



PERSPECTIVA HISTÓRICA

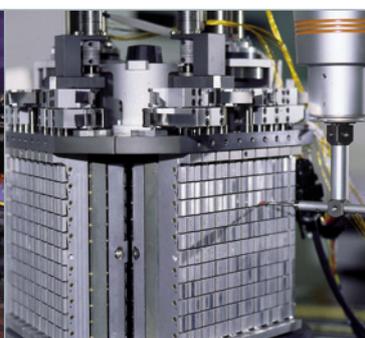
DE LA INVESTIGACIÓN CON TÉCNICAS NEUTRÓNICAS EN ESPAÑA

dossier

HISTORICAL PERSPECTIVE OF RESEARCH WITH NEUTRON TECHNIQUES IN SPAIN

sumario | summary

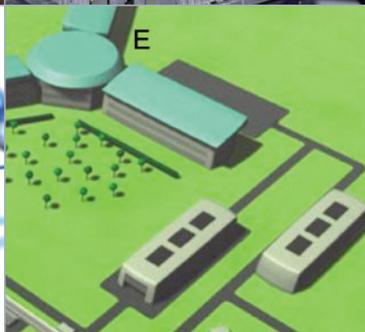
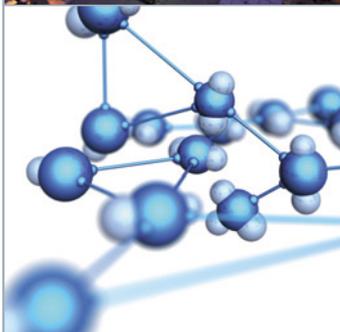
4 . Introducción | Introduction



7 . Evolución de la actividad española | Evolution of Spanish activity

- 7 Los primeros años (hasta 1986)
Early years (until 1986)
- 8 Crecimiento de la comunidad española (1986-1996)
Growth of the Spanish scientific community (1986-1996)
- 12 Consolidación (1996-2006)
Consolidation (1996-2006)

21 . Panorama científico | Scientific panorama



17 . Desarrollo instrumental | Instrumental development

23 . Consideraciones presentes | Present considerations

27 . Conclusiones | Conclusions



PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN CON TÉCNICAS NEUTRÓNICAS EN ESPAÑA

HISTORICAL PERSPECTIVE OF RESEARCH WITH NEUTRON TECHNIQUES IN SPAIN

L. Fernández Barquín

CITIMAC Dept., University of Cantabria, Santander (Spain)

A. Arbe

Material Physics Unit, CSIC-University of Basque Country, San Sebastián (Spain)

F.J. Bermejo

Electricity and Electronics Dept., University of Basque Country, Bilbao (Spain)

J Campo

Materials Science Institute of Aragón, CSIC - University of Zaragoza, Zaragoza (Spain)

G.J. Cuello

Institute Laue-Langevin, Grenoble (France)

J.L. García Muñoz

Materials Science Institute of Barcelona, CSIC, Barcelona (Spain)

V. García Sakai

ISIS Facility, Rutherford-Appleton Laboratory, Didcot (UK)

P. Gorria

Dept. of Physics, University of Oviedo, Oviedo (Spain)

J. Gutiérrez

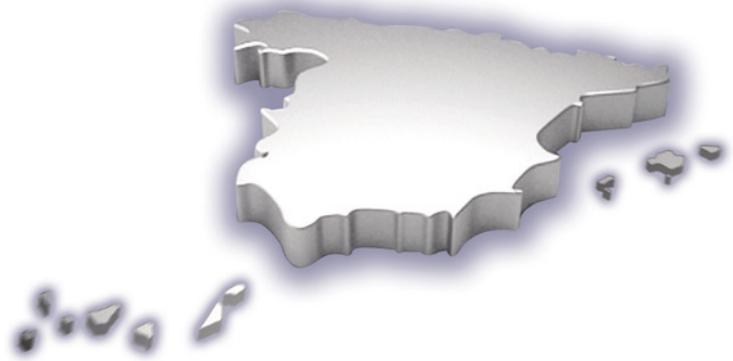
Electricity and Electronics Dept., University of Basque Country, Bilbao (Spain)

Son miembros de la Junta Directiva de la Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas. *Members of the Board, Spanish Society of Neutron Techniques*

A continuación presentamos un resumen la actividad de la comunidad científica española usuaria de técnicas de dispersión de neutrones, a lo largo de los últimos 20 años. Las técnicas neutrónicas están ampliamente consolidadas en el estudio de la materia en diversos campos de la investigación, desde las ciencias de la vida a la ingeniería de materiales. La actividad puede dividirse en tres etapas de desarrollo, comenzando por los primeros años, seguidos de un periodo de consolidación, que se vio favorecido por un acuerdo con el Instituto Laue-Langevin (ILL) y en tercer lugar la etapa de plena madurez que se produce a partir de 1996. La comunidad científica española es muy activa, como se demuestra tanto por su importante historial de publicaciones como por el desarrollo de instrumentación, que en ambos casos se ha realizado principalmente en dos de los centros más importantes a nivel mundial, el ILL y el ISIS en el Laboratorio Rutherford-Appleton (R.U.). Es de esperar que la construcción de una nueva fuente de neutrones europea abra nuevas oportunidades científicas y tecnológicas además de potenciar y mejorar la actividad ya existente.

PERSPECTIVA HISTORICA

DE LA INVESTIGACIÓN CON TÉCNICAS NEUTRÓNICAS EN ESPAÑA



This is a summary of the scientific activity of the Spanish community over the last 20 years using neutron scattering techniques. Neutron techniques are well-established to study matter covering different research interests, from life sciences to material engineering. The activity can be divided into three development stages, starting with the pioneering years, followed by the consolidation period, which was promoted through the agreement with the Institute Laue-Langevin (ILL) and finally reaching full maturity from 1996 onwards. The Spanish scientific community is very active as shown by its significant publication record as well as the development of instrumentation both mainly achieved from two of the world-leading neutron centres, ILL and the ISIS Rutherford-Appleton Laboratory (UK). The construction of a new European neutron source will open up scientific and technological opportunities and challenges to improve the existing activity.

La posible construcción de la futura fuente europea de espalación de neutrones, *European Spallation Source* (ESS), está generando una gran expectación así como una cantidad creciente de noticias en estos últimos meses [1]. Esta fuente de última generación, apoyada por el Foro Estratégico Europeo sobre Infraestructuras de Investigación (ESFRI), es un anhelo científico y tecnológico que mantendría el liderazgo de Europa en las técnicas neutrónicas [2].

La ESS proporcionará un fuerte impulso para la investigación científica y, en particular, para los grupos de investigación españoles que emplean estas técnicas. Además, será un revulsivo para la incorporación de empresas españolas al entramado de la I+D+i, aportando tecnología sofisticada para el diseño y construcción de instrumentación, así como para el funcionamiento de la fuente. En este sentido, se debe subrayar que este tipo de tecnología avanzada ya ha sido desarrollada por algunos grupos y empresas de nuestro país, desde hace años, para centros internacionales de prestigio contrastado. Igualmente, no es desdeñable la gran cantidad de personal cualificado que se beneficiará por dicha instalación. Desde un punto de vista global, favorecerá una colaboración multidisciplinaria entre diferentes grupos y su conexión con el entramado empresarial, lo que desde cualquier política estatal científica-tecnológica es un logro destacable. Todas estas consideraciones serían naturalmente reforzadas si la sede (a elegir en los próximos meses) recayera en Bilbao, que es candidata fruto de un acuerdo entre los Gobiernos Central y Autonómico Vasco. En cualquier caso, la ESS aportará un considerable desarrollo científico-tecnológico para nuestro país.

Es útil recordar sucintamente que las técnicas neutrónicas constituyen una herramienta esencial para el estudio del comportamiento microscópico de la materia, sin olvidar la utilización para experimentación intrínsecamente nuclear [3]. Dado que se dispone de haces de neutrones con longitudes de onda en el rango de las **distancias interatómicas** ($\approx 1 \text{ \AA}$) y se pueden conseguir resoluciones en energía en el rango del μeV , los neutrones constituyen una sonda ideal para el estudio preciso tanto de la estructura de los materiales, como de su dinámica. Además, es posible realizar experimentos bajo variadas condiciones extremas de temperatura, campo magnético y presión. La información obtenida mediante estas técnicas, no sólo permite ahondar en el conocimiento a nivel básico de los materiales, sino que se traduce en beneficios para

La posible construcción de la futura *European Spallation Source* (ESS) has generated great expectations and increasing coverage in the news over the past few months [1]. This late-generation neutron source, which is supported by the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI), is a scientific and technological goal that will maintain Europe's leadership in the development of neutron techniques [2].

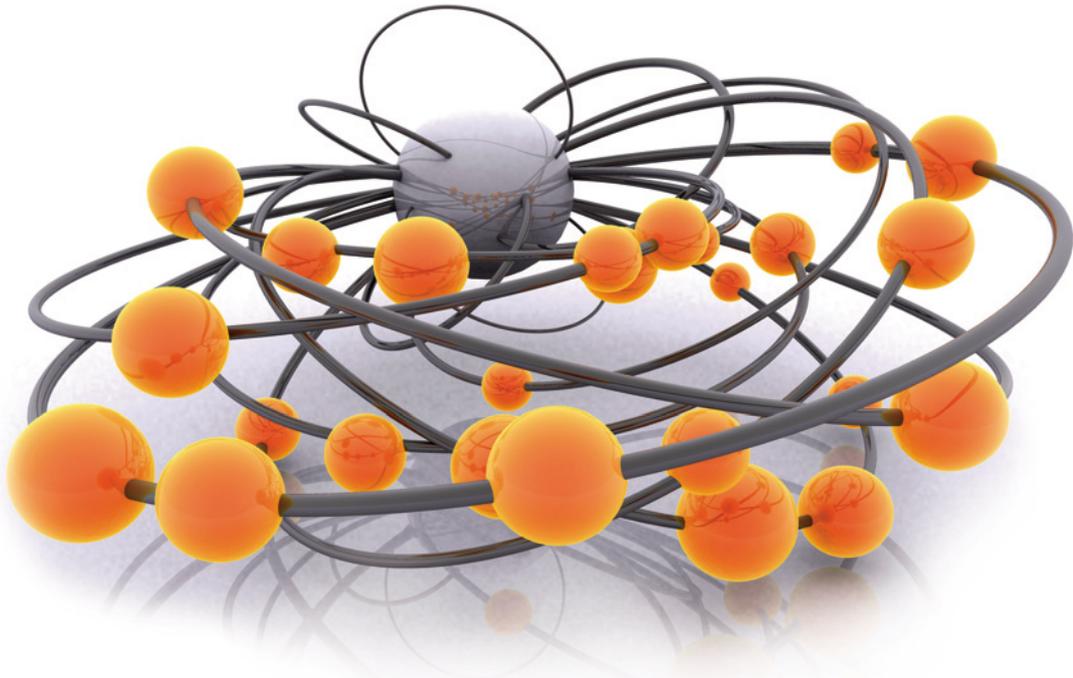
The ESS will be a major incentive for scientific research and particularly Spanish research groups using these techniques. It will stimulate the incorporation of Spanish companies into the R+D+i network, encouraging them to provide sophisticated technology for the design and construction of instrumentation, as well as for the function of the neutron source. It is important to emphasize that for many years Spanish companies and groups have been developing this type of advanced technology for prestigious international centres. A large number of qualified personnel will also benefit from this facility. From a global vantage point, it will favour multidisciplinary cooperation among different groups and the connection of these groups with business networks, which in terms of scientific and technological state policies is a notable achievement. This would naturally be reinforced if the headquarters of the ESS (to be chosen in the coming months) were to be established in Bilbao. The Bilbao candidacy is fruit of an agreement between the Central Government and the Basque Government. The ESS will regardless produce considerable scientific and technological development in Spain.

It is useful to recall briefly that neutron techniques are an essential tool for studying the microscopic behaviour of matter, without overlooking their utility for intrinsically nuclear experimentation [3]. As neutron beams with wavelengths in the range of **interatomic distances** ($\approx 1 \text{ \AA}$) and energy resolutions within the range of μeV can be generated, neutrons are an ideal probe for the precise study of material structure and dynamics. In addition, it is possible to perform experiments under a variety of extreme conditions of temperature, magnetic fields, and pressure. The information obtained using these techniques not only allows us to obtain in-depth basic knowledge of materials, but also benefits industrial sectors from widely diverse fields, such as plastics, cosmetics, paint, fibres, new construction materials,

sectores industriales en campos muy diversos, como son los plásticos, cosméticos, pinturas, fibras, nuevos materiales para la construcción, el automóvil, la aeronáutica, los lubricantes, el control alimentario, procesos y materiales para la calidad medioambiental, transporte, energía (baterías, pilas de combustible, etc.), electrónica y sistemas de información, entre otras. Cada vez más, áreas como el Patrimonio Cultural, la Arqueometría o las Ciencias biomédicas se están beneficiando del uso de las técnicas neutrónicas.

automobile engineering, aeronautics, lubricants, food processing controls, environmental quality processes and materials, transportation, energy (batteries, fuel cells, etc.), electronics and information systems, among others. Increasingly, fields such as Cultural Heritage, Archaeometry or biomedical sciences are benefiting from the use of neutron techniques.

