los investigadores e interesados en conocerlos.



Póster SOCIB. Desarrollado por LADAT.

Se trata de un proyecto conjunto del Ministerio de Economía y Competitividad y el Gobierno de las Islas Baleares, lo que ha permitido contar con esta red de infraestructuras y plataformas marinas de observación y predicción integradas y abiertas a la colaboración internacional

La nueva técnica implica un doble cambio de paradigma, de utilizar una única plataforma de observación se pasa a emplear múltiples infraestructuras (cofinanciadas con fondos FEDER), como boyas fijas o de deriva, satélites, submarinos autónomos, radares HF, buques costeros como el nuevo catamarán SOCIB o perfiladores ARGO, entre otros. Una de las principales ventajas es disponer de los datos generados en tiempo real, pudiendo ser consultados a través de Internet por los investigadores y personas

ininteresadas, sin restricciones. Este trabajo de investigación ha sido recogido en la prestigiosa revista *Marine Technology Society Journal*, en su número 47 (enero/febrero de 2013).■

El CERN, premio Príncipe de Asturias de Investigación junto a los padres del bosón de Higgs □

El premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica 2013 ha sido concedido a los físicos teóricos Peter Higgs (Reino Unido), François Englert (Bélgica) y al Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN). Este premio reconoce la labor de ambos teóricos y de los miles de científicos del CERN en lo que fue sin duda uno de los hitos científicos más importantes de los últimos años: el hallazgo del llamado bosón de Higgs en el acelerador LHC del CERN (*Large Hadron Collider*, Gran Colisionador de Hadrones).

Esta partícula, predicha en 1964 por Peter Higgs, había sido buscada sin éxito durante casi 50 años: su importancia radica en el hecho de que consigue explicar el mecanismo subatómico a través del cual las partículas elementales adquieren masa. Su observación ha sido posible gracias al acelerador LHC y a sus dos experimentos principales, ATLAS y CMS. El CIEMAT como miembro del experimento CMS también es partícipe de este gran logro.■

Aprobado el Plan AIRE 2013-2016 □

El Consejo de Ministros aprobó el Plan AIRE 2013-2016, que establece el marco para mejorar la calidad del aire en España. El nombre completo es Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016, un plan consensuado con las administraciones implicadas y que incluye 78 medidas encaminadas a reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire en las ciudades.

El Plan contempla también medidas para la reducción de las emisiones producidas en sectores concretos (industria, construcción, transporte-tráfico, aeropuertos, agricultura y ganadería, residencial, comercial e institucional), entre otras, incentivando los vehículos más limpios.

Un aspecto destacable del Plan AIRE es su incidencia en la sensibilización ciudadana, para ello recoge mejoras en la información disponible en cuanto a calidad del aire, por ejemplo que esté disponible en tiempo real y con una lectura sencilla; en este punto, el Plan incluye también la implementación del sistema español de información, vigilancia y prevención de la contaminación atmosférica.

Desde el primer momento el Plan AIRE ha contado con la ciudadanía puesto que en su proceso de elaboración tuvo un período de participación pública durante el cual los ciudadanos podían aportar aquellos comentarios que les parecieran interesantes. El Plan también se ha sometido al Consejo Asesor de Medio Ambiente (CAMA), órgano asesor del Gobierno competente en esta materia y en la que están representados los agentes sociales (organizaciones ecologistas, sindicales, empresariales, etc.).■

Foro Global de la Energía de Dubai □

España ha estado representada en el Foro Global de Energía de Dubai en la persona del ministro de Industria, Energía y Turismo, José Manuel Soria, que en su intervención en la apertura de la primera jornada del Foro ha defendido las energías renovables dentro de un enfoque de sostenibilidad financiera sobre la base de un marco regulatorio sólido, transparente, flexible y predecible. El sector de la energía será el motor para el desarrollo económico mundial, José Manuel Soria ha pedido más cooperación internacional que asegure el abastecimiento, la competitividad y la sostenibilidad energética.

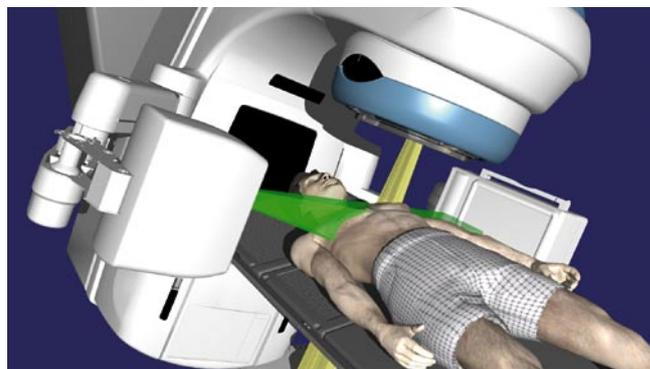
Soria ha remarcado el alto grado de dependencia energética de España, lo que obliga a tener un modelo energético seguro desde el punto de vista del abastecimiento, equilibrado en el uso de las tecnologías implicadas en el mix energético y sostenible, tanto en el aspecto medioambiental como en el económico y financiero.

El Foro Global de la Energía de Dubai ha sido organizado por el *Dubai Supreme Council of Energy* (DSCE, Consejo Supremo de Energía de Dubai), el organismo responsable del suministro de energía del emirato, la supervisión de la planificación del sector energético, la racionalización del uso de la energía y garantizar la sostenibilidad del medioambiente, entre otras funciones. Esta es la segunda edición del Foro, que ha congregado a expertos internacionales en los ámbitos de las energías renovables y la sostenibilidad.■

Fórmula para calcular los efectos de la radioterapia fraccionada □

Recientemente, un equipo de investigadores, entre ellos físicos de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), ha diseñado una fórmula matemática inspirada en la física estadística con la que describe los efectos de la radioterapia. En la actualidad, las terapias fraccionadas, que consisten en la administración de dosis separadas por horas o días, requieren cálculos que pronostiquen sus efectos, tanto en el tumor como en los tejidos circundantes.

Durante el último medio siglo se han utilizado distintos modelos radiobiológicos para intentar predecir el efecto de la terapia



Ejemplo de radioterapia guiada por imagen - Varian Medical Systems Inc. Cortesía de la Unidad de Cultura Científica de la UNED

radiológica sobre un tejido (cancerígeno o no), con el objetivo final de proporcionar el mejor tratamiento al paciente, pero a la vez el menos agresivo. Sin embargo, las terapias multifraccionadas requieren nuevas aproximaciones, implicando cálculos más complejos; en este sentido el nuevo modelo tiene en cuenta el efecto del tiempo entre sesiones de radiación, permitiendo establecer una más adecuada planificación de las sesiones.

Los resultados se han publicado en la revista de gran prestigio *Physica A*. En el trabajo han participado también expertos de la Fundación ACE-Instituto Catalán de Neurociencias Aplicadas y de la Universidad de La Habana (Cuba). En cualquier caso, los investigadores remarcan la necesidad de la verificación experimental por parte de otros grupos de investigación de esta fórmula, aunque la consideran esperanzadora. Para realizar el modelo matemático es preciso conocer tres parámetros tisulares: las dosis y exponente críticos y el factor de reparación del tejido. El exponente crítico de un tejido es un número que identifica la tasa de supervivencia de las células de un tejido sometidas a una única dosis de radiación. ■



AMS instalado en la Estación Espacial Europea. (Foto: NASA).

perconductividad del Departamento de Tecnología. La Unidad de Fabricación y Apoyo a I+D del CIEMAT ha participado en la construcción de útiles, prototipos y armarios de electrónica. El proyecto se ha realizado en colaboración con varias empresas de ingeniería y de electrónica espacial externas al CIEMAT, en especial con la empresa CRISA. La participación del CIEMAT en el experimento se ha centrado en el diseño y construcción del Detector de Radiación Cherenkov (RICH), que ha sido ensamblado en una sala limpia del CIEMAT, en la fabricación de la electrónica del Imán Superconductor y en el desarrollo de paquetes de *software* para la reconstrucción de partículas. Actualmente los miembros del grupo del CIEMAT son los responsables del mantenimiento y operación del RICH y tienen una activa participación en el análisis de los datos. La participación del CIEMAT se ha desarrollado, desde su origen, en base a financiación procedente de los presupuestos generales del CIEMAT y subvenciones solicitadas al Programa Nacional de Física de Partículas y Grandes Aceleradores (FPGA), al Programa Nacional de Espacio (PNE) y al Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN). ■

II Congreso Iberoamericano sobre Biorrefinerías

La Unidad de Biocarburantes del CIEMAT, dirigida por la Dra. Mercedes Ballesteros, presidenta del Comité Científico Internacional del Congreso, realiza actividades de investigación en el área del desarrollo de procesos para la producción de biocarburantes y otros productos de alto valor añadido a partir de distintas fuentes de biomasa. Este II Congreso Iberoamericano sobre Biorrefinerías está organizado en el marco de Bióptima 2013, en colaboración con la Sociedad Iberoamericana para el desarrollo de las biorrefinerías (SIADEB) y la Universidad de Jaén.

La estrategia "Europa 2020" propone la bioeconomía como elemento clave para el crecimiento inteligente y ecológico en Europa. Recientemente se ha establecido una alianza público-privada con el objetivo de acelerar el desarrollo de las biorrefinerías denominada *Biobased for Growth European Public-Private Partnership Initiative*. España está bien posicionada puesto que cuenta con

AMS, sus primeros resultados

El experimento AMS es una colaboración internacional liderada por el Premio Nobel de Física S.C.C. Ting, del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) en la que participan alrededor de 600 científicos de más de 60 institutos europeos, americanos y asiáticos. En España, hay dos institutos participando en AMS: el CIEMAT y el IAC (Instituto Astrofísico de Canarias). El detector AMS es el detector de física de partículas más potente y sensible operado en el espacio hasta la fecha; está situado en el exterior de la Estación Espacial Internacional (ISS) y, desde su instalación el 19 de mayo de 2011 hasta el presente, ha medido más de 30000 millones de rayos cósmicos en el rango de energías de 0,5 GeV a 1000 GeV.

El primer resultado que se publica de la colaboración AMS apareció el 3 de abril, en la revista *Physical Review Letters*. El objeto de esta primera publicación es la medida de la fracción de positrones en el flujo de rayos cósmicos. En las últimas décadas, ha habido un especial interés por parte de los físicos de partículas y astrofísicos en esta medida. Mediante el estudio del comportamiento de cualquier exceso de positrones en todo el rango energético puede obtenerse una mejor comprensión de su origen, ya sea éste el producto de interacciones de partículas constituyentes de la materia oscura o partículas emitidas por objetos astrofísicos estándar.

Las medidas de AMS han sido analizadas utilizando varios modelos fenomenológicos, uno de los cuales se describe en la publicación. Del análisis realizado se concluye que los resultados están en muy buen acuerdo con que el flujo de electrones y positrones observado sea la suma de una componente difusa estándar y una componente extra común para ambos tipos de partículas. Una parte significativa de los electrones y positrones de alta energía procederían de una fuente común.

La participación del CIEMAT en el Proyecto AMS, se realiza a través de la División de Astrofísica de Partículas del Departamento de Investigación Básica. En el Proyecto participa además personal del Laboratorio de Electrónica y Automática y de la Unidad de Su-

una agricultura sólida, un activo sector agroindustrial y forestal y compañías biotecnológicas de primer nivel mundial; nuestro país también cuenta con un activo sector de investigación biotecnológica que puede ser el apoyo que la industria necesita para crear un fuerte entramado tecnológico que permita desarrollar todo el potencial de las biorrefinerías creando crecimiento económico y empleo.

El CIEMAT, a través de la Unidad de Biocarburantes está trabajando en la línea de la utilización del recurso de la biomasa mediante tecnologías bioquímicas que permitan obtener productos como alimentos, biomateriales, compuestos químicos, biocarburantes y energía. En el Congreso se presentaron cuatro trabajos que exponían los resultados obtenidos de las investigaciones sobre empleo de las biomásas lignocelulósicas de paja de cebada y el residuo de la poda del olivar para la producción de etanol combustible u otros productos, mediante procesos bioquímicos.■

Estrategia ONE

El Foro ONE, *Organizando una Nueva Extremadura*, reunió a agentes de distintos sectores para construir la Extremadura del futuro 2020. ONE se caracterizó por constituirse como un espacio de debate, participativo, en el que todos los interesados pueden verter sus ideas y propuestas. El Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas, CETA-CIEMAT, forma parte de esta iniciativa.

La Estrategia ONE necesita establecer prioridades a nivel regional en áreas tecnológicas potencialmente competitivas en un contexto internacional. Para alcanzar este objetivo es imprescindible la transformación económica de la región basada en el conocimiento, el desarrollo empresarial y la sostenibilidad. El Foro ONE, iniciativa liderada por la Consejería de Empleo de la Junta de Extremadura, el primer gran paso en la definición de la Estrategia Regional de Especialización Inteligente de Extremadura, contando con un gran número de inscritos, más de quinientos, de los que casi la mitad participaron activamente en los talleres de trabajo, identificados por cuatro epígrafes: *Calidad de vida*, *Extremadura verde*, *Sociedad del conocimiento*, y *Extremadura en el mundo*.



El presidente de la Junta de Extremadura en el Foro ONE.
Cortesía de FUNDECYT-PCTEX.

El CETA-CIEMAT tuvo la oportunidad de participar en los dos talleres con mayor acogida: *Extremadura verde* y *Sociedad del conocimiento*. En ellos se identificaron las tecnologías de la información y la comunicación, el sector agroindustrial, así como la incipiente preponderancia de las energías renovables como bases de especialización para la transformación económica y el desarrollo empresarial en Extremadura.

Los objetivos que guían la actividad de CETA-CIEMAT están perfectamente alineados con varios de los aspectos y prioridades detectados en la *Estrategia de Especialización Inteligente de Extremadura*, por lo que contribuirá como “líder” en la definición de la Estrategia ONE, asumiendo al mismo tiempo el compromiso de contribuir en su posterior desarrollo durante el periodo 2014-2020.■

La Protección Radiológica en 2012

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) celebró en las instalaciones del CIEMAT su Jornada Anual, como en anteriores ocasiones, en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear, Enresa, Unesa, Enusa y CIEMAT. Durante la sesión de trabajo los profesionales de la protección radiológica recibieron información sobre los avances, resultados, retos y logros más destacados en los sectores relacionados.

En la primera ponencia, el representante del Consejo de Seguridad Nuclear, Manuel Rodríguez, ofreció una visión global de los resultados de las actividades desarrolladas durante 2012 y de los proyectos más destacados en ese periodo. Particularmente interesante resultó la exposición del Dr. Jordi Craven, del Hospital de la *Santa Creu i Sant Pau*, sobre los aspectos humanísticos y éticos de las innovaciones tecnológicas en el uso de las radiaciones en medicina, con afirmaciones como: “ninguna mejora tecnológica, por importante que sea, tiene sentido si no es en el marco de los valores y virtudes que la ética médica contiene y nuestros maestros, con la escasa tecnología de que disponían, nos enseñaron”.

Por parte de Enresa intervino Óscar González, que revisó la experiencia adquirida en protección radiológica en los proyectos de desmantelamiento de instalaciones nucleares. Por último, el Dr. Rafael García Tenorio destacó la importancia que para la protección radiológica del público tiene la calidad en el control de la radiactividad ambiental.■

Primer encuentro ALINNE – ANCRE

En marzo tuvo lugar en el CIEMAT el primer encuentro entre la *Alliance Nacional de Coordination de la Recherche pour l'Énergie* (ANCRE), cuyos representantes estaban liderados por su presidente, y administrador general del CEA (*Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*), Bernard Bigot, y la Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas (ALINNE), presidida por el director general del CIEMAT, Cayetano López.

Los presidentes de ambas Alianzas presentaron el contexto y la motivación por el que cada una de ellas había sido creada y los



Primer encuentro ALINNE-ANCRE.

detalles de organización y gestión de las mismas. Seguidamente se trataron aspectos de los esquemas actuales de financiación de la I+D+i en España y Francia, así como el papel de internacionalización en el ámbito europeo que ambas Alianzas pueden desempeñar. A partir de este primer encuentro se identificarán áreas de sinergia e interés común para futuras colaboraciones entre ALINNE y ANCRE.

ALINNE está organizada en un Comité Ejecutivo con representantes de alto nivel de las entidades del grupo fundacional y tres Comités Delegados de Estrategia, Internacionalización y Coordinación. Los principales objetivos de ALINNE están dirigidos a avanzar hacia una asignación más eficiente de los recursos públicos y privados dedicados a I+D+i en energía. ■

La memoria de las estrellas □

Según una investigación del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), las estrellas tienen, en cierto modo, “recuerdos”. Las estrellas experimentan cambios en su masa, presión, composición y estructura interna, hasta el momento en que se convierten bien en una enana blanca, una estrella de neutrones o un agujero negro; pero al contrario de lo esperado, las estrellas recuperan al final de su vida una característica de sus primeras etapas.

Según los investigadores del IAA-CSIC, tras las fases finales de la etapa adulta y los procesos violentos que se producen cuando

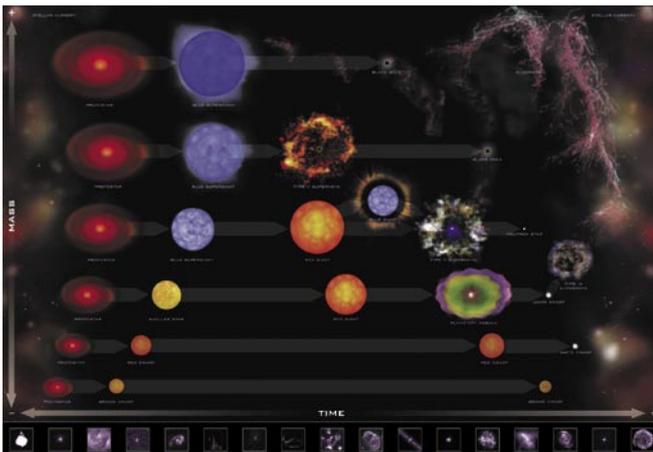


Gráfico que muestra los distintos caminos evolutivos de las estrellas dependiendo de su masa. Fuente: NASA/CXC/M. Weiss

las estrellas agotan su combustible, cuando alcanzan su fase de objeto compacto (enana blanca o estrella de neutrones) recuperan un valor constante que presentaban en su infancia. El estudio llevado a cabo por el equipo de Antonio Claret en el Instituto de Astrofísica de Andalucía investiga también sobre las razones por las que ese valor constante desaparece para volver a surgir al final de la vida de las estrellas. ■

El CDTI aprueba 93 nuevos proyectos de I+D □

El Consejo de Administración del CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) aprobó 93 nuevos proyectos de I+D, destinando una dotación total de 52,22 M€, con el objetivo de impulsar la I+D empresarial y estimular la creación de empresas de base tecnológica. 53 de los proyectos dispondrán de cofinanciación europea a través de los fondos FEDER, con unos compromisos de financiación pública de 25,78 M€.

El CDTI estima, según su nota de prensa, que la puesta en práctica de las iniciativas supondrán 726 nuevos empleos. La ayudas aprobadas pretenden impulsar la explotación internacional de los proyectos de I+D desarrollados por PYMES españolas. Del conjunto de proyectos, 83 son individuales, seis en consorcio, tres son proyectos de internacionalización de resultados y una ayuda NEOTEC para la creación de empresas de base tecnológica. ■

Demasiada basura en el espacio □

Según los expertos que han participado en la 6ª Conferencia europea sobre basura espacial celebrada en el Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC), parte de la Agencia Espacial Europea (ESA), en Darmstadt (Alemania), es necesario limpiar el espacio de desechos y lanzar satélites que no generen más basura espacial.

Así pues, las misiones espaciales tienen que considerar este aspecto, para evitar incrementar la cantidad de basura espacial existente. Precisamente en esta 6ª Conferencia internacional se ha considerado que el problema ambiental originado por los desechos debe tratarse en un contexto internacional que incluya a las Naciones Unidas.