The neutron has magnetic moment, an intrinsic property that makes it a fundamental tool for



Por otra parte, el neutrón posee **momento magnético**, propiedad intrínseca que le convierte en una herramienta fundamental para caracterizar las disposiciones de los momentos magnéticos en los materiales y estudiar su dinámica. Es decir, cada neutrón actúa como una pequeña brújula, capaz de sentir los campos magnéticos que existen en el interior de muchos tipos de materiales [3]. Finalmente, es reseñable la posibilidad de realizar experimentos en compuestos con sustituciones isotópicas para resaltar una parte del material respecto a otra. En particular, en el campo de la llamada **materia blanda**, la deuteración selectiva junto a las técnicas neutrónicas abren un sinfín de posibilidades inaccesibles mediante otras técnicas.

characterizing the dispositions of magnetic moments in materials and for studying material dynamics. This means that each neutron acts like a small compass, capable of sensing the magnetic fields that exist inside many types of materials [3]. This outlines the possibility of experimenting on compounds using isotopic substitutions to highlight part of the material with respect to another. In particular, in the field of so-called **soft material**, selective deuteration, together with neutron techniques, opens infinite possibilities that are inaccessible to other techniques.

Las técnicas con haces de neutrones son conocidas y aplicadas desde hace décadas, pero es en los últimos

Neutron beam techniques are known and have been used for decades, but in recent years, thanks to the high fluxes that have been achieved ($\approx 10^{15}$ neutrons/cm²s) and to the development of more efficient instrumentation (supermirrors, monochromators,

años, gracias a la obtención de altos flujos ($\approx 10^{15}$ neutrones/cm²s) y al desarrollo de instrumentación más eficiente (superespejos, monocromadores, detectores, etc.), cuando se han logrado los avances más espectaculares [4]. Su importancia fue reconocida en la concesión del Premio Nobel de Física de 1994 a Clifford Shull y Bertram Brockhouse por sus trabajos pioneros en el desarrollo y la utilización de las técnicas neutrónicas aplicadas al conocimiento de la estructura y la dinámica atómica de los materiales [5].

Durante los últimos 35 años Europa ha liderado la investigación con estas técnicas donde ha destacado el Institut Laue-Langevin (ILL), con el reactor de mayor flujo del mundo. Sin embargo, todo apunta a que en el futuro la producción de neutrones se basará en las **técnicas de espalación**. A grandes rasgos, en una fuente de espalación se producen altísimos flujos pulsados de neutrones bombardeando un blanco (**target**) de metal pesado con partículas aceleradas hasta muy alta energía (\sim GeV). Dependiendo de la duración del pulso se pueden diseñar fuentes de pulso corto (μ s), por ejemplo ISIS, o largo (ms), como la proyectada ESS. En una fuente de espalación pulsada la producción de neutrones es más eficiente energéticamente ya que se disipa 8 veces menos calor por neutrón producido que en un reactor de fisión.

La investigación con técnicas neutrónicas en España surge en la década de los 70 gracias a las actividades de algunos científicos que se podrían considerar como los pioneros en este campo. Pero es sin duda la adhesión de España en 1987 al ILL la que marca el comienzo de la investigación en España con técnicas neutrónicas. Más tarde la actividad se consolida con la utilización de otras fuentes, destacando la fuente de espalación de neutrones británica ISIS situada en el Rutherford-Appleton Laboratory. Algunos años más tarde, la comunidad española de usuarios de neutrones se organiza y se crea la Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas (SETN).

En el año 1998, la comunidad española tiene **acceso** al difractor D1B (ILL) en régimen de Grupo de Investigación en Colaboración (CRG), gracias al apoyo del entonces MEC y a través del CSIC. Más significativo y hecho de importancia capital es la participación en el **diseño y construcción** de instrumentación científica, destacando el instrumento IN8 (ILL). Esta participación requiere un conocimiento exhaustivo de las técnicas neutrónicas y la capacidad de atraer y aglutinar a empresas, lo que ciertamente es difícil todavía en nuestro país.

En tal contexto, el objetivo fundamental de este artículo es dar a conocer la evolución de la actividad española con técnicas neutrónicas a la comunidad científica en general y a los miembros de la RSEF en

detectores, etc.), spectacular advances have been made [4]. Their importance was recognized by the award of the nobel prize for physics in 1994 to Clifford Shull and Bertram Brockhouse for their pioneering work in the development and use of neutron techniques applied to analyzing the atomic structure and dynamics of materials [5].

Over the last 35 years, Europe has led research with these techniques and the Laue-Langevin Institute (ILL) has stood at the forefront with the reactor that has the highest fluxes in the world. However, everything suggests that in the future the neutron production will be done using spallation techniques. In broad strokes, using a spallation source, high pulsed fluxes of neutrons are produced that bombard a heavy metal target with particles accelerated to very high energy (\sim GeV). By modifying the duration of the pulse, short pulse (ms) sources, such as ISIS, or long pulse (ms) sources, like the planned ESS, can be designed. In a spallation pulsed neutron source, neutron production is energetically more efficient because 8 times less heat is dissipated per neutron produced than in a fission reactor.

Investigation using neutron techniques in Spain appeared in the 1970s as a result of the activities of some scientists considered as pioneers in this field. However, the accession of Spain in 1987 to ILL undoubtedly marked the beginning of research with neutron techniques in this country. This research activity was then consolidated with the use of other neutron sources, such as the British ISIS spallation neutron source located in the Rutherford-Appleton Laboratory. A few years later, the Spanish community of neutron users organized and founded the Spanish Society of Neutron Techniques (SETN, Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas).

In 1998, the Spanish community gained access to the D1B diffractometer (ILL) under a Cooperative Research Group (CRG) scheme, thanks to the support of the former MEC (Ministry of Education and Science) and through the services of the CSIC (Spanish national research council). A more significant fact of capital importance was the participation of Spanish scientists in the **design and construction** of scientific instrumentation, particularly the IN8 instrument (ILL). This participation requires an exhaustive knowledge of neutron techniques and the ability to attract and incorporate companies, which is not an easy task in Spain.

In this context, the fundamental objective of this article is to provide information regarding the evolution of Spanish activity with neutron techniques to the scientific community in general and to the members of the Spanish Royal Society of Physics (RSEF, Real Sociedad

particular. A continuación se describirá con un mayor rigor la trayectoria histórica desde sus inicios hasta nuestros días y se presentarán algunos datos que permitan establecer una evaluación global de los resultados logrados. Asimismo se describirá la aportación española en el diseño y construcción instrumental y se comentará el panorama de la actividad con neutrones en España.

Española de Física) in particular. In this article a more thorough description of the history from inception to the present day is provided as well as data to establish an overall evaluation of the results achieved. The Spanish contribution to instrumental design and construction will be characterized, and the panorama of activities with neutrons in Spain will also be discussed.

2

EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD ESPAÑOLA EN TÉCNICAS NEUTRÓNICAS

EVOLUTION OF SPANISH ACTIVITY IN NEUTRON TECHNIQUES

AUNQUE el objetivo de este artículo se centra en los años de actividad en fuentes de neutrones con participación económica española directa, es necesario tener en cuenta la actividad anterior, que sirvió de génesis.

2.1. Los primeros años (hasta 1986)

La investigación utilizando técnicas de neutrones comenzó gracias a la formación de algunos científicos españoles en la década de los 60, y especialmente en la de los 70, en centros de investigación extranjeros y/o en Universidades e Institutos Españoles que colaboraban con dichos centros. Es obvio que un centro de investigación en técnicas neutrónicas requería el uso de un reactor nuclear (fuente continua) o una fuente de espalación (fuente pulsada) [3] dedicada específicamente a dicha actividad, infraestructuras a todas luces lejanas de las posibilidades económicas y políticas de España en aquellos tiempos. Por ello, estos pioneros son personas que pasaron largas temporadas trabajando en el extranjero. Las líneas de investigación en esos primeros años se restringen fundamentalmente a la cristalografía, la

ALTHOUGH the objective of this article centres on the years of work with neutron sources in which there has been direct Spanish economic participation, the earlier activity, which sowed the initial seeds, must also be taken into account.

2.1. The early years (until 1986)

Research using neutron techniques began in Spain thanks to the training of some scientists in the 1960s and, especially, the 1970s at international research centres and/or in Spanish universities and institutes that were cooperating with these centres. Research centres applying neutron scattering techniques obviously require the use of a nuclear reactor (continuous source) or spallation source (pulsed neutron source) [3] dedicated specifically to this activity. These infrastructures were virtually impossible considering the economic and political possibilities of Spain at that time. For this reason, these pioneer researchers were people who spent long periods working abroad. The lines of investigation in those

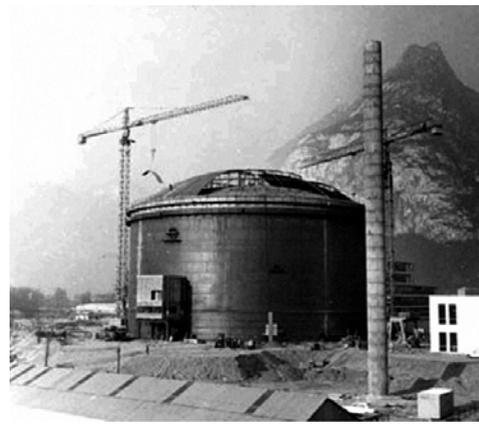
materia blanda y al magnetismo. En suma, estamos hablando de tan sólo una producción científica cercana a la veintena de artículos, pero que constituirán la semilla de muchos estudios posteriores. Como consecuencia de esa actividad y del retorno a España de algunos de aquellos investigadores pioneros, se forja la base que unos años más tarde daría lugar a un gran número de grupos de investigación consolidados.

2.2. Crecimiento de la comunidad española (1986 -1996)

El trabajo y experiencia de los mencionados pioneros, el apoyo incondicional de ciertos investigadores extranjeros cercanos a la actividad científica española y, sobre todo, los cambios políticos que impulsaron la entrada de España en diversas instituciones europeas de todo tipo, hacen que en 1987 la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, asesorada por la Comisión Nacional de Usuarios de Técnicas Neutrónicas, promoviera el primer acuerdo de colaboración entre España y el ILL para disfrutar de un 1,5% de su tiempo de haz. El reactor de alto flujo del ILL (Figura 1) cuenta con 35 instrumentos situados ya sea radialmente en torno al reactor o a los lados de guías. En la Figura 2 se muestra la disposición específica de los instrumentos.



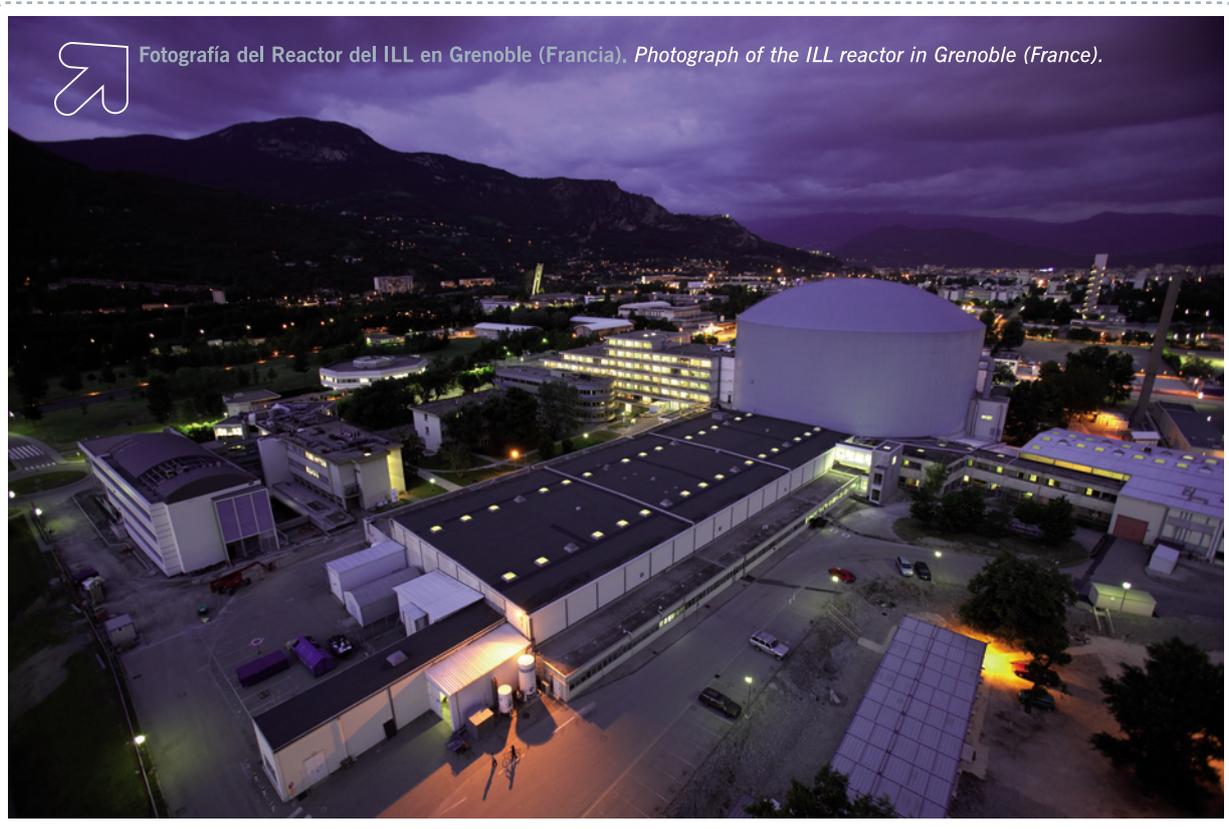
FIGURA / FIGURE 1



Construcción del reactor ILL en Grenoble alrededor de los años 60. Fuente ILL. *Construction of the ILL reactor in Grenoble in the 1960s. ILL neutron source.*

early years were restricted fundamentally to crystallography, soft matter and magnetic forces. To summarize, we refer to the scientific production of close to 20 articles which eventually gave rise to a number of later studies. As a consequence of this activity and with the return to Spain of some of the pioneering researchers, the foundations, that years later would sustain a large number of consolidated research groups were laid.

FIGURA / FIGURE 2



Fotografía del Reactor del ILL en Grenoble (Francia). *Photograph of the ILL reactor in Grenoble (France).*

Este tipo de adhesión supuso una novedad en el ILL, entonces con tres países miembros (Alemania, Francia y Reino Unido), ya que se instauró el sistema de acceso a través de la incorporación como **País Científico Asociado** y que posteriormente sería el modelo de participación utilizado por otros países como Suiza (1988), Austria (1990), Rusia (1996), Italia (1997), Chequia (1999), Suecia y Hungría (2005), Bélgica y Polonia (2006). Se puede considerar un hito importante la entrada de España en el ILL precediendo a países con similar o incluso mayor potencialidad.

La cuota de utilización de tiempo de haz financiado fue incrementándose desde el 1.5 % inicial hasta el 3 % en el año 1999 si bien el tiempo que la comunidad española utilizaba era siempre superior. Como en otras grandes instalaciones, la participación económica de un país no asegura una cuota de utilización fija, ya que las propuestas de experimentos han de ser previamente evaluadas por comisiones que estiman su valía científica y eventual viabilidad. En enero de 1987 se obtienen los primeros espectros de difracción en algunos compuestos magnéticos en un experimento en D4 (Figura 3), hecho que coincide curiosamente con los 20 años de vida del instituto.

2.2. Growth of the Spanish scientific community (1986-1996)

The work and experience of these pioneers, together with the unconditional support of certain foreign researchers close to Spanish scientific circles and, above all, the political changes that brought Spain into diverse European institutions, meant that in 1987 the Interministerial Commission of Science and Technology, advised by the National Commission of Users of Neutron Techniques, sponsored the first cooperative agreement between Spain and the ILL to use 1.5% of its beam time. The ILL high flux reactor (Figure 1) has 35 instruments situated either radially around the reactor or on the sides of the guides. The specific disposition of the instruments is shown in Figure 2.

This type of accession was a novelty in the ILL, which at the time had three member countries (Germany, France and the United Kingdom). Normally countries gained access by incorporation as an **Associated Scientific Country**. This was eventually to be the model of participation used by other countries like Switzerland (1988), Austria (1990), Russia (1996), Italy (1997), Czech Republic (1999), Sweden and Hungary (2005), Belgium and Poland (2006). The entrance of Spain into the ILL prior to countries with similar or greater potential is an important landmark.

The quota of beam time use financed was increased from an initial 1.5% to 3% in 1999, although the Spanish scientific community always used more time. As in the case of other large facilities, the economic participation of a country does not ensure a set quota for use because the experiment proposals have to be previously evaluated by commissions which assess their scientific value and eventual viability. In January 1987, the first diffraction spectra were obtained in some magnetic compounds in an experiment on D4 (Figure 3), which, interestingly, coincides with the 20 years since the start of the institute.

Months earlier, in October 1986, the first School of **Neutron Techniques** was held in Jaca, with the participation of more than 100 scientists from different disciplines. There were more than 20 speakers of which 7 were Spanish. The program included sessions to introduce the techniques and the study of structures and excitation of all types of materials, analysis of magnetic behaviours and incidence on what were already attractive industrial and biological applications [6]. Aspects such as the correct preparation of experiment proposals and the keystone for conducting such experiments, were not overlooked. In this period the participation of Spanish scientists in the largest pulsed neutron

FIGURA / FIGURE 3



Experimento de difracción en el instrumento D4 en enero de 1987. Al fondo se observa el difractómetro, que cuenta con un criostato vertical naranja, capaz de bajar rutinariamente hasta 1,5 Kelvin. *Diffraction experiment on the D4 instrument in January 1987. The diffractometer is visible in the background. It has a vertical orange cryostat that is capable of routinely lowering temperature to 1.5 Kelvin.*



FIGURA / FIGURE 4



Vista aérea de la fuente de espalación ISIS en el laboratorio Rutherford-Appleton. Al fondo se sitúa el sincrotrón Diamond. *Aerial view of the ISIS spallation neutron source at the Rutherford-Appleton laboratory. The Diamond synchrotron.*

Unos meses antes, en octubre de 1986, se había celebrado la primera escuela de **Técnicas de Neutrones** en Jaca, con una participación de más de 100 científicos de diferentes disciplinas y donde se presentaron más de 20 ponencias, contando con siete ponentes españoles. El programa contó con sesiones introductorias a las técnicas y al estudio de estructuras y excitaciones en todo tipo de materiales, análisis de comportamientos magnéticos e incidencia en las ya entonces atractivas aplicaciones industriales y biológicas [6]. No se olvidaron aspectos tan aparentemente prosaicos como la elaboración adecuada de propuestas de experimentos; piedra angular para la realización de los mismos. Comienza a ser significativa en esta época la participación de científicos españoles en la mayor fuente de neutrones pulsados ISIS en Didcot, cerca de Oxford, en el Reino Unido (Figura 4), puesta en marcha en 1985.

A finales de los 80 la actividad investigadora experimenta un fuerte impulso; es el comienzo de la dotación generalizada de instrumentación a los laboratorios en España, de la convocatoria creciente de becas por parte del MEC y del CSIC, el número de artículos crece, y la calidad aumenta. También en esa época dos científicos españoles son contratados por el ILL como responsables de sendos instrumentos. Ello supone otro importante avance ya que se reconoce la calidad de los investigadores españoles, permitiendo no ya sólo utilizar sino dirigir el funcionamiento de instrumentos internacionales. Asimismo llegan al ILL en esos años los primeros estudiantes de doctorado españoles.

En los inicios de los 90 se realizan los primeros experimentos españoles en ISIS. En ese período se dispara el número de publicaciones firmadas por investigadores españoles (más de 250 en el período 1991-94), y se diversifican los temas de estudio.

source ISIS at Didcot, near Oxford, in the United Kingdom (Figure 4), which started in 1985, began to be significant.

At the end of the 1980s, research activity advanced significantly. This is when laboratories in Spain were generally equipped, grants from the MEC and CSIC grew progressively, the number of articles rose, and quality improved. In this period, two Spanish scientists were also hired by the ILL to manage different instruments. This was another important step forward because it acknowledged the quality of Spanish researchers, making it possible not only to use but to supervise the operation of instruments in an international centre. At the same time the first Spanish doctoral students came to the ILL.

At the beginning of the 1990s, the first Spanish experiments were conducted at the ISIS. In this period, the number of publications signed by Spanish researchers rose sharply (to more than 250 in 1991-94) and the topics of study became more diversified.

Following the success of the first school of neutron techniques, in November 1988 the second school was organized in Blanes with a similar format but with more than 30 sessions. A book of abstracts was published similar to that published two years earlier in Jaca [7].

Two years later, in 1990, the School of Neutron Techniques took place in Deusto and more than 50 communications were presented by 25 Spanish groups. In 1991, a scientific event was organized in Santander with the participation of the principal European neutron source centres and the Spanish authorities. Much of the Spanish activity in neutron techniques up until then was presented at this event [8]. The book of conferences summarizing the activity presented at Deusto included 37 communications and more than 80 Spanish authors participated. Optimism grew moderately because there was a **second generation** of scientists prepared to support and continue the activity of the so-called **pioneers**. The scientific activity was significant and a good example of this was that the official beam time granted to Spanish scientists continued to be surpassed because of the high quality of the Spanish proposals.

In 1991, the activity of the ILL reactor was detained in order to review and update the installations, this lasted until 1995. However, Spanish activity was not affected, demonstrating that the research groups were well established as this downtime caused users to migrate to other neutron sources with a lower flux but similar scientific quality, such as Risoe (Denmark), Studsvik (Sweden), Laboratoire Léon

Dado el gran éxito de la primera escuela sobre técnicas neutrónicas, en noviembre de 1988 se organiza una segunda en Blanes con un formato similar pero con más de 30 ponencias. Al igual que dos años antes en Jaca se editó un volumen con las conferencias [7].

Dos años más tarde, en 1990, tienen lugar en Deusto, unas **Jornadas sobre Técnicas de Neutrones** donde se presentan más de 50 comunicaciones de 25 grupos españoles. En 1991 se organiza en Santander un evento científico, con la participación de las principales fuentes europeas y de las autoridades españolas, donde se presenta gran parte de la actividad española en técnicas neutrónicas hasta ese momento [8]. En este libro relacionado con la actividad expuesta en Deusto se recogen 37 publicaciones con participación de más de 80 autores españoles. Crece moderadamente el optimismo ya que existe una **segunda generación** de científicos preparados para apoyar y continuar la actividad de los llamados **pioneros**. La actividad es significativa y buena muestra de ello es que se sigue superando el porcentaje de tiempo de haz oficial, concedido a científicos españoles, dada la alta calidad de las propuestas españolas.

En 1991 se produce un cese de la actividad en el reactor del ILL para una revisión y actualización que durará hasta 1995. Sin embargo, la actividad española no se ve afectada, símbolo inequívoco de que los grupos de investigación han alcanzado su madurez, ya que se impulsa una migración, hacia otras fuentes de menor flujo pero de similar calidad científica como las de Risoe (Dinamarca), Studsvik (Suecia), Laboratoire Léon Brillouin, LLB, (Francia), Forschungszentrum Jülich (Alemania), por mencionar algunas. Estas fuentes ya empezaban a ser utilizadas por algunos grupos españoles paralelamente al ILL. Además la puesta en marcha en Grenoble de la fuente de radiación sincrotrón **European Synchrotron Radiation Facility** (ESRF) en 1994, supone otro avance. Las técnicas de sincrotrón y neutrónicas son complementarias y utilizadas indistintamente por los grupos de investigación, con el resultado final de una mejora de calidad de los trabajos y un aumento de la productividad. Por tanto, Grenoble se erige en un polo científico en el que se crean sinergias entre los grupos con resultados positivos.

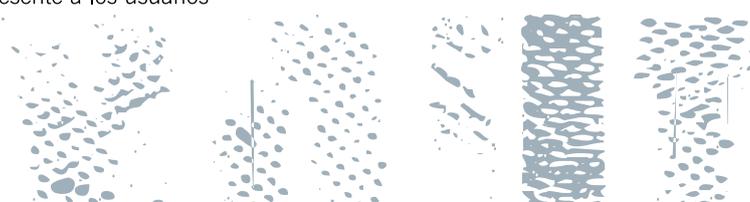
Con motivo de los premios Nobel de Física concedidos a los padres de las técnicas neutrónicas, C. G. Shull y N. B. Brockhouse, la revista de la RSEF dedica una reseña a la actividad científica española con dichas técnicas en 1994 [5]. A mediados de los años 90 se constituye la **European Neutron Scattering Association** (ENSA) como agrupación de las diferentes sociedades nacionales; lo cual precipita la creación de una Sociedad Española de Usuarios, que represente a los usuarios

Brillouin, LLB (France), Forschungszentrum Jülich (Germany), to mention some of them. These neutron sources were beginning to be used by some Spanish groups in parallel with the ILL. In addition, the inauguration in Grenoble of the European **Synchrotron Radiation Facility** (ESRF) in 1994 was another advance. The synchrotron and neutron scattering techniques are complementary and are used indistinctly by research groups with the final result of an improved quality of studies and increased productivity. Thus, Grenoble became a scientific pole where collaboration among groups with positive results was created.