Entre los asistentes se encontraban los representantes de las principales agencias espaciales, así como de la industria, los gobiernos, centros de investigación y universidades. Los expertos coinciden en señalar que el crecimiento constante de la cantidad de residuos en el espacio supone una amenaza no sólo científica, sino también de índole económica. El coste de sustituir los cerca de mil satélites que actualmente están en órbita se calcula en unos cien mil millones de euros, y mucho mayor si lo que se considera es la repercusión de su pérdida en cuanto al valor que representan los satélites para la sociedad. Así por ejemplo, uno de los objetivos del estudio y control de la basura espacial reside en la prevención de colisiones entre los satélites operacionales y la basura ya existente tanto como colisiones en cadena que podrían producirse en las próximas décadas. ■



Antonio Ferrando García

Investigador de la División de Física de Partículas

Researcher of the Particle Physics Division

1965-1966: TAN CERCA, TAN LEJOS (A. Marsillac)

Es curioso, si se espera algo que va a ocurrir al cabo de cinco minutos, el tiempo se hace interminable, en cambio, han transcurrido cerca de 48 años y parece que fue ayer. Claro, que, a fin de cuentas, 48 años son “dos veces nada (como canta Gardel), más ocho”.

En fin, todo comenzó con una primera beca de la JEN (Junta de Energía Nuclear) para seguir un curso sobre partículas elementales, de octubre del 65 a junio del 66. Compartí curso con compañeros de carrera como Manuel Aguilar, Álvaro de Rújula, Ramón Fernández, Juan Antonio Rubio, José Luis Sánchez ..., junto a los que el año anterior había pasado el examen de licenciatura. El curso lo organizó Carlos Sánchez del Río, director de la División de Física por aquél entonces y cuyos profesores fueron, entre otros, los teóricos Alberto Galindo, Ángel Morales, José Luis Núñez Lagos y los experimentales Salomé de Unamuno y Bruno Escoubés. Al finalizarlo nos preguntaron si deseábamos trabajar como físicos teóricos o experimentales. Manuel, Juan Antonio y yo nos decantamos por la experimentación.

El primer Grupo de Física Experimental de Partículas Elementales se organizó bajo la dirección de Antonio Lloret, venido del CNRS francés, Miguel Tomás, venido del CERN, y los ya nombrados Salomé y Bruno. Todos, *seniors* y jóvenes, bajo la tutela de Carlos Sánchez del Río y María Aránzazu Vigón, que estaban a la cabeza de la División de Física, y con la bendición de D. José María Otero Navascués, presidente de la Junta y un verdadero *fan* de las Altas Energías.

De hecho, sin más transición que unas cortas vacaciones, y si mi memoria no me engaña, Manuel era enviado al CERN como *fellow* y Juan Antonio y yo comenzamos a trabajar en nuestro primer experimento: “Estudio de las desintegraciones de K^+e_3 y $K^+\mu_3$ ” en cámara de burbujas de líquido pesado”. De este experimento, X2 lo llamaban, que se supone hacíamos en colaboración con la Escuela Politécnica de París, Juan Antonio y yo hicimos nuestro primer contacto con el “oficio”, pero no salió publicación alguna. Lo que sí se consiguió fue una instalación de proyectores y mesas de escrutinio (pared con pared del reactor de neutrones rápidos Coral en el Edificio 2, ¡y sin “canario minero!”) y la contratación, poco después, de personal al que se adiestró para colaborar en la tarea de escrutinio (búsqueda, fotograma a fotograma, de imágenes tomadas en cámaras de burbujas, de los sucesos o eventos objeto de la investigación): las “niñas de scanning”, que, al menos a mí, me facilitaron la vida hasta más allá de los 80.

1967-1970: SIEMPRE (NOS) ME QUEDARÁ PARÍS (H. Boggart/yo)

Fantástico y movido cuatrienio. Los contactos que Antonio Lloret conservaba con la Escuela Politécnica de París, la puesta en funcionamiento de proyectores de bobinas de fotos de cámaras de burbujas y mesas de escrutinio y aparatos de medida, así como la contratación de *scanning-girls*, permitieron al recién nacido grupo participar activamente en lo que se denominó la “Colaboración ETA (sin señalar)”: un experimento π^-p , a 750 MeV/c de impulsión del haz de piones incidente, utilizando la cámara BP3 de 82 cm de Saclay, llena de líquido pesado (CF3Br de nuevo). La colaboración la integraban grupos de *l'École Polytechnique*, París; Berkeley, California; JEN, Madrid; y CNRS, Estrasburgo. Se trataba de estudiar la

1965-1966: SO NEAR, SO FAR (A. Marsillac)

It's strange; if you're waiting for something to happen within five minutes the time seems endless, whereas nearly 48 years have gone by and it seems like yesterday. Of course, all things considered, 48 years are “two times nothing (like Gardel sings), plus 8”.

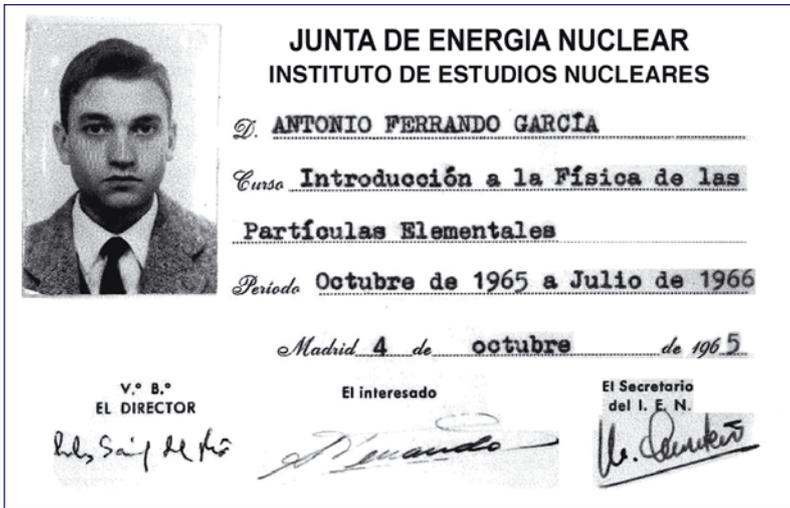
In short, everything began with an early scholarship of the JEN (Junta de Energía Nuclear) to take a course on Elementary Particles from October 1965 to June 1966. I shared the course with university companions – Manuel Aguilar, Álvaro De Rújula, Ramón Fernández, Juan Antonio Rubio, José Luis Sánchez, etc. – with whom the previous year I passed the Bachelor's degree exam. The course was organized by Carlos Sánchez del Río, the then director of the Physics Division, and the professors were, among others, theorists Alberto Galindo, Ángel Morales and José Luis Núñez Lagos and experimental physicists Salomé De Unamuno and Bruno Escoubés. At the end of the course, they asked us if we would like to work as theoretical or experimental physicists. Manuel, Juan Antonio and I preferred the experimental part.

The first Elementary Particle Experimental Physics Group was organized under the direction of Antonio Lloret, who came from the French CNRS, Miguel Tomás from the CERN and the aforementioned Salomé and Bruno. All of us, “seniors” and “juniors”, were under the guidance of Carlos Sánchez del Río and María Aránzazu Vigón, who headed the Physics Division, and with the blessing of Jose M. Otero Navascués, President of the JEN and a true fan of High Energies.

In fact, without any other transition than a short vacation, Manuel was sent to the CERN as a fellow and Juan Antonio and I began to work on our first experiment: “Study of K^+e_3 y $K^+\mu_3$ decay” in a heavy liquid bubble chamber. During this experiment called X2, which we were supposedly doing in collaboration with the Paris Polytechnic School, Juan Antonio and I had our first contact with the “trade”, but there was no publication. What was achieved was an installation of projectors and examination desks (wall to wall with the fast neutron reactor Coral in building 2, and without a canary in the coal mine!) and soon after personnel were hired and trained to help in the examination work (the search – photogram by photogram – for images taken in bubble chambers of the events being investigated) – the “scanning girls” who, at least for me, made my life a lot easier into the 1980s.

1967-1970: WE'LL (I'LL) ALWAYS HAVE PARIS (H. Boggart/me)

A fantastic, frenetic four years. The contacts that Antonio Lloret had maintained with the Paris Polytechnic School, the installation of bubble chamber photo reel projectors, examination tables and measuring devices and the hiring of “scanning girls” enabled the recently created group to actively participate in what was called the “ETA Collaboration”: an experiment π^-p , at 750 MeV/c of incident pion beam pulse, using the Saclay 82-cm camera BP3, full of heavy liquid (again CF3Br). The Collaboration was



Acreditación del curso de introducción a la Física de Partículas Elementales 1965 - 1966.
Badge of the introductory course on elementary particle physics, 1965-1966.

reacción $\pi p \rightarrow \eta n$. El mesón eta se desintegraba luego en otras partículas. A mí me dieron la responsabilidad de la colección y análisis de sus desintegraciones radiativas (estados finales con gammas y lo que fuera).

Magnífico periodo por dos motivos: el primero porque ya tenía tema de tesis y el segundo porque me permitía pasar en París casi el 50% de mi tiempo trabajando con físicos tan buenos como Paul Musset and André Rousset. Musset, además de buen físico era un buen pianista de jazz (le oí tocar en su casa en un par de fiestas) y terriblemente aficionado al esquí. Murió despeñándose mientras lo hacía fuera de pista en los Alpes. Lástima: era el portavoz de la colaboración Gargamelle (neutrinos incidiendo en una cámara de burbujas gigante rellena de freón) que en 1973 descubrió las corrientes neutras débiles que dejaban intuir que los agentes de las interacciones electrodébiles Ws y Z realmente existían. Es verdad, como me dijo años más tarde Lucien Montanet, que amando tanto el esquí de montaña quizás había sido el tipo de muerte que Paul habría elegido.

La Escuela Politécnica estaba situada, aquellos años, en el Barrio Latino, más o menos rodeada de murallas romanas, con un gran edificio que llamaban *Le Château* (es verdad que parecía un castillo), donde tenía su despacho el profesor Louis Leprince-Ringuet, director de la Escuela, y una serie de barracones colgados de las murallas donde estábamos los físicos que no cabíamos en el castillo.

Años geniales en los que compartí charlas de café, fuera de la Escuela, con amigos tan queridos como Antonio Ferrer and Cayetano López (que creo estaban haciendo un Tercer Ciclo) y Álvaro de Rújula, que se dejaba caer por París desde Ginebra a menudo. Firmé mis primeros artículos científicos, me paseé bien paseado por los bulevares *Saint-Michel* and *Saint-Germain*, asistí a la "catequesis" del PCE, hice mi primera lectura comentada del *Manifiesto*, envié a freír espárragos al dios nacional-sindicalista y me creí "libre". Uno nunca está libre, pero a veces se tiene la impresión y sienta bien.

Además de a París, por aquellos años también viajé al CERN (Ginebra) para la toma de datos en la cámara de 2 m, esta vez con hidrógeno líquido como blanco.

En 1969 leí mi tesis doctoral (Desintegraciones radiativas del mesón eta) en la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid. De hecho, Manuel Aguilar y yo la leímos el mismo día (la tesis de Manuel resultó ser 50 g más pesada que la mía, pero el sobresaliente *cum laude* nos lo dieron a los dos). Tras la tesis nos fuimos a celebrarlo con "las niñas de scanning" y otras buenas gentes a José Luis (uno que había próximo al Bernabeu) donde preparaban unos coctelitos de champagne y unos montaditos de merluza rebozada estupendos.

formed by groups from l'École Polytechnique, Paris, Berkeley, California, JEN, Madrid and CNRS, Strasbourg. The purpose was to study the reaction $\pi p \rightarrow \eta n$. The eta meson then decayed into other particles. I was given the responsibility of collecting and analyzing the radioactive decays (end states with gammas and whatever else).

That was a great time for two reasons: the first because I now had a thesis subject and the second because I was able to spend almost 50% of my time in Paris working with such excellent physicists as Paul Musset and André Rousset. Musset, besides being a good physicist, was a good jazz pianist (I heard him play in his home at a couple of parties) and an avid fan of skiing. He died when he fell off a cliff when skiing in the Alps. What a pity; he was the spokesman for the Gargamelle collaboration (neutrinos striking a giant bubble chamber full of Freon) which in 1973 discovered the weak neutral currents that led to the insight that the agents of Ws and Z electroweak interactions really did exist. It is true, as Lucien Montanet told me years later, that maybe because he loved mountain skiing so much, it had been the kind of death that Paul would have preferred.

At that time the Polytechnic School was located in the Latin Quarter, more or less surrounded by Roman walls in a big building they called "Le Château" (it's true that it looked like a castle), where professor Louis Leprince-Ringuet, the School's director, had his office and where we physicists who did not fit into the castle worked in a series of barracks hanging from the walls.

Those were great years when I shared conversations over cups of coffee outside the School with dear friends like Antonio Ferrer and Cayetano López (who I believe were doing a Third Cycle) and Álvaro de Rújula, who often dropped by Paris from Geneva. I signed my first scientific articles, I took long walks along the Saint-Michel and Saint-Germain boulevards, I attended PCE meetings, I read the *Manifiesto* and I thought I was free. One is never free but at times one has that impression and it feels good.

In addition to Paris, during those years I also traveled to the CERN (Geneva) for data acquisition in the 2 m chamber, this time with liquid hydrogen as a target.

In 1969, I read my doctoral dissertation (Radioactive Decays of the eta meson) in the School of Sciences of Madrid's Complutense University. Manuel Aguilar and I actually read our dissertations on the same day (Manuel's dissertation was 50 g heavier than mine, but we were both awarded the *Summa Cum Laude* distinction). After our dissertations, we went to celebrate with the scanning girls and other friends to José Luis (the one that was near the Bernabeu stadium), where they prepared champagne cocktails and fantastic fried fish open sandwiches.

During the 1967-70 academic years I also gave classes in the School of Sciences (university entrance exam problems – how awful, so many students and all of them so tall – and 4th year laboratory practice). For my first class – university entrance exam problems in the School of Chemistry auditorium – the doorman didn't want to let me in until the professor arrived. I had to identify myself.

Of those four years, 1968 was particularly frenetic, for France because of its May and for Spanish Physics because we left the CERN. That year the CERN Physics School (an annual event) was held in Spain, in El Escorial. I helped to organize the event. It was during that year that the CERN was looking for a site for the SPS (Super Proton Synchrotron) and Spain

Nuestros Profesionales



Charla post-cena durante el Winter Meeting de 1980, Ronda, Málaga
Post-dinner gathering during the 1980 Winter Meeting in Ronda, Málaga

Los cursos del 67 al 70 también di clases en la Facultad de Ciencias (problemas de selectivo –qué horror, qué de alumnos y qué altos todos– y prácticas de laboratorio de cuarto). En mi primera clase, problemas de selectivo en el aula magna de Químicas, el bedel no me quería dejar entrar hasta que no llegase el profesor. Tuve que identificarme.

De este cuatrienio, el año 1968 fue particularmente movido, para Francia por su *Mayo*, y para la física española porque nos salimos del CERN. En ese año la Escuela de Física del CERN (anual) se celebró en España, en *El Escorial*. Ayudé a preparar el evento. El CERN buscaba en aquel año emplazamiento para el SPS (Súper Protón Sincrotrón) y España postulaba la zona de *El Escorial* como emplazamiento. Finalmente el Consejo del CERN decidió que lo mejor y más económico era construirlo en el propio CERN (Suiza-Francia), que amén de ser una zona sísmicamente estable, permitía utilizar los aceleradores existentes (LINAC y PS) como previos al SPS.

España (¿quién?) se enfadó y se salió del CERN. Mi futuro se ensombrecía por momentos. Después de Manuel y Juan Antonio me hubiera tocado a mí ir de fellow al CERN, pero en ese momento era ya impensable. En todo caso, Antonio Lloret se volvió al CNRS de París, Bruno y Salomé hicieron lo propio hacia el CNRS de Estrasburgo y Miguel Tomás se fue a una fábrica de celulosa en la provincia de Huelva. Antes del abandono, Lloret, Miguel Tomás, Salomé, Bruno y yo le ofrecimos una cena a Otero-Navascués en un restaurante de la *Castellana* (no recuerdo cuál, pero era muy agradable). Otero fue una de las pocas personalidades que protestaron por la salida del CERN. Los que se incorporaron a rellenar huecos, desde el IFIC de Valencia, fueron Rafael Llosá y Pedro Ladrón de Guevara. Buena gente.

Por mi parte, y aprovechando el desconcierto, conseguí una “ayuda” de 2000 francos suizos mensuales para ir al CERN en plan “visitante no remunerado” (ya me había entrevistado sin éxito con Gregory, director del CERN, al que conocía de la *Politécnica*, y que me dijo que ni soñara con una *fellow* una vez que España había abandonado el CERN). De modo que en la Navidad de 1970 allí me marché. Ya había hablado con Lucien Montanet para que me permitiera entrar en su grupo de la División TC (Cámara de Trazas). Lucien me acogió con cariño y fue desde entonces una especie de segundo padre para mí. Sentí enormemente su muerte, pero eso ocurrió, afortunadamente, mucho después. ¡Ah!, además de mi “seudobeca” también conseguí (no recuerdo cómo) una subida sustancial del salario mensual de “las niñas de scanning”.

proposed the area around *El Escorial* as a site. Finally the CERN's Board decided that the best, most economical option was to build it in the CERN itself (Switzerland-France) which, besides being a seismically stable region, allowed for the use of the existing accelerators (LINAC and PS) as precursors of the SPS.

Spain (who?) got mad and left the CERN. My future immediately suddenly looked dark. After Manuel and Juan Antonio, it would have been my turn to go to the CERN as a fellow, but that was now unthinkable. Antonio Lloret returned to the CNRS in Paris, Bruno and Salomé to the CNRS in Strasbourg and Miguel Tomás left for a cellulose factory in the province of Huelva. Before the exit, Lloret, Miguel Tomás, Salomé, Bruno and I invited Otero-Navascués to dinner in a restaurant on the *Castellana* (I don't remember which one but it was very nice). Otero was one of the few people who objected to leaving the CERN. Those who were hired to fill the gaps were Rafael Llosá and Pedro Ladrón de Guevara from the IFIC in Valencia.

Taking advantage of the confusion, I obtained monthly “aid” of 2000 Swiss francs to go to the CERN as an “unremunerated visitor” (I had already had an unsuccessful interview with Gregory, the CERN's director, who I knew from the Polytechnic School and who told me not to even dream of a fellowship after Spain had abandoned the CERN). So during Christmas 1970, off I went. I had already asked Lucien Montanet to let me enter his group of the TC (tracking chamber) Division. Lucien welcomed me warmly and after that was a sort of second father for me. I was very saddened by his death but, fortunately, that was much later. And in addition to my “pseudo-grant”, I also obtained (I don't remember how) a substantial raise in the scanning girls' monthly salary

1971-1973: SWITZERLAND BELOVED HOMELAND (first trip to the CERN)

1971 dawned and I reported, in my capacity as “unpaid visitor”, to the personnel office to receive my accreditation and from there to the office of Lucien Montanet, who introduced me to the people who were going to be my colleagues for several years: V. Chaloupka, M. J. Losty, A. Zieminsky, P. Gavillet and J. C. Marín.

I worked on liquid hydrogen bubble chamber experiments which yielded a multitude of articles (nearly twenty). Also in late 1972, Lucien introduced me to a physicist who had come from MIT to spend some time in his group. He was “selling” a novel form of analysis that he called “Prism Plot”. It consisted of locating accumulations in space of phases of a certain end state. The method was not 100% successful, but it was interesting and had quite a few followers (for and against) during a couple of years. I was invited to several congresses to explain the method and up to what point it was valid, and I worked on the issue with the General Director of the CERN at that time, Leon Van Hove, who asked me for explanations of the method. With him and a couple other physicists, we published a document where we used density matrixes to define the various end states. Van Hove gave a talk about the article in the CERN amphitheatre that drew a large crowd.

The subject kept me very entertained for more than one year and the CERN was so interested that they first gave me 1000 Swiss francs a month in financial assistance (what I paid in rent) and later, after the compulsory “interview”, a contract, which I rejected due to pressure from my colleagues in the JEN who wanted me to go back “home”, and because, I must confess, I didn't know at that time what a CERN contract was worth. Life to me seemed relatively simple.



En el despacho.
In the office.

1971-1973: SUIZA PATRIA QUERIDA (primera salida al CERN)

Amaneció 1971 y me presenté, en mi calidad de “visitante no pagado” en el registro de personal para recibir mi acreditación y de ahí al despacho de Lucien Montanet, que me presentó a los que iban a ser mis colegas durante unos años. Recuerdo a V. Chaloupka, M. J. Losty, A. Zieminsky, P. Gavillet y J. C. Marin. Buena gente toda.