On the occasion of the Nobel Prize for Physics, which was awarded to the parents of the neutron techniques, C.G. Shull and N.B. Brockhouse, the RSEF journal dedicated a note to the Spanish scientific activity using these techniques in 1994 [5]. In the mid-1990s, the European Neutron Scattering Association (ANSA) was constituted as a group of national societies; this precipitated the creation of a Spanish Society of Users, which represents Spanish users in different international forums in this field.

2.3. Consolidation (1996-2006)

A fundamental element, demonstrating the maturity achieved, was the approach to the design, development and construction of advanced scientific instrumentation, based on the drive of some groups who started in the mid-1990s. In section 4 this



españoles en los diferentes foros internacionales dentro de este ámbito.

2.3. Consolidación (1996-2006)

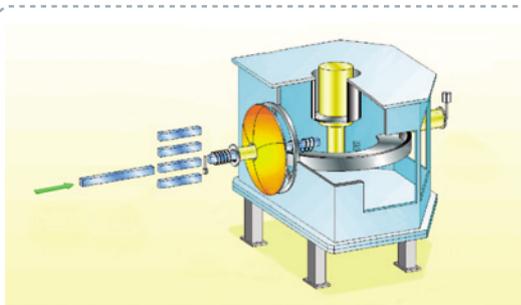
Un elemento fundamental, que hace patente la madurez que se estaba ya consiguiendo, es el abordaje del diseño, desarrollo y construcción de instrumentación científica avanzada, cimentada sobre el empuje de algunos grupos, cuyo comienzo tiene lugar a mitad de los años 90. En la sección 4 se describe con más detalle esta actividad pero son destacables los desarrollos realizados para el espectrómetro secundario del instrumento OSIRIS y el brazo del monitor del instrumento MARI, ambos espectrómetros situados en la fuente ISIS. En el instrumento OSIRIS se combina la posibilidad de realizar difracción de alta resolución en materiales con gran volumen de celda unidad, así como espectroscopia hasta 25 meV (ver Figura 5). En MARI es posible estudiar la dinámica de los átomos con un detector que cubre desde 3° hasta 134°, en materiales magnéticos, poliméricos, termoelectricos, entre otros. En su desarrollo y puesta a punto participaron no sólo científicos españoles sino empresas nacionales que superaron el reto tecnológico de diseñar y construir piezas para dichos instrumentos en competencia con otras europeas.

Después de ser durante más de 20 años un instrumento propio del ILL, el difractor D1B pasó a convertirse en 1997 en un CRG gestionado por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) a través del **Laboratoire de Cristallographie** (CNRS, Grenoble). Poco después, en 1998, el Ministerio de Educación y Ciencia, a través del CSIC, firmó un convenio de

activity is described in more detail, but the developments made for the secondary spectrometers of the OSIRIS instrument and the arm of the monitor of the MARI instrument, both spectrometers located at the ISIS neutron source, are noteworthy. The OSIRIS instrument combines the possibility of performing high resolution diffraction in materials with large unit cell volumes, as well as spectroscopy up to 25 meV (see Figure 5). The MARI can be used to study the dynamics of atoms with a detector that covers from 3° to 134° in magnetic, polymeric, and thermoelectric materials, among others. Spanish scientists as well as national companies participated in its development and fine tuning, meeting the technological challenge of design and construction of parts for these instruments in competition with other European companies.

After being an instrument of the ILL for more than 20 years, the D1B diffractometer in 1997 became a CRG managed by the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) through the **Laboratoire de Cristallographie** (CNRS, Grenoble). Shortly thereafter, in 1998, the Spanish Ministry of Education and Science, through the CSIC, signed a cooperation agreement with the CNRS by which the D1B became a French and Spanish CRG, thus guaranteeing preferential access to this instrument for Spanish scientists. Later, in 2005, the different agreements between the parties implicated, i.e., ILL, CNRS and MEC, were renewed so that the D1B instrument would continue to be a French and Spanish CRG until 2008 and thus would continue to provide outstanding service to the Spanish scientific community [10]. This diffractometer for polycrystalline specimens is characterized by high flux (Figure 6). It is equipped with a 400-channel multidetector that covers an 80° angular region and has a large variety of equipment to perform measurements under different environmental conditions (cryostats [1.5 - 300K], oven [20 - 1000°C]), 4 circles for textures, magnetic fields, pressure cells, etc). It has two monochromators, one of germanium and another of pyrolytic graphite, which yield neutrons with wavelengths of 1.28 and 2.52 Å, respectively. The design of the D1B makes it an instrument especially adapted to the investigation of structures and transitions of magnetic phases for neutron diffraction studies in real time and/or in situ.

FIGURA / FIGURE 5



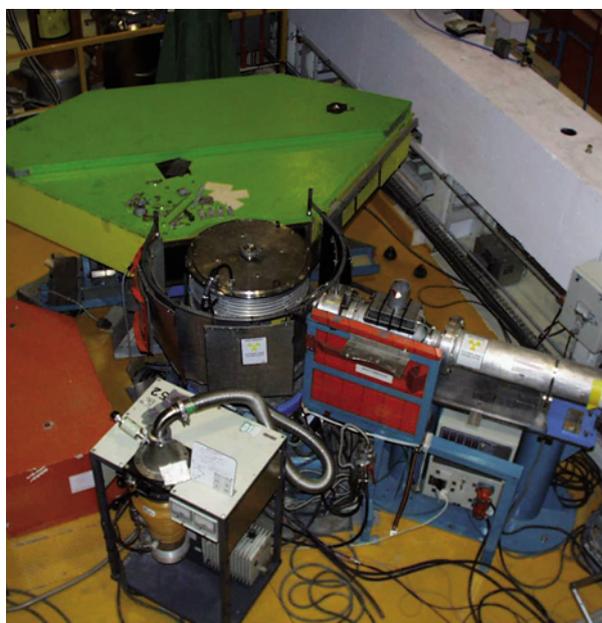
Esquema de OSIRIS, que permite realizar espectroscopia y difracción de alta resolución en el mismo instrumento, situado en la fuente ISIS en las cercanías de Oxford.
Scheme of the OSIRIS instrument placed at ISIS neutron source near OXFord. It allows spectroscopy and high resolution diffraction to be performed on the same instrument.



colaboración con el CNRS por el que D1B se convertía en un CRG franco-español, garantizando así un acceso preferente a dicho instrumento para los científicos españoles. Posteriormente, ya en el año 2005, se procedió a la renovación de los diferentes convenios entre las partes implicadas, el ILL, el CNRS y el MEC, para que el instrumento D1B continuara siendo un CRG franco-español hasta el año 2008 y siguiera prestando un destacado servicio a la comunidad científica española [10]. Este difractor para muestras policristalinas se caracteriza por su alto flujo (Figura 6). Está equipado con un multidetector de 400 canales que cubre una región angular de 80° y dispone de una gran variedad de equipamiento para realizar medidas en diferentes condiciones ambientales [criostatos (1,5 - 300K), hornos (20-1000°C)], 4 círculos para texturas, campos magnéticos, celdas de presión, etc.). Posee dos monocromadores, uno de germanio y otro de grafito pirolítico, que proporcionan neutrones con longitudes de onda de 1,28 y 2,52 Å respectivamente. Su diseño hace de D1B un instrumento especialmente adaptado para la investigación de estructuras y transiciones de fase magnéticas y para la realización de estudios de difracción de neutrones en tiempo real y/o “in situ”.

En 1999 el MEC firma un nuevo acuerdo por el cual la participación en el ILL aumenta hasta el 3 %. Por otra parte, en Junio de ese año, y tras más de diez años sin haberse celebrado eventos de este tipo, se organizó en Oviedo la III Escuela Nacional de Técnicas con haces de neutrones con una nutrida participación de científicos españoles (más de cien), muchos de ellos en formación, y un importante elenco de expertos en técnicas neutrónicas provenientes de varias instalaciones (ILL, LLB, ISIS, ORNL, etc.). Tras la celebración de esta Escuela y dado el aumento que está experimentando la comunidad de usuarios de técnicas neutrónicas en España, se considera necesario el comenzar a organizar periódicamente reuniones de usuarios. Esta idea fructifica tres años más tarde, y así, en 2002 se celebra en San Sebastián la I Reunión Española de Usuarios de Técnicas Neutrónicas. Durante esta reunión se decide que este evento tenga carácter bianual, y se procede a la refundación de la originalmente conocida como Sociedad Española de Técnicas Nucleares (constituida en 1997), que pasará a denominarse a partir de este año **Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas (SETN)** (ver Figura 7) [9].

La producción científica relacionada con experimentos españoles de neutrones aumenta de forma notable, siendo las temáticas abordadas cada vez más variadas. Igualmente surgen nuevos usuarios en grupos de investigación diseminados por todas las comunidades autónomas. Una visión más detallada se presenta en la sección 3.



Instrumento D1B. Se observa claramente la guía de neutrones (dcha.), un horno donde se sitúa la muestra y el multidetector (verde). *D1B instrument. The neutron guide (right), a furnace where the specimen is placed and the multidetector (green) are clearly visible.*

FIGURA / FIGURE 6

hundred) attended, many of them in training, along with an important representation of experts in neutron techniques from several facilities (ILL, LLB, ISIS, ORNL and others). Following this and in view of the growth of the community of users of neutron techniques in Spain, it was agreed that user meetings should be convened regularly. This idea bore fruit three years later when, in 2002, the I Spanish Meeting of Neutron Technique Users was held in San Sebastian. During this meeting, it was decided that this event should be biannual. The former Spanish Society of Nuclear Techniques (founded in 1997) was refunded and renamed that year as the Spanish Society of Neutron Techniques (SETN, **Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas**) (Figure 7) [9].

Scientific production related with Spanish neutron scattering experiments increased notably and the topics of research became increasingly varied. New users appeared in research disseminated throughout all the autonomous communities. A more detailed vision is presented in section 3.

It must be emphasized that efforts continue in the area of device construction. The construction of the new IN8 spectrometer at the ILL, which has been

FIGURA / FIGURE 7



Reuniones y documentación relacionada con la actividad en técnicas de neutrones. *Meetings and documentation related with neutron technique related activity.*

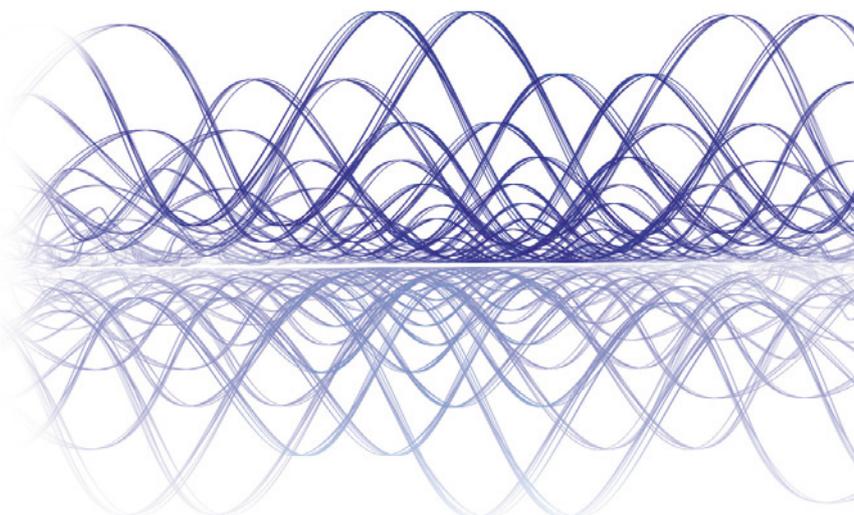
Subrayamos aquí que se siguen realizando esfuerzos sostenidos en el plano de la construcción de dispositivos. Un hito enormemente relevante en instrumentación y consecuentemente en la actividad neutrónica, es la construcción del nuevo espectrómetro IN8 en el ILL, en funcionamiento desde 2002, optimizado para la dispersión inelástica con una transferencia de energía entre unos pocos meV hasta cerca de 100 meV. Este sofisticado instrumento es utilizado para investigar excitaciones magnéticas (por ejemplo en superconductores) o en redes cristalinas, así como en líquidos. Gracias su alto flujo es adecuado para pequeñas muestras o sistemas magnéticos con momentos débiles. La longitud de onda incidente es seleccionada con un monocromador doble [con elementos de Si(111), grafito pirolítico (002) y Cu(200)], contando con la posibilidad de colocación de colimadores y diafragmas para optimizar las dimensiones del haz. El ángulo de dispersión en la muestra cubre un rango entre 0° y 130°.