Trabajé en experimentos de cámaras de burbujas de hidrógeno líquido que dieron como fruto multitud de artículos (cerca de veinte), pero además, a finales del 72, Lucien me presentó a un físico que venía del MIT a pasar una temporada en su grupo. “Vendía” una forma novedosa de análisis que él llamaba *Prism Plot*. El asunto consistía en localizar acumulaciones en el espacio de fases de un determinado estado final. El método no funcionaba bien al 100%, pero era interesante y tuvo bastantes seguidores (a favor y en contra) durante un par de años. Yo fui invitado a varios congresos a explicar el método y hasta dónde funcionaba y trabajé en el asunto con el propio director general del CERN de aquella época, Leon Van Hove, que me pidió explicaciones del método. Con él y un par de físicos más publicamos un documento donde hacíamos intervenir matrices densidad para definir los varios estados finales. Van Hove dio una charla sobre el artículo en el anfiteatro del CERN que atrajo bastante público.

A mí el asunto me mantuvo entretenidísimo más de un año y el CERN se interesó hasta el punto de darme primero una ayuda económica de 1000 francos suizos mensuales (lo que yo pagaba de alquiler) y más tarde, tras pasar una “entrevista” obligatoria, un contrato, que abandoné por presiones de mis colegas de la JEN que deseaban mi vuelta a “casa” y porque, confieso, en aquél entonces yo no sabía valorar lo que era un contrato CERN: a mí la vida me parecía relativamente sencilla.

1974 – 1977: PRIMERA VUELTA A MADRID

En la misiva que me enviaron Manuel y Juan Antonio se me aseguraba que me estaba esperando un contrato (y que ¡si no volvía rápido se iba a esfumar!). Resultó no ser cierto y los seis primeros meses no recibí ni un duro. Afortunadamente volvía de Ginebra con algún ahorrito y pude aguantar hasta que firmé un “contrato de especialista”: yo me comprometía a hacer un cierto trabajo que cobraría no de golpe sino dividido (“diferido” que diría alguna) en “doceavos”, de modo que cada mes firmaba un “recibí” por haber completado la i -doceava ($i = 1, 12$) parte del trabajo “tal”.

Del CERN me había traído el *software* necesario para la reconstrucción geométrica y análisis cinemático de las interacciones medidas en cámara de burbujas, de modo que el trabajo “tal” consistió en la instalación de los programas. Lo que constituyó un gran avance para el trabajo.

1974 – 1977: FIRST TRIP BACK TO MADRID

In the letter that Manuel and Juan Antonio sent me, they assured me that a contract was waiting for me (and that if I didn't return quickly it was going to vanish!). In the end it wasn't true and I didn't receive a dime for the first six months. Fortunately, I returned from Geneva with some savings and was able to hold out until I signed a “specialist contract”; I agreed to do a certain job for which I would be paid an amount, not all at once, but rather divided (some would say “deferred”) into “twelfths”, so that every month I signed a “receipt” confirming that I had completed the i -twelfth ($i = 1, 12$) portion of “so and so” a job.

From the CERN they had brought me the necessary software for the geometric reconstruction and kinematic analysis of the interactions measured in bubble chambers, such that “so and so” a job consisted of installing the programs, which was a great step forward for the work.

And... official examinations were convened! Finally I would be paying into Social Security. Juan Antonio, Rafa and I passed and became civil servants, “model A2”, on the day of San Fermín in 1975. Manuel must have been in the CERN or in the U.S.; I don't remember. I also don't know what level the post pertained to. However I had managed (or someone had managed for me) to always have the minimum level compatible with a PhD, which on this writing is level 26.

By then I had written around thirty articles, and I had signed (together with another 86 people) a proposal for the construction of the European Hybrid Spectrometer (EHS) and a few “Propositions” to use it together with a small, high-definition bubble chamber (LEBC) to search for the c quark and a rapid cycling bubble chamber to study proton-proton interactions at 360 GeV/c of incident pulse.

I spent most of 1976 and 1977 taking part in the experiments “antiproton-proton annihilation at 700 MeV/c” and “ π - p interactions at 3.93 GeV/c”. I personally took charge of directing the tasks of photo examination and geometric reconstruction with the programs I installed. In addition, in 1976 I organized and edited (or co-edited, I don't remember) the Proceedings of the Winter Meeting on Fundamental Physics held for the fourth time that year.

1978-1979: SECOND TRIP TO THE CERN: A BUSY TWO YEARS

Juan Antonio decided that I should work with Francis Bruyart of the CERN in the development of the software associated with the European Hybrid Spectrometer (EHS), for which Madrid had signed a construction proposal and requested a couple experiments with the EHS using LEBC and RCBC as bubble chambers.

I had a great time working in what I really enjoyed at that time: detector simulation and design programs using Monte-Carlo techniques. What I learned would serve me well years later when I worked with Carlo Rubbia in the upgrading of UA1 with uranium / tetramethylpentane calorimeters.

1980-1985: SECOND TRIP BACK TO MADRID, WHICH ENDED UP BEING SIX YEARS.

From a professional standpoint, the six years I spent working on experiments in search of particles with the c quark (NA16 and NA27, EHS with LEBC), which did not yield much in spite of their interest, and on experiment NA23 – pp interactions at 360 GeV/c of incident beam in the EHS using the fast cycling chamber RCBC – were very successful. It was a satisfying time of analysis.

Nuestros Profesionales

Y ... ¡se convocaron oposiciones! ¡Por fin pagaría a la Seguridad Social! Juan Antonio, Raía y yo sacamos plaza de funcionarios “modelo A2”, el día de San Fermín de 1975. Manuel debía de estar en el CERN o en los USA, no lo recuerdo. Tampoco recuerdo a qué nivel correspondía la plaza. En todo caso yo me las he arreglado (o me las han arreglado) para tener siempre el mínimo nivel compatible con el grado de *doctor*, que al escribir esto es el 26.

Para entonces ya llevaba una treintena de artículos, había firmado (junto a 86 más) una propuesta para la construcción del Espectrómetro Híbrido Europeo (EHS) y un par de “proposiciones” para utilizarlo junto a una pequeña cámara de burbujas de gran definición (LEBC), para la búsqueda del quark *c*, y con una cámara de burbujas de ciclo rápido (RCBC) para estudiar interacciones protón-protón a 360 GeV/c de impulsión incidente.

El grueso de los años 76 y 77 se me fue en participar en los experimentos “aniquilaciones antiprotón-protón a 700 MeV/c” e “interacciones πp a 3.93 GeV/c”. Me ocupaba personalmente de dirigir las tareas de escrutinio de fotografías y reconstrucción geométrica con los programas que instalé. Además, en 1976 organicé y edité (o co-edité, no recuerdo) los *proceedings* correspondientes al *Winter Meeting on Fundamental Physics* de ese año (era la edición número 4).

1978-1979: SEGUNDA ESTANCIA CERN: BIENIO ENTRETENIDO (¡Cómo no!)

Juan Antonio decidió que debería (yo, claro) trabajar con Francis Bruyant en el CERN en el desarrollo del *software* asociado al Espectrómetro Híbrido Europeo, para el que Madrid había firmado, como queda dicho, una propuesta de construcción y un par de peticiones de experimento con EHS utilizando LEBC y RCBC como cámaras de burbujas.

Lo pasé fenómeno trabajando en lo que me gustaba en aquél momento: programas de simulación y diseño de detectores utilizando técnicas de Monte-Carlo. Lo que aprendí me serviría años más tarde cuando tuve que trabajar para Carlo Rubbia en el *upgrading* de UA1 con calorímetros de uranio y tetrametil-pentano.

1980-1985: SEGUNDA VUELTA A MADRID: QUE TERMINARON SIENDO SEIS AÑOS

Desde el punto de vista laboral el sexenio estuvo dedicado a experimentos de búsqueda de partículas con quark *c* (NA16 y NA27, EHS con LEBC) que no dieron demasiado juego a pesar del interés, y un experimento, NA23, interacciones pp a 360 GeV/c del haz incidente, en EHS utilizando la cámara de ciclo rápido RCBC, que resultó de lo más exitoso. Fue una buena temporada de análisis.

Durante este periodo también me ocupé de la organización de los *winter meetings* y edición o coedición de los correspondientes *proceedings*, en los años 1980, 81, 83, 84 y 85. Esta tarea me divertía cantidad y, como no me gusta esquiar, me permitía organizar el *winter meeting*, en primavera.

1986-1990: TERCERA SALIDA AL CERN. COMIENZA LA ÉPOCA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CALORÍMETROS

En abril de 1986 Juan Antonio, que si recuerdo bien era director científico del CIEMAT, llegó a un acuerdo con Carlo Rubbia para que Madrid participara en el Experimento UA1. Rubbia era el portavoz de la colaboración. El experimento había ya logrado su objetivo fundamental: encontrar los mediadores de la fuerza débil, los *W* y *Z*, y Rubbia había sido galardonado con el Premio Nobel. Estoy convencido de que le hubiera acompañado Paul Musset de haber vivido.

El resultado del acuerdo era que el CIEMAT, además de participar con una cierta financiación, me enviaba al CERN con un equipo de tres personas, Francisco (“Kiko”) Díez-Hedo, Miguel Ángel (“Miguelito”) Marquina y Teresa Rodrigo por un tiempo indeterminado (más tarde se incorporarían María Isabel Josa y Jesús Salicio), para trabajar en el *upgrading* (mejora) de UA1. La calorimetría convencional sería cambiada por otra que tendría uranio (U) empobrecido como material absorbente

During that period I also took charge of organizing the Winter Meetings and editing or co-editing the corresponding Proceedings, in 1980-81 and 1983-85. I enjoyed that task immensely and, since I don't like to ski, I took the liberty of organizing the Winter Meeting in spring.

1986-1990: THIRD TRIP TO THE CERN: BEGINNING OF THE ERA OF CALORIMETER DESIGN AND CONSTRUCTION

*In April 1986, Juan Antonio, who if I am remembering well was the Scientific Director of the CIEMAT, reached an agreement with Carlo Rubbia to have Madrid take part in Experiment UA1. Rubbia was the Collaboration's spokesman. The experiment had achieved its fundamental objective: find the weak force mediators *W* and *Z*, and Rubbia had been awarded the Nobel Prize. I am sure Paul Musset would have accompanied him if he had been alive.*

The result of the agreement was that the CIEMAT, besides providing some funding, sent me to the CERN for an undetermined period of time with a three-person team – Francisco (“Kiko”) Díez-Hedo, Miguel Ángel (“Miguelito”) Marquina and Teresa Rodrigo (who would later be joined by María Isabel Josa and Jesús Salicio) – to work on the UA1 upgrading. The conventional calorimeter would be replaced by a new one with depleted uranium as absorbent material and, as active element, parallel plate ionization chambers with stainless steel electrodes immersed in what was called a “hot liquid”: 2,2,4,4-tetramethylpentane (TMP). The uranium, sold by USA, was combustion waste from their reactors; they got rid of nuclear wastes and on top of that earned money I found that out because José Díaz, a great friend/colleague and professor at the University of Extremadura, analyzed a sample for me that I had “found” and that I sent to him in a kind of roundabout way.

Those were five fantastic years (I have always had the false impression that I'm being paid to have fun). Working under the direct orders of Rubbia is hard but enriching; he was and still seems to be very intelligent. For the first time I was in charge of something other than physics analyses. I had to design a U/TMP forward calorimeter (FW, at a low angle) and another very forward calorimeter (VFW, at a very low angle).

Rubbia's promotion to General Director of the CERN was followed by the end of UA1 because Rubbia was more interested in building the LEP than finishing the new calorimeter. Development was discontinued in 1990. Teresa left for FNAL with a two-year contract, Miguel had left the group a couple years earlier to apply for a CERN contract to work in the DD and Kiko had also left to first join the CIEMAT L3 group and later to accept a contract in a private company. I believe Jesús and Isabel were also originally with L3, although later I was able to get them back for other “calorimetric” projects.

As for me, I returned to Madrid but now with a mind set of joining an important group of physicists who had worked in UA1 and who had decided to begin working in Research and Development for the LHC. In fact, in the last months of UA1, Rubbia had already asked me for a simulation of pp collisions at mass center energy of 16 TeV!, in order to start studying average multiplicities per collision, multiplicity of collisions per crossover, etc.

I believe it was in September 1990 when a congress was held in Aachen where the first draft (P5) of an R&D Project for the LHC was presented with a view to studying an experiment that in the end would be CMS. The project was eventually approved with the name of RD5, and I threw myself into it after my return to the CIEMAT.

y como elemento activo, planos de cámaras de ionización con electrodos de acero inoxidable inmersos en lo que se llamaba un “líquido caliente”: 2-2, 4-4, tetrametilpentano (TMP). El uranio, que vendían los EEUU, era residuo de combustión en sus reactores: se deshacían de desechos nucleares y encima ganaban dinero. Lo supe porque un amigo/colega estupendo, José Díaz, catedrático en la Universidad de Extremadura, me analizó una muestra que me “encontré” y le hice llegar de forma un tanto rocambolesca.

Fueron casi cinco años fantásticos (siempre he tenido la falsa impresión de que me pagaban por divertirme). Trabajar bajo las órdenes directas de Rubbia es duro pero bastante enriquecedor: era y parece que aún lo es, muy inteligente. Por primera vez se me encargaba algo distinto de análisis de física. Debería diseñar una calorimetría delantera (FW, a pequeño ángulo) y otra muy delantera (VFW, a muy pequeño ángulo) de U/TMP.

Al ascenso de Rubbia a director general del CERN siguió el final de UA1, porque Rubbia estaba más por la labor de construir LEP que de terminar la nueva calorimetría. Normal. El desarrollo se interrumpió en 1990. Teresa marchó a FNAL con un contrato de dos años, Miguel había abandonado el grupo un par de años antes para optar a un contrato CERN para trabajar en la DD y Kiko había hecho algo parecido para unirse primero al grupo L3 del CIEMAT y más tarde aceptar un contrato en una empresa privada. Jesús e Isabel, yo creo que también fueron inicialmente hacia L3, aunque pude recuperarlos más tarde para otros asuntos “calorimétricos”.

En cuanto a mí, volví a Madrid, pero ya con la idea en la cabeza de unirme a un grupo importante de físicos que habían trabajado en UA1 y que se proponían comenzar a trabajar en Investigación y Desarrollo para LHC. De hecho, en los últimos meses de UA1, Rubbia ya me había pedido simulación de colisiones pp a una energía centro de masas de \sqrt{s} 16 TeV! para ir estudiando multiplicidades medias por colisión, multiplicidad de colisiones por cruce, etc.

Creo que fue en septiembre del 90 cuando se celebró un congreso en Aquisgrán donde se presentó el primer borrador (P5) de Proyecto de I+D para el LHC con vistas a estudiar un experimento que a la larga sería CMS. El proyecto sería aprobado con el nombre de RD5 y a él me lancé desde mi vuelta al CIEMAT.

1991 – 2013: ÚLTIMA VUELTA A CASA, EN CUATRO CAPÍTULOS

Lo de “vuelta a casa” es una manera de hablar, pues las actividades a las que me dediqué entre 1991 y 1998 me obligaron a viajar al CERN algo más de una semana al mes. Valió la pena. Fueron ocho años muy interesantes.

1991-1993: Capítulo I. La LOI para CMS

Con la ayuda de algunos colegas/amigos, Mary Cruz Fouz, Isabel, Jesús y Luis Martínez-Laso, integré al CIEMAT en la Colaboración RD5. RD5 era el quinto proyecto de investigación y desarrollo que el CERN aprobaba con vistas a un experimento para instalar en el futuro colisionador LHC (*Large Hadron Collider*). El dispositivo experimental de RD5 venía a ser como un sector del futuro CMS (del que se ha hablado bastante en este número de *Vértices*) y la investigación se concentraría fundamentalmente en la detección y reconstrucción de muones. Entre los 88 firmantes de 14 Institutos, estábamos seis españoles: cinco del CIEMAT (los cuatro antes citados y yo) y una (Carmen Albajar, estupenda colega) de la Universidad Autónoma de Madrid.

En RD5 mi pequeño grupo fue aumentando de tamaño cuando atacamos el estudio, con vistas a CMS, de una calorimetría a pequeño ángulo, de muestreo, con hierro como material pasivo y planos de cámaras de gas de planos paralelos (PPCs) como componente activo. Integré la propuesta en la correspondiente sección de la “Carta de Intención (LOI) de CMS”, que se presentó en el Congreso de Divonne en 1992. La LOI la firmaron ya 443 científicos (62 Institutos), entre los que nos encontrábamos tres españoles, Luis Martínez-Laso y yo, representando al CIEMAT, y Carmen Albajar, representando a la UAM.

Lo que siguió fue: un primer diseño y pruebas de PPC para su utilización en calorimetría y la organización de una “Colaboración de PPC”, de la que fui nombrado portavoz.

1991 – 2013: LAST TRIP HOME, IN FOUR PARTS

“Coming home” is just a form of speaking, because my activities between 1991 and 1998 required me to travel to the CERN for well over a week a month. It was worth it. Those were eight very interesting years.

1991-1993: PART I: THE LOI FOR CMS

*With the help of some colleagues/friends – Mary Cruz Fouz, Isabel, Jesús and Luis Martínez-Laso – I entered the CIEMAT as a member of the RD5 Collaboration. RD5 was the fifth research and development project that the CERN approved with a view to an experiment to be installed in the future LHC (Large Hadron Collider). The RD5 experimental device was like a sector of the future CMS (which has been discussed extensively in this issue of *Vértices*), and the research would basically focus on muon detection and reconstruction. There were six Spaniards among the 88 signatories from 14 Institutes: five from the CIEMAT (the four mentioned above and me) and one (Carmen Albajar, a wonderful colleague) from Madrid’s Autonomous University (UAM).*

In RD5, my small group gradually grew in size when we began the study, with a view to CMS, a low-angle sampling calorimeter with iron as passive material and gas-filled parallel plate chambers (PPCs) as active component. I included the proposal in the corresponding section of the “CMS Letter of Intent (LOI)”, which was submitted to the Divonne Congress in 1992. The LOI was signed by 443 scientists (62 Institutes), including three Spaniards: Luis Martínez-Laso and me in representation of the CIEMAT, and Carmen Albajar in representation of the UAM.

What followed was an early design and testing of PPCs for use in calorimetry and the organization of a “PPC Collaboration”, for which I was named spokesman. I became a member of the collaboration boards and CMS technician, and I began to write the proposal for Experiment RD37: “Low angle hadron calorimetry for the LHC using parallel plate chambers”.

1994-1996: PART II: EXPERIMENT RD27 FOR CMS

At the beginning of this three-year period, I applied for approval of experiment RD27, which was signed by 49 physicists (engineers) from nine Institutes. The experiment was approved, I was appointed as spokesman and the work progressed so well that before the end of the three years we had built a full-scale calorimetric module (the final calorimeter had to comprise eight elements like the one we built, four for each side of CMS).

I helped write the “Technical Proposal for CMS”, which was endorsed by 1080 people from 140 Institutes, including twenty-three Spaniards from three Institutes: CIEMAT, IFCA (UC-CSIC) and UAM. Our contribution dealt with Muon Chambers, Alignment and low angle Calorimetry.

1997-1998: PART III. THE END OF FREEDOM OF DESIGN: QUARTZ FIBER CALORIMETRY

The proposed calorimetry based on PPCs as active element for CMS did not end well. For reasons that would require pages to explain, “made in USA” quartz fiber calorimetry was selected for the low angle zone of CMS. “Professional inertia” led me to accept the proposal of Dan Green (head of the US groups) and Jim Virdee (vice-spokesman for CMS) and to become spokesman for the “Quartz Fiber Collaboration”, carry on as Project Director of Low Angle Calorimetry and co-edit the “CMS HCAL Project Technical Design Report”.

And then, in the summer-autumn of 1998, Dan and Jimmy asked that a new “Scientific Associate” be brought onboard

Nuestros Profesionales

Pasé a ser miembro de los Consejos (*boards*) de colaboración y técnico de CMS y comencé la escritura de la propuesta del Experimento RD37: “Calorimetría hadrónica a pequeño ángulo para LHC utilizando cámaras de planos paralelos”

1994-1996: Capítulo II. El Experimento RD37 para CMS

Al principio del trienio solicité la aprobación del experimento RD37 que firmaban 49 físicos (ingenieros) pertenecientes a nueve Institutos. El experimento se aprobó, fui nombrado portavoz y avanzó el trabajo de tal forma que antes del fin del trienio teníamos construido un módulo calorimétrico tamaño real (el calorímetro final debía consistir en ocho elementos como el construido, cuatro para cada lado de CMS).

Participé en la escritura del *Technical Proposal* de CMS que refrendaron ya 1080 firmantes pertenecientes a 140 Institutos, entre los que se encontraban veintitrés españoles pertenecientes a tres institutos: CIEMAT, IFCA (UC-CSIC) y UAM. Nuestra contribución versó sobre cámaras de muones, alineamiento y calorimetría a bajo ángulo.