En la construcción de este instrumento ha habido participación española directa (tanto de empresas como de personal técnico y científico especializado). Naturalmente se puede utilizar equipamiento auxiliar estándar para variación de campos magnéticos, temperaturas, (criomán, hornos), etc. En fin, es un instrumento **completo** con una contribución española decisiva, utilizado por la comunidad internacional. Por tanto, podemos decir que la contribución española en este ámbito no es puntual, sino que se mantiene a lo largo de los años, lo cual consideramos tiene una gran notoriedad.

in operation since 2002, was a landmark for instrumentation and neutron activity. It was optimized for nonelastic scattering with an energy transfer ranging from a few meV to almost 100 meV. This sophisticated instrument is used to investigate magnetic excitation (e.g., superconductors) or crystalline networks or fluids. Thanks to its high flux, it is suitable for small specimens or magnetic systems with weak moments. The incident wavelength is selected with a double monochromator (with elements of Si [111], pyrolytic graphite [002] and Cu [200]), and collimators and diaphragms can be positioned to optimize beam dimensions. The scattering angle in the specimen covers a range from 0° to 130°.

There has been direct Spanish participation (by both companies and specialized technical and scientific personnel) in the construction of this instrument. Naturally, standard auxiliary equipment can be used to vary magnetic fields, temperatures (cryomagnets, ovens), etc. It is a complete instrument with considerable Spanish contribution, used by the international community. Therefore, it can be said that the Spanish contribution in this setting is not opportune, but sustained over years, which is outstanding.

The agreement with ILL was renewed in 2004 for 4%. A year later there were other actions by the MEC that also had a major impact. An agreement was reached with the ISIS neutron source for a Spanish participation of 2.5% over 4 years. In 2005



El acuerdo con el ILL es renovado en 2004 hasta el 4%. Un año más tarde se suceden otras acciones del MEC de gran calado. Por una parte se acuerda con la fuente ISIS la participación española al 2,5 % durante 4 años y en 2005 la participación en el instrumento D15 como nuevo CRG hispano-francés en asociación con el CEA. Este es un difractor de neutrones térmicos para monocristales que puede funcionar en una configuración de 4 círculos o en otra de **normal beam** (Figura 8), con detector mono o bidimensional. Su monocromador puede seleccionar tres longitudes de onda: 0,84, 1,17 y 1,54 Å. En geometría de **normal beam** se puede trabajar entre 300 y 1,5 K o con un crió-imán en el mismo rango de temperatura y un campo magnético hasta 8 T. También es posible utilizar hornos, criostatos de muy bajas temperaturas (50 mK) o celdas de presión [4, 10].

Como dato significativo respecto al funcionamiento y productividad del otro instrumento en régimen CRG, el mencionado D1B, se puede observar la tendencia ascendente en cuanto a número de propuestas en la Figura 9.

participation with the D15 instrument as the new Spanish and French CRG in association with the CEA was agreed. This is a thermal neutron diffractometer for monocrystals that can function with a 4-circle or **normal beam configuration** (Figure 8) and a mono or bidimensional detector. Its monochromator can select three wavelengths, 0,84, 1.17 and 1.54 Å. In **normal beam** geometry, it can work at temperatures between 300 and 1.5 K or with a cryomagnet in the same temperature range and with a magnetic field of up to 8 T. It can also be used with ovens, very low temperature cryostats (50 mK) or pressure cells [4, 10].

A significant finding with regard to the operation and productivity of the other instrument, the D1B within the CRG scheme as mentioned above, is an upward trend in the number of proposals in Figure 9.

At the user level, the SETN has become consolidated. The San Sebastian meeting mentioned earlier was followed by meetings at Puerto de la Cruz (2004) and Jaca (2006). In Jaca, the management board



FIGURA / FIGURE 8



Instrumento D15 que es un difractor de neutrones térmicos para monocristales.
The D15 instrument is a thermal neutron diffractometer for singlecrystal.

FIGURA / FIGURE 9



A nivel de usuarios se ha consolidado la SETN, a la ya mencionada reunión de S. Sebastián, le suceden las de Puerto de la Cruz (2004) y Jaca (2006). En esta última se produce una renovación de la junta directiva y se anunció por parte del MEC a los miembros de la SETN la intención de competir con otros países europeos por la construcción de la ESS. En todas ellas se exponen los resultados de diversos grupos españoles, con participaciones puntuales de investigadores europeos.

La actividad formativa de la SETN se consolida con la organización de las escuelas temáticas sobre **Resolución de estructuras magnéticas** en 2005, **Técnicas neutrónicas en magnetismo molecular** en 2006, ambas en Jaca (Huesca) y **Técnicas de espalación** en 2007, realizada en Bilbao.

Asimismo en Bilbao se organiza, en las mismas fechas, la reunión general del proyecto Europeo sobre neutrones y muones NMI3 con una asistencia de científicos superior a 130. En 2008, la IV reunión de la SETN se celebra en S. Feliu de Guíxols (Gerona).

Respecto al personal español destacado en las fuentes europeas, se ha de distinguir entre aquellos permanentes y estudiantes o contratados post-doctorales. En total, en la actualidad, hay trabajando en el ILL 14 españoles, de los cuales 5 disfrutan de un puesto permanente. En ISIS se pueden contar hasta 6 españoles haciendo labores de científico de instrumento, de los cuales 3 son también permanentes. Además, aunque todavía con ciertos retrasos, también se han incorporado técnicos españoles tanto en ISIS como en el ILL.

Como ya comentamos antes, esta presencia española en las grandes instalaciones de neutrones no se restringe al ILL e ISIS, sino que se han contado recientemente con científicos en el HMI (Alemania), SINQ (Suiza),

was renewed and the MEC announced to the members of the SETN their intention to compete with other European countries for the construction of the ESS. At all of these meetings, the results of various Spanish groups were reported, with the occasional participation of European investigators.

The educational activity of the SETN was consolidated by the organization of courses on the **Resolution of Magnetic Structures** in 2005, **Neutron Techniques in Molecular Magnetism** in 2006, both held in Jaca (Huesca), and **Spallation Techniques** held in Bilbao in 2007.

In Bilbao, at the same time, the general meeting of the European project on neutrons and NMI3 muons was organized and was attended by more than 130 scientists. In 2008, the IV meeting of the SETN was held in San Feliu de Guixols (Gerona).

With respect to the Spanish personnel working at European neutron sources, we must differentiate between permanent personnel and students or postdoctoral positions. At present, a total of 14 Spaniards are working at ILL, 5 of whom occupy permanent positions. At ISIS, up to 6 Spaniards occupy instrument scientist positions, of which 3 are permanent. In addition, although with some delays, Spanish technicians are working at both ISIS and ILL.

As commented before, this Spanish presence at the major neutron facilities is not restricted to the ILL and ISIS. Spanish scientists have been encountered working recently at the HMI (Germany), SINQ (Switzerland), LLB (France), Los Alamos (USA), JCMS at the FMR-II reactor of

LLB (Francia), Los Alamos (EE.UU.), JCNS en el reactor de Munich FMRH (Alemania), etc. Es decir, en la actualidad es difícil realizar un experimento de neutrones en un centro de referencia mundial sin el eventual apoyo de un científico español. Es de agradecer el esfuerzo de la Administración por incrementar el tiempo de haz de neutrones disponible para los científicos españoles ya que se espera que en 2009 España aumente la cuota de participación en el ILL desde el 4% hasta el 6% y se ha renovado el acuerdo con ISIS.

Munich (Germany), and others. This means that it is now difficult to conduct a neutron experiment at a world reference center without the support of a Spanish scientist. We should acknowledge the continued effort from the Administration which continues to increase neutron beam time available to Spanish scientists. It is expected that Spain will increase the quota of participation in the ILL from 4% to 6% in 2009. The agreement with ISIS has been renewed.

3

DESARROLLO INSTRUMENTAL

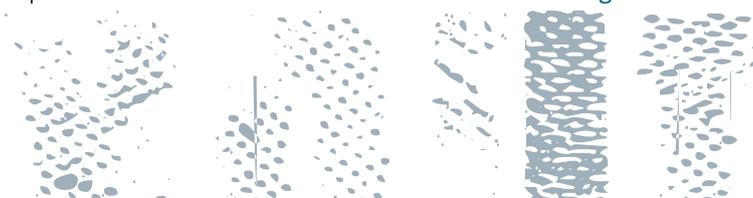
INSTRUMENTAL DEVELOPMENT

RECAPITULAR, después de 20 años de nuestra entrada como miembro en una institución como en el ILL, los hitos alcanzados en cuanto a desarrollo de instrumentación y, por tanto, al aprovechamiento tecnológico e industrial de las cuotas dinerarias invertidas, nos muestra un panorama de luces y sombras. A lo largo de estas dos décadas se han llevado a cabo desarrollos de importancia como ha sido la provisión de una buena parte de los componentes del espectrómetro en **retrodispersión** OSIRIS (Figura 5), en la fuente de neutrones pulsados ISIS. Este instrumento está totalmente operativo en la actualidad en la fuente RAL-ISIS, con una instrumentación auxiliar de medida similar a otros instrumentos ya mencionados.

Como ya se subrayó en 2.2, la aportación española más importante en instrumentación es posiblemente la reconstrucción del espectrómetro IN8 en el ILL (Figura 10). Actualmente este espectrómetro es sin

TO sum up, after 20 years as a member of an institution such as the ILL, the milestones achieved in terms of the development of instrumentation and taking advantage of both the technological and industrial application of cash invested, have gone far but has not been easy. Over the last two decades, important developments have taken place, like supplying many of the components of the **OSIRIS backscattering spectrometer** (Figure 5) for the ISIS pulsed neutron source. This instrument is currently fully operative at the RAL-ISIS neutron source with auxiliary measurement instrumentation similar to other instruments already mentioned.

As underlined in section 2.2, the most important Spanish contribution to instrumentation may possibly be the reconstruction of the IN8 spectrometer at the ILL (Figure 10). At present this spectrometer is without doubt the **world reference** for research on elemental excitations in the range of thermal energies. The



duda el **referente mundial** para la investigación de excitaciones elementales en el rango de energías térmicas. El proceso de mejora se inició en 2000-2001. En su puesta marcha inicial (2002) tras dicha reconstrucción, el IN8 proporcionaba el flujo monocromático más alto de todos los espectrómetros llamados de tres ejes con neutrones térmicos, con flujos cercanos a $7 \cdot 10^8$ neutrones $s^{-1} cm^2$ [11].

Es destacable que la modificación mas reciente es la instalación del multidetector secundario fabricado en nuestro país, con la novedad de poder realizar medidas en varios valores del vector de dispersión, es decir, en el espacio (q,E).

process of improvement began in 2000-2001. When the IN8 was initially started up (2002) after this reconstruction, it provided the highest monochromatic flux of all the so-called three-axis spectrometers with thermal neutrons, with fluxes of close to $7 \cdot 10^8$ neutrons $s^{-1} cm^2$ [11].

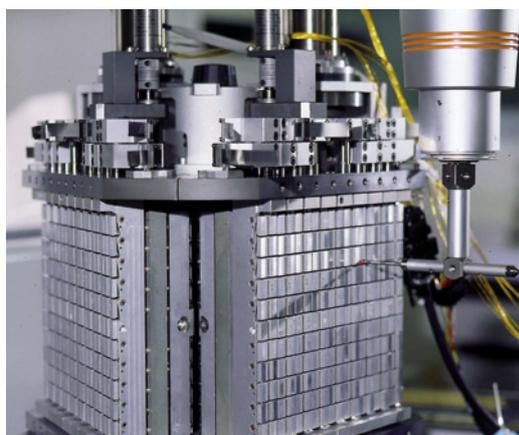
It is noteworthy that the most recent modification has been the installation of the secondary multidetector manufactured in Spain, with the innovation of being able to make measurements of various values of the scattering vector, i.e., in space (q,E).

These modifications at least triple the available intensity and improve the resolution by 10% with respect to the previously installed instrument [4]. The most relevant technical details can be consulted in a recent publication [11]. This is an extremely satisfying result requiring extraordinary effort by the groups involved.

In Spain, we are also beginning development, together with the ILL, for the construction of a new detector for the D1B instrument that will allow the count rate to be increased by a factor of 4 in addition to covering a larger angular range (Figure 11).