1997-1998: Capítulo III. Se acabó la libertad de diseño: la calorimetría de fibras de cuarzo

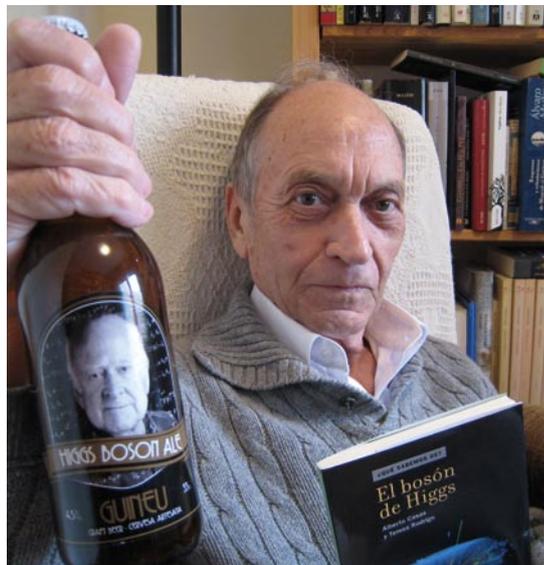
La propuesta de una calorimetría a base de PPC como elemento activo para CMS terminó de mala manera. Por razones que necesitarían una página de explicaciones, CMS eligió para la zona a pequeño ángulo una calorimetría de fibras de cuarzo “made in USA”. La “inercia del trabajo” me llevó a aceptar la proposición de Dan Green (jefe de los grupos USA) y JimVirdee (viceportavoz de CMS) y convertirme en portavoz de la “Colaboración de Fibras de Cuarzo”, continuar como jefe de Proyecto de la Calorimetría a Pequeño Ángulo y coeditar el “CMS HCAL *Project Technical Design Report*”.

Mas, llegados al verano-otoño de 1998, Dan y Jimme pidieron que optara a un nuevo *Scientific Associate* y que me trasladara a vivir a Ginebra por un indeterminado número de años y “¡ya mismo!”. De entrada solicité la plaza, me la concedieron, busqué alojamiento y... me di cuenta de que mi “inercia de trabajo” había ido demasiado lejos. De modo que, charlando primero con mi compañera (de vida y trabajo) Teresa, por la campiña que se extiende frente al CRN/Meyrín y, más tarde, comiendo en *El Narcea*, en la Dehesa de la Villa, con Isabel, Mary Cruz y Jesús (en el que los tres me dieron a conocer que por nada del mundo iban a seguir trabajando conmigo en las fibras), decidí renunciar al contrato CERN, dimitir de mi cargo de jefe de Proyecto de la Calorimetría a Pequeño Ángulo de CMS y pasar a dedicarme a otra actividad que también llamaba mi atención: el Sistema de Relación del Alineamiento de CMS en el que, como ya dejé dicho, participaba el CIEMAT, el IFCA y la UO, junto a otros grupos europeos que yo conocía bien.

1999-2013: Capítulo IV. ¡Fin de trayecto: todo el mundo abajo! (J. P. Belmondo encarándose con los malos del camión)

Bueno, el fin de trayecto, en sentido figurado o real (ya veremos) es sólo para mí. Aquí empaqueto, en dos párrafos, mis últimos catorce años de actividad científica que, abandonada la calorimetría, dediqué al Sistema de Relación del Alineamiento de CMS, que compaginé, cuando LHC se puso a “producir”, con la lectura comentada de artículos (los que me llamaban la atención, todos hubiera sido imposible) que iban a ser enviados por CMS a publicación. En cualquier caso, ha habido publicaciones incluso con su aquél de emoción como la del anuncio del descubrimiento del posible Bosón de Higgs, de 4 de julio del 2012, que varios de nosotros pudimos seguir en directo en el CERN.

Aún no sabemos si es el Higgs del Modelo Estándar pero... da igual, si no lo fuera sería posiblemente el anticipo de una nueva física más allá del ME y eso es aún mejor. Y lo sería incluso para mí... si fuera inmortal, que es lo que uno cree que es, de forma inconsciente, cuando la vida se dedica casi exclusivamente al trabajo. Sobre todo a un trabajo tan absorbente y apasionante como lo es la física experimental de altas energías. Pero si puedes, ¡oh lector!, recuerda que eres un mortal nivel 26 (si doctor y tan promocionado como yo) y procura que el *carpe diem* no se te escape en demasía.



Antonio Ferrando en la actualidad.
Antonio Ferrando nowadays.

and that I be moved to Geneva for an undetermined number of years, and right away! I did apply for the post, they gave it to me and I looked for accommodation, but I realized that my “professional inertia” had gone too far. So, after talking with my Teresa, companion (in my personal and professional life), first walking in the countryside and later dining in “El Narcea” in Dehesa de la Villa with Isabel, Mary Cruz and Jesús (where all three told me there was no way there were going to continue working with me in fibers), I decided to turn down the CERN contract, resign from my job as Project Director of CMS Low Angle Calorimetry and get involved in another activity that I was also interested in: the CMS Link Alignment System, in which the CIEMAT, IFCA and UO were participating together with other European groups that I was very familiar with.

1999-2013: PART IV: END OF THE LINE, EVERYBODY OUT! (J. P. Belmondo confronting the bad guys in the truck)

The end of the line, whether in the figurative or literal sense (we shall see), is only for me. Here in two paragraphs I condense my last fourteen years of scientific activity. After abandoning calorimetry, I focused on the CMS Link Alignment System, which I combined, when the LHC started “producing”, with the review of articles (those that called by attention, since it would have been impossible to read them all) that were going to be submitted by CMS for publication. There have even been publications with a certain amount of emotion, such as the announcement of the possible discovery of the Higgs Boson on July 4, 2012, which several of us were able to witness live in the CERN.

We still do not know whether it is the Standard Model Higgs, but it doesn't matter. If it isn't, it could possibly be the precursor of a new physics beyond the SM, and that would even be better. And it would even be better for me, if I were immortal, which is what one unconsciously believes when one's life is almost exclusively dedicated to one's work. Especially to work as engrossing and fascinating as experimental high energy physics. But do remember, dear reader, that you are a mortal level 26 (if you are a PhD and as promoted as I am) and try not to let your carpe diem get away from you.

Coordinado por / Coordinated by: Juan Carlos Sanz Martín

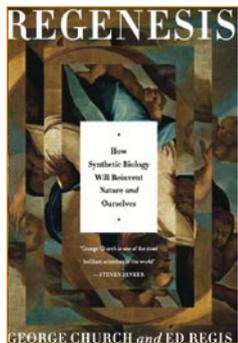
REGENESIS: HOW SYNTHETIC BIOLOGY WILL REINVENT NATURE AND OURSELVES

Autores: Georges McDonald Church y Edward Regis

Edita: Basic Books Perseus Books Group (2012)

Lengua: Inglesa - 273 páginas

ISBN: 978-0-465-02175-8



¿Cabe imaginar un porvenir sin infección vírica alguna, o donde los seres humanos empleen bacterias para manufacturar cualquier artículo o producir electricidad suficiente para acabar con la dependencia del petróleo? En un tal futuro la edificación arquitectónica, por ejemplo, podría no implicar más trabajo que plantar una “semilla”. Semejante escenario parece propio, sin duda, de la literatura fantástica, pero George

Church, catedrático de genética en la Universidad de Harvard y el MIT, y Ed Regis, pedagogo y experto divulgador científico, muestran en *Regenesis* cómo la biología sintética permitirá transformar esos sueños en realidad. En *Regenesis* estos autores exploran las posibilidades —también los peligros— del emergente campo de la biología sintética, en cuyo ámbito los organismos vivos podrán alterarse selectivamente, modificando en distinto grado sus respectivos genomas, para lograr nuevas especies capaces de “trabajar” en nuestro provecho.

Si hasta la fecha la naturaleza ha sido árbitro exclusivo de la vida, la muerte y la evolución, con la biología sintética se columbra la posibilidad de escribir un futuro biológico a medida. En efecto, y tal cual Church y Regis vaticinan, incluso cabrá revisar algunas encrucijadas evolutivas y elegir rutas diferentes de las inicialmente seguidas por la naturaleza con ayuda de algunas técnicas propias de esta nueva disciplina. Y tales hazañas implicarán mucho más que el mero juego con los microorganismos, pues la ingeniería genómica plantea potencialidades asombrosas: desde la resurrección de los mamuts lanudos y otros organismos extintos hasta la creación de formas de vida especulares, con una estructura molecular enantiómera de la nuestra. Estas tecnologías —muy lejos de algunas descontroladas pesadillas que se plasman en la ciencia ficción— podrían mejorar la salud humana y animal, aumentar nuestra inteligencia, incrementar la memoria e, incluso, prolongar con calidad la duración de nuestra vida. Las posibilidades de esta tecnología para modificar el mundo resultan impresionantes y *Regenesis* es el cuaderno de campo para adentrarnos en ese futuro biológico. ■

¿POR QUÉ E = M·C²? ¿Y POR QUÉ DEBERÍA IMPORTARNOS?

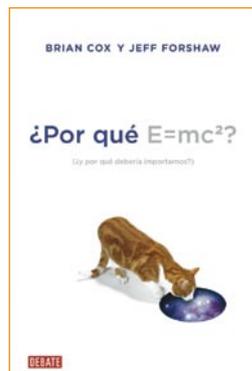
Autores: Brian Edward Cox y Jeffrey Forshaw

Traduce: Marcos Pérez Sánchez

Edita: Debate (2013)

Lengua: castellana - 240 páginas

ISBN: 978-8-499-92234-8



He aquí una explicación fascinante y asequible de la famosísima ecuación de Einstein. Brian Cox, físico de la Royal Society y profesor de la Universidad de Manchester (además de músico), y Jeff Forshaw, también físico de esa misma universidad, nos guían hasta las fronteras de la ciencia para analizar el auténtico significado que subyace en la secuencia de símbolos de la icónica fórmula

einsteiniana, y cuyo mero enunciado ya permite plantear múltiples y profundos interrogantes: ¿qué es la energía?, ¿y qué la masa?, ¿y por qué la velocidad de la luz es el vínculo entre ambas?