Other Spanish contributions to European projects related with instrumental development should not be overlooked. In particular, work was done in Spain in

FIGURA / FIGURE 10



Monocromador del instrumento IN8 de tres caras, con cristales de grafito pirolítico (002), Cu(200) y Si(111), construido por empresas españolas. Debajo: esquema del instrumento de tres ejes IN8. *Monochromator of the IN8 instrument of three faces, with crystals of pyrolytic graphite (002), Cu (200) and Si (111), which was manufactured by Spanish companies. Below: Schematic of the IN8 three-axis instrument.*

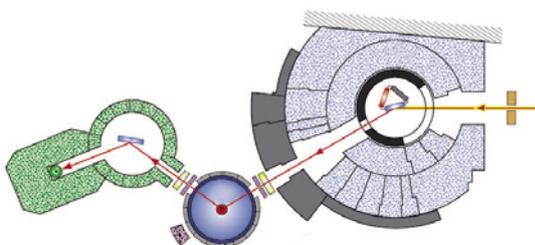
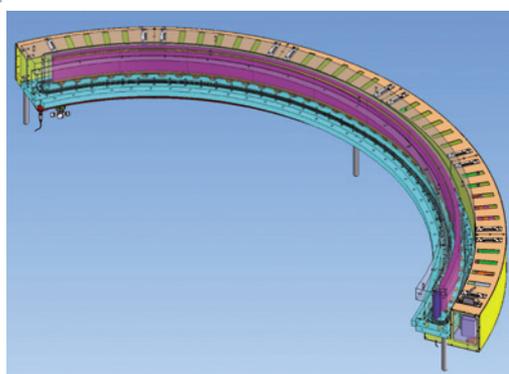


FIGURA / FIGURE 11



Esquema del proyectado nuevo multidetector de neutrones del instrumento D1B. *Schematic of the projected new neutron multidetector of the D1B instrument.*

Con las modificaciones realizadas se consigue al menos triplicar la intensidad disponible y mejorar la resolución en un 10% respecto al instrumento previamente instalado [4]. Los detalles técnicos más relevantes se pueden consultar en una reciente publicación [11]. En fin, un resultado muy satisfactorio que ha requerido un esfuerzo encomiable por parte de los grupos implicados.

También en España se está iniciando el desarrollo, en colaboración con el ILL, para la construcción de un nuevo detector para el instrumento D1B que permitirá incrementar la tasa de conteo en un factor 4 además de cubrir un mayor rango angular (ver Figura 11).

No hay que olvidar asimismo otras participaciones españolas en proyectos europeos relacionados con desarrollo instrumental. En particular, en los años 90 se trabajó en España en los cálculos hidrodinámicos relacionados con el blanco de metal pesado líquido para el proyecto de la fuente ESS, que empezaba a consolidarse en aquellos días.

Han sido sin embargo las acciones estratégicas referidas arriba las que nos han permitido a día de hoy gozar de un prestigio técnico que nos ha permitido emprender acciones significativamente más ambiciosas. Estas últimas se enmarcan en la voluntad decidida de algunos agentes tecnológicos de asumir riesgos de cierta consideración, a la vez que el disponer de un marco de colaboración temporal entre la fuente de neutrones pulsados ISIS y el MEC, mediante el cual la contribución española a esta fuente se financia en especie mediante la aportación de equipamiento diverso. Nuestra implicación en tales esfuerzos se centra en varios ámbitos de actividad. Por un lado contempla la provisión de una buena parte de los componentes del **Front-End** del espectrómetro LET, a instalar en la segunda fuente de blanco de ISIS (Figura 12). La importancia de tal acción radica en el hecho de que tal instrumento, aparte de las prestaciones descritas en su especificación, constituirá el primer espectrómetro en operación en una fuente pulsada que aplica técnicas de utilización secuencial de un mismo pulso (**multi rep-rate**), principio según el cual operarán la mayor parte de los instrumentos de la futura ESS. La colaboración en cuanto a desarrollo instrumental contempla también la provisión de equipamiento diverso (goniómetro de altas prestaciones, tanques de detector, colimadores oscilantes, mecanismos de perfilamiento de haz, etc.) destinados a otros instrumentos como WISH, que es un difractor para materiales de grandes espaciados de malla, o NIMROD, el cual está destinado al estudio de líquidos y medios desordenados fundamentalmente. Estos dos instrumentos constituyen el parque inicial a construir en la segunda fuente de blanco en ISIS (ISIS-TSII) [4, 12].

the 1990s on the hydrodynamic calculations for the liquid heavy metal target for the ESS neutron source project ongoing at that time.

The strategic actions cited above have earned us technical prestige allowing us to undertake significantly more ambitious actions. With respect to this some technological agents assumed considerable risks while working in a temporal framework of cooperation between the ISIS pulsed neutron source and the MEC, which allows the Spanish contribution to be financed by providing diverse components of the equipment. The Spanish involvement centres on various areas of activity. One action provided much of the **Front-End** components of the LET spectrometer, as well as the installation of the ISIS second target source (Figure 12). The importance of this, is the fact that this instrument will be the first spectrometer in operation in a pulsed source that applies sequential use techniques of a single pulse (**multi rep-rate**), a principle which will guide the operation of most of the instruments of the future ESS. Cooperation in terms of instrumental development also contemplates providing diverse equipment (high-performance goniometers, oscillating collimators, beam profiling mechanisms, etc.) destined to other instruments like WISH, a diffractometer for large grid materials, or NIMROD, which is designed fundamentally for the study of fluids and disordered media. These two instruments constitute the initial equipment to be constructed in the second ISIS target source (ISIS-TSII) [4, 12].

Finally, a prototype of a high speed, double disk velocity selector (**chopper**) adapted to late generation spectrometers is now in an advanced stage of construction. This has been financed by taking advantage of industrially oriented programs (PROFIT). The aim is to develop a product line for supplying neutron optical elements of this type for the purpose of supplying future facilities.

Our current activities include active participation in the construction of the secondary targets of the ISIS neutron source by providing the structures that contain the moderators for cold neutrons, as well as the development of various activities in the construction of a new high-intensity proton injector under development at the RAL. To go into more detail, one activity found in the development project of a **Front End Test Stand (FETS)** is capable of generating ionic currents of about 65 mA with good temporal definition.

Over the course of these years, due to its involvement in such prestigious projects Spain has been put on



FIGURA / FIGURE 12



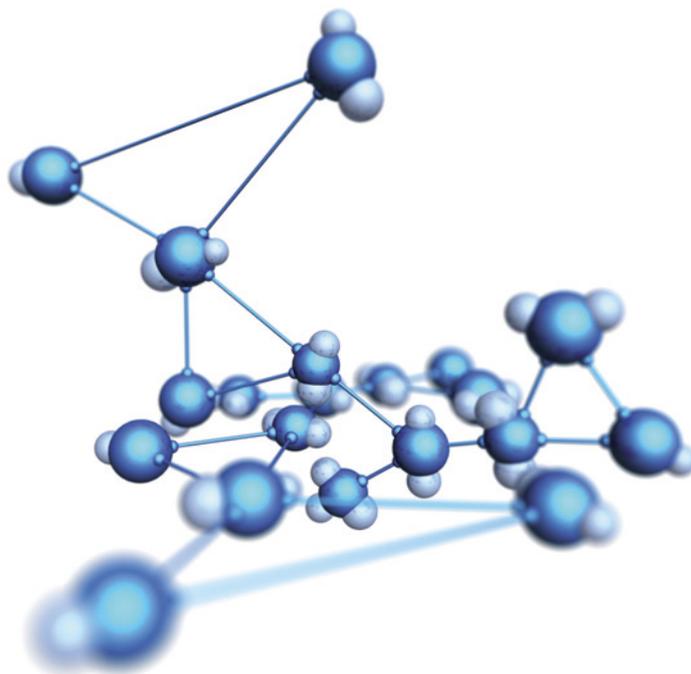
Tanque de vacío de los detectores del Espectrómetro de tiempo de vuelo LET diseñado para el segundo blanco de ISIS (TS2). Su funcionamiento tendrá lugar a lo largo de 2008. *Vacuum tank of the detectors of the LET flight time spectrometer designed for the second ISIS target (TS2). It will come into operation in 2008.*

Finalmente, y aprovechando recursos financieros ofrecidos en programas de orientación industrial (PROFIT), se encuentra en fase avanzada de construcción un prototipo de selector de velocidades (**chopper**) de disco doble a alta velocidad adaptado a espectrómetros de última generación. El objetivo de tal esfuerzo es el desarrollo de una línea de producto para la provisión de elementos de óptica neutrónica de este tipo, con objeto de proveer a instalaciones futuras.

Nuestras actividades en el presente contemplan además la participación activa en la construcción del segundo blanco de la fuente ISIS, mediante la provisión de las estructuras que han de contener los moderadores para neutrones fríos, así como el desarrollo de varias actividades en la construcción de un nuevo inyector de protones de alta intensidad en desarrollo en el RAL. De forma algo más detallada, existe actividad encuadrada dentro del proyecto de desarrollo de un **Front End Test Stand** (FETS) capaz de proveer corrientes iónicas de unos 65 mA con una buena definición temporal.

Se ha desarrollado a lo largo de estos años una labor importante que nos ha situado dentro del mapa de los países capaces de proveer instrumentación neutrónica avanzada. Esta actividad ha estado, sin embargo, demasiado circunscrita a la labor de escasos grupos, a los que efectivamente se les puede considerar como pioneros en España. No obstante, los esfuerzos en actividades como las aquí descritas habrían de incrementarse urgentemente de forma muy significativa si la apuesta por albergar la fuente europea de espalación (ESS) avanza en la dirección deseada.

the map as one of the countries capable of providing advanced neutron instrumentation. This activity, however, has been confined to the work of just a few groups, considered as pioneers in Spain. However, participation in activities such as those described here will have to increase on an urgent basis if the tender to host the European Spallation Source (ESS) is to progress in the desired direction.



No se pretende aquí presentar un estudio minucioso de la actividad española en el uso de técnicas neutrónicas, —próximamente será presentado un informe detallado—, sino mostrar algunas líneas generales que marcan su evolución en estas dos décadas. Como se ha expuesto previamente, los resultados de la producción científica son destacables y en progresión creciente. Este hecho es otro síntoma de la madurez que ha alcanzado la comunidad española, aun teniendo en cuenta que la cantidad total de personal científico no se ha incrementado en la misma medida, como también desgraciadamente ha ocurrido en otras áreas del conocimiento.

A la hora de cuantificar el resultado de la investigación española con técnicas neutrónicas se ha realizado un estudio de las publicaciones que aparecen en la base de datos ISI WoK. En la Figura 13, se expone la distribución por cuatrienios de la producción científica española hasta el año 2006.

Hasta el año 1990 sólo se habían publicado aproximadamente 30 artículos; sin embargo, la entrada efectiva de España en el ILL (1987) impulsa fuertemente la producción científica, hecho que se ve reflejado a partir de 1991 cuando la producción se dispara por encima de 50 artículos/año. A partir de 1997, se produce otro salto en el número anual de publicaciones superando la centena, acercándose este número en la actualidad a 200. En el recuento total se llega hasta el estimable número de más 2.100 artículos en el período considerado.

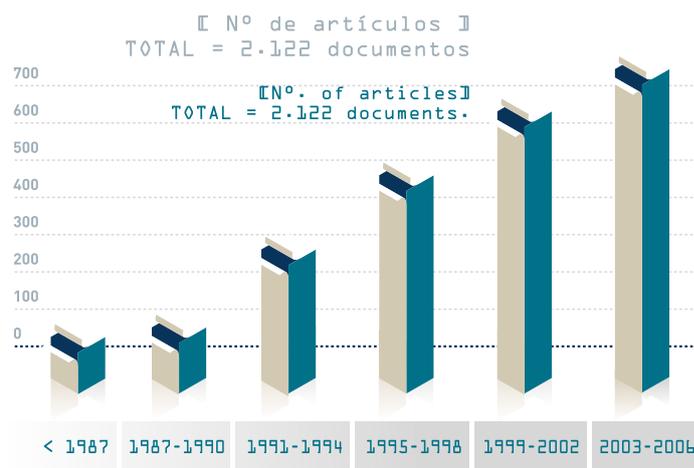
Con el ánimo de estimar el número de investigadores, para los cuales el uso de las técnicas neutrónicas sean importantes en el desarrollo de su tarea científica, es preciso elaborar un criterio **razonable y simple**. Esto nos permitirá establecer cuál es la comunidad española de usuarios, y para ello se han considerado como miembros de ésta comunidad a aquellos científicos que hayan sido coautores de al menos cinco artículos utilizando resultados de dichas técnicas. Utilizando este criterio, aparecen alrededor de 210 científicos en el año 2006. En la Figura 14 se puede observar la evolución temporal por quinquenios del número de científicos que cumplen el requisito mencionado. Entre ellos existen más de 50 científicos que han publicado un número superior a 20 artículos y 12 con más de 50 publicaciones en este campo.

It is not intended to present a meticulous analysis of Spanish activity in the use of neutron techniques (a detailed report will soon be published), but to outline the highlights that mark its evolution over the last two decades. As indicated above, the scientific output has been notable and is growing progressively. This is another indicator of the maturity of the Spanish scientific community, even after taking into account that the number of scientific personnel has not increased proportionately, as, unfortunately has occurred in other areas of knowledge.

When quantifying the result of Spanish research using neutron techniques, a study was made of the publications that appear in the ISI WoK database. In Figure 13 the distribution of Spanish scientific production is shown with four-year intervals up to 2006.

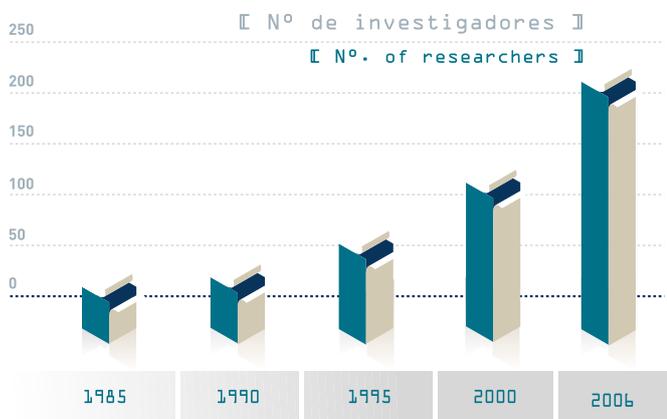
Until 1990, only about 30 articles had been published, but the entrance of Spain in the ILL (1987) strongly motivated scientific production. This is reflected by the fact that production has risen to more than 50

FIGURA / FIGURE 13



Distribución por cuatrienios de la producción científica española (número de artículos) relacionada con las técnicas neutrónicas. *Four-yearly distribution of Spanish scientific production (number of articles) related with the neutron techniques.*

FIGURA / FIGURE 14



Evolución por quinquenios del número de investigadores españoles con al menos 5 artículos publicados en el ámbito de las técnicas neutrónicas. *Five-yearly evolution of the number of Spanish researchers with at least 5 articles published in the field of neutron techniques.*

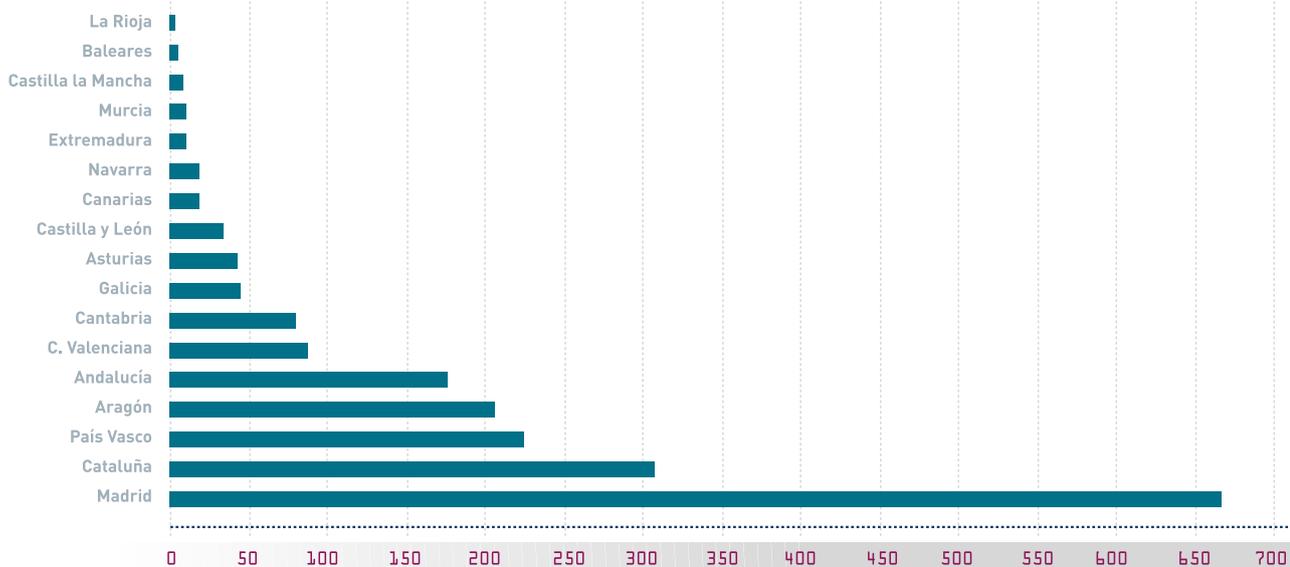
articles/year since 1991. From 1997, another leap in the annual number of publications occurred, to more than one hundred articles. The publication rate is now approaching 200 articles/year. The total count reached is a respectable number of more than 2100 articles in the time period considered.

To estimate the number of investigators for whom the use of neutron techniques is important in their scientific work, it is necessary to choose a reasonable and simple criterion. This allows us to establish the Spanish scientific community of users, which we defined as the members of the community of scientists who have been co-authors of at least five articles using the results of these techniques. According to this criterion, about 210 scientists were active in 2006. Figure 14 shows the temporal evolution of five-year intervals in the number of scientists who satisfy the requirement described. Among them are more than 50 scientists who have published more than 20 articles and 12 scientists who have more than 50 publications in this field.

Una buena parte de los artículos se publican en revistas dentro de las áreas de la Física de la Materia Condensada y la Ciencia de Materiales, pero es destacable la contribución en revistas del ámbito de la Química. Disciplinas como el magnetismo, la materia blanda (polímeros, amorfos, etc.) o los Líquidos, son los campos

Many of the articles have been published in journals in the fields of condensed matter physics and materials science, but the contribution to chemistry journals is also notable. Disciplines like magnetic force, soft matter (polymers, amorphous materials,

FIGURA / FIGURE 15



Distribución de artículos publicados por comunidades autónomas. *Distribution of published articles by autonomous communities.*

de investigación con más peso específico hasta el momento. En cambio, es evidente la necesidad de incentivar la utilización de las técnicas neutrónicas en áreas tales como las Biociencias o el Patrimonio Cultural, con una indudable proyección hoy en día.

Por lo que respecta a la distribución geográfica (Figura 15), las técnicas de neutrones son utilizadas en casi todas las comunidades autónomas, aunque es bien cierto que en el momento presente, los usuarios provienen mayoritariamente de la mitad norte de la península. Entre estos usuarios de todas las instituciones las publicaciones corresponden 2/3 a personal en las universidades y el resto a investigadores del CSIC. Los resultados detallados de un estudio bibliométrico completo realizados por la SETN en colaboración con el CINDOC-CSIC pueden encontrarse en *Tres décadas de investigación española con técnicas neutrónicas: una disciplina consolidada* [15].

etc.) or fluids are the fields of research that have the greatest specific weight at present. In contrast, the need to provide incentives to encourage the use of neutron techniques in areas like bioscience or cultural heritage is evident, and these areas clearly have a high profile.

With respect to the geographic distribution (Figure 15), neutron techniques are used in almost all of the autonomous communities, although most users are presently from the northern Iberian Peninsula. Among these users from all of the institutions, two thirds of the publications are from university personnel and the rest are from CSIC researchers. The results detailed in a complete bibliometric study made by the SETN in collaboration with the CINDOC-CSIC can be consulted in *Thirty years of Spanish research using neutron techniques: a well established discipline* [15].

5

CONSIDERACIONES PRESENTES

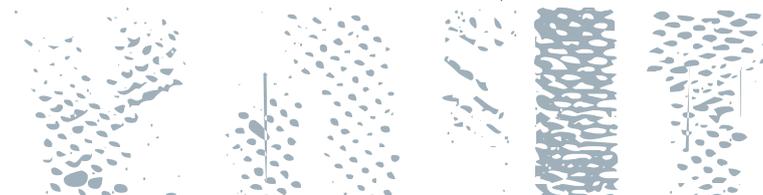
CURRENT CONSIDERATIONS

LA situación actual y la evolución presentada hasta ahora es esperanzadora, pero analizando la situación se observan algunos problemas estructurales.

La realización de experimentos en grandes instalaciones está sustentada de manera genérica en tres tipos de grupos: en primer lugar, aquellos que basan **primordialmente** su investigación en el análisis de experimentos con neutrones, por otro lado, los grupos que acuden con cierta regularidad a los neutrones para estudiar microscópicamente el comportamiento de propiedades físicas y, finalmente, grupos que **ocasionalmente** realizan propuestas y analizan los resultados para resolver un problema muy puntual. En todos los casos se sufre

THE present situation and the evolution up until now have been promising, but structural problems are evident when the situation is analyzed.

The performance of experiments in large facilities is based generically on three types of groups: in the first place, researchers who base their investigation primarily on the analysis of neutron experiments, secondly, on groups that use neutrons with some regularity for microscopic studies of the behaviour of physical properties and, finally, groups that now and then make proposals and analyze the results to resolve occasional problems. In all of these cases, there still is a lack of doctoral students,



todavía la falta de estudiantes de tesis, no ya que aumenten la actividad que se tenía, sino que establezcan una actividad con la brillantez actual.

Para muchos usuarios **frecuentes** se da la paradoja de que sus laboratorios locales se han dotado recientemente de instrumental científico sin haber crecido en personal, aspecto que hace difícil compaginar las labores locales (mantenimiento de los equipos, etc.) con el análisis de datos obtenidos con técnicas de neutrones.

Para los usuarios **ocasionales**, es difícil acercarse a una técnica novedosa (aunque su empleo reporte grandes beneficios) ya que exige un tiempo de comprensión de las técnicas que excede el disponible, a pesar del apoyo de los científicos de las grandes instalaciones. Una situación a tener en cuenta es que si bien, como ya hemos comentado, la construcción de la ESS potenciaría a **todos** los grupos, es igualmente necesario que ello se vea reflejado en un apoyo hacia los mismos por parte de las Universidades, CSIC, MICINN y Comunidades Autónomas para preparar al personal que podría participar, en competencia con el disponible en el extranjero, en el diseño, construcción y puesta a punto de los instrumentos. Es pues necesaria una política científica que encaré este asunto.

En un artículo de la RSEF de hace más de una década [8], se mencionaba la necesidad de lograr una participación española en instrumentación e instrumentos compartidos y, desde luego, *“...el compromiso con los proyectos de los nuevos centros que están en estudio...”*. Se puede afirmar que los logros reseñados en cuanto al desarrollo de instrumentación permiten afirmar que es posible competir también en este terreno. Sin embargo esta actividad se limita a todavía pocos grupos por lo que sería necesario un mayor apoyo hacia los mismos, lo que redundaría en que otros grupos diferentes también se involucraran en proyectos de desarrollo instrumental. En este sentido, la participación en la construcción de instrumentos no sólo aporta la posibilidad de crear conocimientos y formar personal sino que además no cabe duda que permite influir en la toma de decisiones a la hora de favorecer unas técnicas frente a otras. En pocas palabras, participar en el núcleo de la toma de decisiones a largo plazo, que luego es aquella sobre la que se asienta toda la actividad científica. En fin, creemos absolutamente necesario seguir potenciando esta línea de actuación.

En la situación actual es posible que la construcción de una fuente de espalación europea sea una realidad (Figura 16). Su instalación en el País Vasco permitiría atraer y recuperar a científicos de alta calidad e incrementar la cantidad de los que están en formación. Igualmente daría lugar un **efecto llamada**, de científicos y tecnólogos, que inevitablemente consolidaría la comunidad de

not just to increase current levels of activity but to maintain the same levels of brilliance as are currently prevalent.

For many **frequent** users, it is paradoxical that local laboratories have recently been equipped with scientific equipment but there has been no growth in personnel, an aspect that makes it difficult to combine local tasks (equipment maintenance etc.) with the analysis of data obtained with neutron techniques.

For **occasional** users, it is difficult to embark upon a new technique (even if its use is very beneficial), because it takes precious time to master, even when support is available from the scientists of large facilities. So it should be taken into account that although the construction of the ESS would strengthen **all** the groups, as already commented, it also is necessary to ensure support for these facilities by universities, the CSIC, MICINN and Autonomous Communities. They should endeavour to prepare personnel who could participate, in competition with personnel already available abroad in the design, construction and upgrade of instruments. Consequently, a scientific policy to address this is required.

In an article of the RSEF published more than a decade ago [8], the need to achieve Spanish participation in instrumentation and shared instruments was highlighted, *“...commitment to the projects of the new centres are under study ...”* The achievements described with respect to the development of instrumentation confirm that it is possible to compete in this terrain. However, this activity still is limited to relatively few groups, so these groups need more support, which would allow other groups to benefit and become involved in the instrumental development projects. In this sense, participation in the construction of instruments not only offers the possibility to develop knowledge and train personnel, but makes it possible to influence decision making by favouring certain techniques over others. So in a few words, participation in the nucleus that makes long-term decisions becomes the nucleus on which all scientific activity is based. We believe that it is absolutely necessary to continue reinforcing this line of action.