Para responder a tales preguntas los autores sugieren adentrarnos en las tripas de uno de los mayores experimentos científicos jamás realizados, ubicado entre Francia y Suiza, bajo la ciudad de Ginebra: el Gran Colisionador de Hadrones, un acelerador de partículas. Con esta gigantesca máquina —una rosquilla de 4,3 km de diámetro en cuyo interior puede recrearse el universo primitivo en los primeros instantes tras el Big Bang— Cox y Forshaw examinan la actual teoría que aclara el origen de la masa. Pero, además de la masa y la energía, también aparece un tercer elemento, acaso el más intrigante de la ecuación: c (la velocidad de la luz en el vacío). ¿Por qué esta velocidad es la constante de proporcionalidad entre masa y energía? Contestar a esto es el eje de los actuales trabajos de investigación y para entender realmente la igualdad $E=m \cdot c^2$ los autores nos explican que la flecha del tiempo no puede retroceder y que en nuestro universo tridimensional los objetos en verdad se mueven en un espacio-tiempo tetradimensional. En otras palabras, Cox y Forshaw, con un lenguaje llano, nos desentrañan la estructura misma del mundo en que vivimos.

En suma, ¿Por qué $E = m \cdot c^2$?, obra que surge de la colaboración entre dos físicos británicos de la última hornada, promete una de las exposiciones más interesantes y sencillas de la teoría de la relatividad que se hayan publicado en los últimos años. ■

CIEMAT Novedades editoriales

Producción de conocimiento científico y tecnológico: una aproximación conceptual

Informe Técnico Ciemat 1272 (DVD)
Díaz, I.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-003-6
PVP: 15 Euros

Glow Discharge Emission Spectrometry (GDOES): Introducción teórica, aspectos generales y aplicabilidad en el marco del programa Technofusion

Informe Técnico Ciemat 1273 (DVD)
Martín-Rojo, A. B.; González, M.; Tabarés, F. L.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-002-0
PVP: 15 Euros

Metodología SIG para la localización de centrales de biomasa mediante evaluación multicriterio y análisis de redes. Modelos de localización-asignación para el aprovechamiento de biomasa forestal

Informe Técnico Ciemat 1274 (DVD)
Paz, C. de la; Domínguez, J.; Pérez, M. E.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-005-7
PVP: 15 Euros

metodología SIG multicriterio enfocada a la localización de enclaves óptimos para centrales minihidroeléctricas mediante aplicaciones hidrológicas y geoespaciales

Informe Técnico Ciemat 1275 (DVD)
Paz, C. de la; Domínguez, J.; Pérez, M. E.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-004-1
PVP: 15 Euros

Variación de la actividad fisiológica de la microflora del suelo en terrenos afectados por actividades mineras

Documentos Ciemat (DVD)
Díaz Puente, F. J.
ISBN: 978-84-7834-692-9
Deposito Legal: M-4486-2013
NIPO: 721-13-012-2
PVP: 15 Euros

Aplicabilidad de técnicas de volatilización controlada de mercurio en el cerco minero de Almadenejos

Informe Técnico Ciemat 1277 (DVD)
Sánchez, L.; Sierra, M. J.; Millán, R.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-009-9
PVP: 15 Euros

Termografía de alta temperatura en el contexto de radiación solar concentrada

Documentos Ciemat (DVD)
Marzo Rosa, A.
ISBN: 978-84-7834-691-2
Deposito Legal: M-3393-2013
NIPO: 721-13-006-2
PVP: 15 Euros

la nueva ley de residuos y suelos contaminados

Fuera Colección (DVD)
Blasco Hedo, E.
ISBN: 978-84-7834-693-6
Deposito Legal: M-6069-2013
NIPO: 978-84-7834-693-6
PVP: 15 Euros

Búsqueda del bosón de higgs en el canal H->ZZ->2L2B en el experimento CMS del LHC

Informe Técnico Ciemat 1278 (DVD)
Navarro, E.; García, P.; Hernández, J. M.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-011-7
PVP: 15 Euros

Current travertines precipitation from CO₂-rich groundwaters as an alert of CO₂ leakages from a natural CO₂ storage at Gaiuuelas-Mazarrón tertiary basin (Murcia, Spain)

Informe Técnico Ciemat 1279 (DVD)
Rodrigo-Naharro, J.; Delgado, A.; Herrero, M. J.; Granados, A.; Pérez del Villar, L.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-013-8
PVP: 15 Euros

Proyecto PMACO₂: porosidad y mecanismos de atrapamiento de CO₂. La formación Utrillas en el sondeo SD-1 (Tejada-Burgos): porosidad y modelización del sistema poroso

Informe Técnico Ciemat 1280 (DVD)
Campos, R.; Barrios, I., González, A. M.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-015-9
PVP: 15 Euros

Curso sobre gestión de residuos radiactivos. Edición 2013

Serie Ponencias (DVD)
CIEMAT
ISBN: 978-84-7834-694-3
Deposito Legal: M-12469-2013
NIPO: 721-13-017-X
PVP: 15 Euros

Diseño y análisis térmico de un sistema receptor volumétrico para un horno solar de alta temperatura

Serie Colección Documentos (DVD) CIEMAT
ISBN: 978-84-7834-696-7
Deposito Legal: M-12827-2013
NIPO: 721-13-022-4
PVP: 15 Euros

Estudio anual de la composición orgánica del PM_{2.5} en Chapinería

Informe Técnico Ciemat 1281 (DVD)
Pindado, O.; Pérez, R. M.; García, S.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-020-3
PVP: 15 Euros

Estudio quimiométrico de la composición orgánica anual del PM_{2.5} en chapinería

Informe Técnico Ciemat 1282 (DVD)
Pindado, O.; Pérez, R. M.; García, S.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-021-9
PVP: 15 Euros

Desarrollo del modelo de Factorización de la Matriz Positiva (PMF) al estudio anual de la composición orgánica del PM_{2.5} en Chapinería

Informe Técnico Ciemat 1283 (DVD)
Pindado, O.; Pérez, R. M.; García, S.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-019-0
PVP: 15 Euros

Desarrollo y caracterización de dispositivos P-I-N de silicio amorfo depositados por PECVD

Documentos Ciemat (DVD)
Santos Rodríguez, S. D.
ISBN: 978-84-7834-695-0
Deposito Legal: M-14806-2013
NIPO: 721-13-024-5
PVP: 15 Euros

Electron cyclotron waves polarization in the TJ II Stellarator

Informe Técnico Ciemat 1284 (DVD)
Cappa, A.; Martínez-Fernández, J.; Wagner, D.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-023-X
PVP: 15 Euros

Química y Energía, en clase de Historia

Fuera de Colección (Audiovisual)
Deposito Legal: M-12525-2013
NIPO: 721-13-018-5
PVP: Gratuita

Huerta del Rey: caracterización edáfica de una zona histórica de la minería del mercurio y estudio de la transferencia del mercurio a plantago mayor

Informe Técnico Ciemat 1276 (DVD)
Suárez, C.; Manero, L.; Sierra, M. J.; Rodríguez-Alonso, J.; Rodríguez-Alonso, J.; Millán, R.
ISSN: 1135-9420
Deposito Legal: M-26385-2011
NIPO: 721-13-010-1
PVP: 15 Euros

CURSOS julio-diciembre 2013

ESPECIALIDAD	CURSOS	FECHA
Protección Radiológica E-mail: pr.tn@ciemat.es Telf.: 91 346 62 94 / 67 48	<ul style="list-style-type: none"> Operadores de Instalaciones Radiactivas. Dirigir y Operar Equipos de Rayos X de Radiodiagnóstico Médico. 	Del 16 de septiembre al 1 de octubre Del 21 al 25 de octubre
Tecnología Nuclear E-mail: pr.tn@ciemat.es Telf.: 91 346 62 94 / 67 48	<ul style="list-style-type: none"> Máster en Ingeniería Nuclear y Aplicaciones MINA-2013 Caracterización de Residuos Radiactivos 	Del 1 de octubre de 2013 al 30 de junio de 2014 Del 18 al 22 de noviembre
Energías Renovables E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Telf.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas Solares de Concentración Las Energías Renovables y los Edificios de Consumo de Energía casi nulo Fundamentos, Dimensionado y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica Summer School (Plataforma Solar de Almería) 	Del 7 al 17 de octubre Del 11 al 15 de noviembre Del 18 al 29 de noviembre Del 9 al 13 de septiembre
Medio Ambiente E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Telf.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Procesos de Degradación y Recuperación de Suelos 	Del 23 de septiembre al 4 de octubre
Biotecnología E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Telf.: 91 346 6486 / 6295	<ul style="list-style-type: none"> Citometría de Flujo 	Del 18 al 22 de noviembre
Aula Virtual Email: aulavirtual@ciemat.es Telf.: 91 346 08 93	<ul style="list-style-type: none"> Curso Básico Técnico en Prevención de Riesgos Laborales en Experimentación Animal Técnico Experto en Protección Radiológica. Instalaciones Radiactiva 	Del 23 de septiembre al 13 de diciembre Del 16 de septiembre de 2013 al 17 de enero de 2014



Instrumentación y Sistemas para Instalaciones Radiactivas y ambientales

C/ Primera, 27
28016 Madrid
Telf.: +34 91 413 16 63
Fax: +34 91 413 62 44

tecnasa@teleline.es





El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) es un organismo público de investigación adscrito al Ministerio de Economía y Competitividad y cuyas actividades se desarrollan en las áreas de energía y medioambiente, en tecnologías de vanguardia y en ámbitos de investigación básica.

La principal misión del CIEMAT es contribuir al desarrollo sostenible de España y a la calidad de vida de sus ciudadanos mediante la generación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico.

El equipo humano del CIEMAT, formado por 1500 personas, realiza su actividad en torno a proyectos de envergadura tecnológica, capaces de articular la I+D+i y los objetivos de interés social.



CENTROS DEL CIEMAT EN TODA ESPAÑA:

Mocloa-CIEMAT (Madrid)(sede central) (www.ciemat.es)

PSA - Plataforma Solar de Almería (Tabernas, Almería) (www.psa.es)

CETA - Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas (Trujillo, Cáceres) (www.ceta-ciemat.es)

CIEDA - Centro Internacional de Estudios de Derecho Ambiental (Lubia, Soria)

CISOT- Centro de Investigaciones Sociotécnicas (Barcelona)

CEDER - Centro de Desarrollo de Energía Renovables (Lubia, Soria) (www.ceder.es)