At present, it is possible that the construction of a European spallation neutron source may become a fact (Figure 16). Its installation in the Basque Country would make it possible to attract and recover scientists of high calibre and increase the number of scientists in training. Likewise, it would bring together scientists and technicians, which inevitably would consolidate the existing user community, build bridges with other

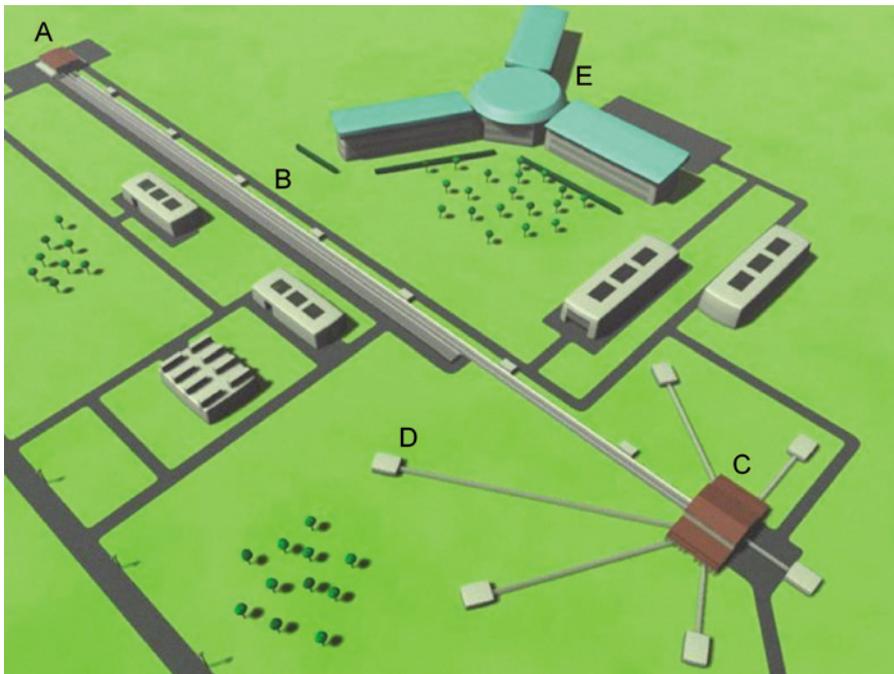
usuarios que existe en la actualidad, tendería puentes con otras comunidades y abriría retos para conseguir que definitivamente el I+D+i de empresas involucradas en la ciencia de materiales, en productos farmacéuticos, etc. acaben por abrazar la senda de las tecnologías avanzadas como única vía para competir [10].

El desarrollo de fuentes de neutrones de nueva generación permite además la utilización de equipos sofisticados, produciéndose en la actualidad avances muy importantes en la realización de experimentos bajo condiciones externas especiales: temperaturas **ultrabajas** (< 70 mK), altas temperaturas, altos campos magnéticos (> 10 Teslas), altas presiones (> 1 GPa), etc. Durante los últimos 35 años los centros europeos de neutrones (con el ILL e ISIS a la cabeza) han liderado la utilización de estas técnicas en un amplísimo abanico de investigaciones básicas, aplicadas o estratégicas. En espera de una pronta decisión sobre la construcción de la europea ESS (con intensidades varias decenas de veces superior a ISIS), durante los últimos cinco años se han construido o están construyendo nuevas fuentes de última generación en EEUU (SNS) y Japón (J-PARC). En ambas la potencia de partida asociada al flujo de protones es de alrededor de 1 MW.

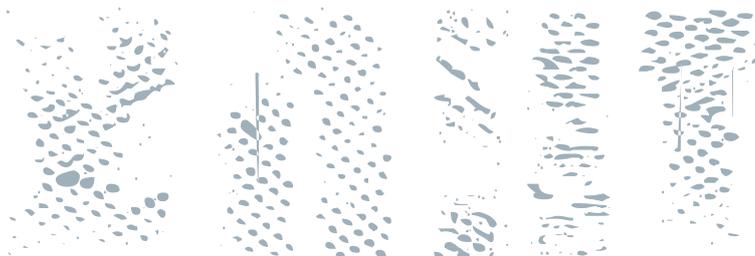
communities, open up new challenges and eventually the involvement of R+D+i companies dedicated to materials science, pharmaceutical products, etc. Eventually companies would be expected to take on board advanced technology as the most viable way to compete [10].

The development of new generation sources of neutrons would also allow the use of sophisticated equipment, at present producing important advances in the performance of experiments under special external conditions, such as **ultralow** temperatures (<70 mK), high temperatures, strong magnetic fields (>10 Teslas), high pressures (>1 GPa), etc. In the last 35 years, European neutron centres (headed by ILL and ISIS) have lead the use of these techniques in a large array of basic, applied or strategic research enterprises. In expectation of a prompt decision on the construction of the ESS (with intensities several ten-folds greater than ISIS), in the last five years new late generation neutron sources have been constructed or are under construction in the U.S. (SNS) and Japan (J-PARC). In both cases, the starting power associated with proton flux is about 1 MW.

FIGURA / FIGURE 16



Esquema de la futura instalación de ESS. Se puede observar la fuente de iones (A), el acelerador lineal (B) y el blanco que estará situado a 630 m (C), en el cuál se producen los neutrones en el fenómeno conocido como espalación. *Scheme of the future ESS facility showing the ion source (A), linear accelerator (B) and target, situated at 630 m (C), in which neutrons are produced in the phenomenon known as spallation.*



La ESS es un proyecto estratégico para Europa y una gran instalación multipropósito. Las previsiones son que unos 5.000 científicos utilicen la ESS anualmente en distintas áreas de la ciencia y la tecnología. Debemos recordar aquí que la posible implantación de la fuente ESS en España con un funcionamiento esperado a partir de 2020, sería complementaria al funcionamiento de la fuente de sincrotrón ALBA, ya en construcción en las proximidades de Barcelona, que planea sus primeros experimentos alrededor de 2010. Aunque el carácter de esta última es más local, habida cuenta de la existencia de la instalación europea de radiación sincrotrón ESRF, no cabe duda que la actividad científica y tecnológica de ambas fuentes será importante para una comunidad amplia y, en particular para numerosos físicos. Se espera que los responsables políticos sepan vislumbrar el horizonte de posibilidades que se abren con el apoyo a la fuente de espalación europea y que promuevan la existencia de un proyecto científico y tecnológico con el soporte económico suficiente. Así, el desarrollo de las técnicas neutrónicas en nuestro país avalan firmemente el compromiso adquirido, por el Ministerio de Ciencia e Innovación junto con el Gobierno Vasco, de apostar fuertemente a nivel internacional para conseguir que la nueva fuente europea de neutrones por espalación, la ESS, sea construida en Vizcaya [13]. Desde la Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas (SETN) se quiere transmitir un mensaje de apoyo, unánime y firme, a las administraciones implicadas en la consecución del proyecto Europeo para España.

Mientras se toman esas decisiones, la actividad científica en el uso de los neutrones como técnica de caracterización y el desarrollo de instrumentación continuará en el ILL y otros centros ya mencionados, ya que en principio su funcionamiento aunque está previsto que se mantenga todavía durante un par de décadas. Teniendo en cuenta el cierre de algunas instalaciones neutrónicas se espera alrededor de 2020 un claro descenso de días de haz ofertados para el uso de la comunidad europea [14]. El liderazgo europeo en estas técnicas se vería comprometido y sólo sería compensado con la puesta en marcha de la ESS.

En cualquier caso, la comunidad científica que utiliza o desarrolla técnicas neutrónicas ha mostrado claras evidencias de que, independientemente de las fuentes de neutrones existentes o futuras, está en condiciones de aportar resultados de calidad en el futuro.

The ESS is a strategic project for Europe and a large multipurpose facility. It is expected that around 500 scientists will use the ESS annually from different areas of science and technology. We must remember that the possible implantation of the ESS in Spain, which would come online in 2020, would complement the operation of the ALBA synchrotron neutron source, which is currently under construction near Barcelona and has its first experiments scheduled for 2010. Although the nature of this facility is more local, taking into account the existence of the ESRF facility, there is no doubt that the scientific and technological activity of both neutron sources will be important for a large community, particularly physicists. It is expected that politicians have a clear idea of the possibilities that open up as a result of supporting the European spallation source and ensuring sufficient economic support. Thus, the development of the neutron technique in Spain is a firm guarantee of the commitment of the Spanish Ministry of Science and the Basque Government to strongly support at an international level the construction of the new European spallation neutron source, ESS, in Vizcaya [13]. The Spanish Society of Neutron Techniques (SETN) would like to transmit a unanimously firm message of support to the government authorities involved in securing the European project for Spain.

While these decisions are being made, scientific activity in which neutrons are used as a characterization technique and the development of instrumentation will continue at the ILL and the other centres mentioned previously. In principle, these centres will continue to operate for a couple decades. Taking into account the closure of some neutron scattering facilities, it is expected that around 2020 there will be a clear reduction in the beam days offered for the use of the European community [14]. European leadership in these techniques will be compromised and this will only be compensated with the launch of the ESS.

The scientific community that uses or develops neutron techniques has clearly shown that, regardless of the existing or future neutron sources available, it is capable of producing quality results in the future.

Se pueden resumir las ideas fundamentales en los siguientes puntos:

1. Con más de 200 científicos, distribuidos en unos 50 grupos de investigación, empleando las técnicas neutrónicas frecuentemente en sus investigaciones podemos decir, sin complejos, que las técnicas neutrónicas en España están consolidadas y que todavía no se vislumbra una desaceleración en su ritmo de crecimiento.
2. El número de publicaciones relacionadas con las técnicas neutrónicas por parte de científicos españoles es creciente, aumentando su calidad y el impacto de las revistas en las que se publican.
3. En España se ha desarrollado instrumentación científica avanzada en el campo de las técnicas neutrónicas tanto para fuentes pulsadas como continuas, con instrumentos referentes mundiales ya en funcionamiento, gracias a la aportación española. Además, se sigue participando en nuevos proyectos y se espera un incremento del apoyo desde las instituciones en esta línea.
4. Existe un amplio margen para el crecimiento de las técnicas neutrónicas en la comunidad científica española puesto que su incidencia en biociencias, nanociencias, geología, patrimonio cultural, etc., es todavía escasa.
5. Para asegurar un crecimiento sostenible en el área de las grandes instalaciones, y concretamente en aquellas relacionadas con las técnicas neutrónicas, es necesario una política científica que incentive la incorporación de científicos y tecnólogos en estas áreas.

CONCLUSIONS

The most important ideas can be summarized in the following points:

1. With more than 200 scientists, distributed among 50 research groups, using neutron techniques frequently in their investigations, we can say without any hesitation that neutron techniques are consolidated in Spain and their use is expanding.
2. The number of publications by Spanish scientists in which neutron techniques are used is growing, improving in quality and appearing in high-impact journals.
3. In Spain, advanced scientific instrumentation has been developed in the field of neutron techniques for both pulsed and continuous sources. Instruments that are references worldwide are now functional, thanks to Spanish contributions. Spanish scientists continue to participate in new projects and it is expected that support from institutions for this endeavour will increase.
4. There is a wide margin for the growth of neutron techniques in the Spanish scientific community because their incidence in bioscience, nanoscience, geology, cultural heritage, etc., is still scarce.
5. To ensure sustainable growth in the area of large facilities, specifically those related with neutron techniques, a scientific policy of creating incentives for the incorporation of scientists and technicians in these areas is required.

PERSPECTIVA HISTORICA

DE LA INVESTIGACIÓN CON TÉCNICAS
NEUTRÓNICAS EN ESPAÑA

**HISTORICAL PERSPECTIVE OF RESEARCH
WITH NEUTRON TECHNIQUES IN SPAIN**



REFERENCIAS

- [1] El País, 19 octubre 2006; Cinco Días, 21 marzo 2008.
- [2] ESFRI, <http://cordis.europa.eu/esfri/>
- [3] G. E. BACON, *Neutron Diffraction* (Oxford University Press, USA) 3 edition (1975).
- [4] L. DOBRZYSKI y K. BLINOWSKI, *Neutron and Solid State Physics* (Horwood, 1994) o consultar en Rev. Sci. Inst 55, 837-848 (1984); Rev Sci. Inst 55, 1019-1043 (1984); ILL: <http://www.ill.fr> ISIS: <http://www.isis.rl.ac.uk/>
- [5] J. C. GÓMEZ SAL, C. G. Shull y B. N. Brockhouse. Premios Nobel de Física 1994. *Revista Española de Física* 8, 1 (1994).
- [6] J. BARTOLOMÉ y col., *Técnicas Experimentales en Haces de Neutrones* (ICMA Servicio Publicaciones U. Zaragoza, 1986).
- [7] X. OBRADORS y col., *II Curso Difusión de Neutrones* (U. Barcelona-CSIC, 1988).
- [8] J. C. GÓMEZ SAL y col., *Spanish Scientific Research using Neutron Scattering Techniques 1986-1991* (Servicio Publicaciones U. Cantabria, Santander, 1991).
- [9] Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas, <http://www.icmab.es/setn/>
- [10] <http://spins.unizar.es>
- [11] A. HIESS y col., *Physica B* 385-386, 1077-1079 (2006).
- [12] El País, 6 julio 2008.
- [13] Consorcio ESS-Bilbao: <http://www.essbilbao.com/>
- [14] P. ALLENSPACH (European Neutron Scattering Association), comunicación privada.
- [15] Sociedad Española de Técnicas Neutrónicas, *Tres décadas de investigación española con técnicas neutrónicas: una disciplina consolidada*