

1. Introducción

1.1. Presentación del CNA

El Centro Nacional de Aceleradores, CNA, se crea en 1998 por acuerdo entre la Universidad de Sevilla, la Junta de Andalucía y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Está gobernado por una Junta Rectora de la que forman parte las tres instituciones, aunque hoy en día la representación de la Junta de Andalucía la ostenta la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Según sus Estatutos las funciones del CNA son:

- La investigación en el campo de los Aceleradores de Partículas y sus aplicaciones.
- La cooperación con la comunidad científica andaluza, española e internacional, así como con empresas públicas y privadas, en el desarrollo de proyectos científicos y tecnológicos.
- Facilitar la utilización de los aceleradores de partículas a los investigadores interesados en la aplicación de las técnicas disponibles en el CNA para la resolución de sus problemas científicos.
- La difusión mediante la realización de cursos, seminarios, participación en programas de tercer ciclo, etc., de las posibilidades científicas y técnicas de los aceleradores de partículas y sus aplicaciones.
- Promover el intercambio de conocimientos y la formación de personal científico y técnico, tanto académico como de empresas, para su perfeccionamiento en el uso de los aceleradores de partículas y sus aplicaciones.
- La prestación de servicios técnicos mediante la utilización de sus recursos y métodos de análisis, en función de sus disponibilidades.
- Cualquier otra que consideren, de común acuerdo, las instituciones signatarias.

2. Aceleradores del CNA

2. Aceleradores del CNA

2.1. Presentación de los aceleradores del CNA

El CNA es un Centro pionero de España en la instalación y puesta a disposición de la comunidad científica de aceleradores de partículas para investigación.

El primer acelerador instalado data de 1998. Reafirmando su actividad pionera, desde ese momento hasta ahora se han instalado 2 aceleradores más junto con las técnicas asociadas a los mismos. Actualmente el CNA dispone, pues, de 3 aceleradores para cumplir sus objetivos: un acelerador de tipo Tándem van de Graaff de 3 MV (1998), un ciclotrón que proporciona protones de 18 MeV y deuterones de 9 MeV (2004) y un acelerador de tipo tándem Cockcroft-Walton de 1 MV (2005), llamado Tandetrón, que realmente es un espectrómetro de masas.

Con estos aceleradores se ponen a disposición de la comunidad investigadora 3 herramientas de investigación únicas acompañadas de las técnicas IBA (Ion Beam Analysis) para la caracterización de materiales, las técnicas de modificación e irradiación de materiales, la de producción de radionucleidos PET (^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F) y la Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS) de la que deriva un Servicio de datación por ^{14}C mediante AMS. El desarrollo de las técnicas que ponemos a disposición de la comunidad investigadora se facilita por la existencia de laboratorios de investigación para la preparación de muestras dotadas con material suficiente que permite llevar a cabo la mayoría de las preparaciones necesarias. Estas infraestructuras permiten desarrollar trabajos de interés en un amplio rango de disciplinas científicas o no directamente científicas.

El objetivo científico del CNA es la investigación en las aplicaciones multidisciplinarias de los aceleradores de partículas. Su vocación es la de proporcionar a la comunidad científica nacional e internacional, así como a la empresa y organismos tanto privados como públicos, sus herramientas de investigación. Estos tres aceleradores ponen a disposición de la comunidad científica e investigadora un conjunto de herramientas de investigación únicas:

Técnicas IBA (Ion Beam Analysis) para la caracterización de materiales y modificación e irradiación de materiales. Los campos de aplicación de las líneas de investigación, tanto en el acelerador tándem como en el ciclotrón, son principalmente: Ciencia de Materiales, Medio Ambiente, Patrimonio Cultural y Espacio.

Física Nuclear Básica. Esta línea de investigación aporta la capacidad de estudios de Física Nuclear Básica (FNB) en el desarrollo de instrumentación nuclear, especialmente en sistemas de detección y electrónica, y en medidas y análisis de reacciones

nucleares, utilizando las capacidades del acelerador Tándem de 3MV del CNA. Sus principales campos de aplicación son el área de medicina nuclear, física de neutrones y astrofísica de partículas.

Producción de radionucleidos, ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , para uso en PET (Tomografía Emisión de Positrones), empleados tanto en investigación como en la fabricación de radiofármacos que son enviados a centros externos de Andalucía, Castilla la Mancha y Portugal. Asimismo, se dispone de una línea de experimentación en el ciclotrón que ha sido diseñada con dos objetivos fundamentales: complementar el análisis de materiales mediante PIXE de alta energía, y estudiar el comportamiento de circuitos electrónicos y otros componentes con aplicaciones aeroespaciales frente a la irradiación.

Espectrometría de Masas con Aceleradores, AMS, de la que se deriva el servicio de datación por ^{14}C y otros núcleos como ^{10}Be , ^{14}C , ^{26}Al , ^{129}I e isótopos de Pu. En los últimos años, las líneas más activas se han centrado en los análisis de muestras para la detección de ^{14}C , ^{26}Al , ^{129}I e isótopos de Pu, aunque se han comenzado las pruebas para estudiar la capacidad del equipo para la detección de nuevos radioisótopos como el ^{41}Ca y el ^{36}Cl .

Actualmente, el CNA es una instalación única en España, incluida en el mapa de ICTS (Instalación Científico Tecnológica Singular), dado el número de aceleradores que alberga y el número de técnicas que desarrolla y que pone a disposición de la comunidad científica asociada a Universidades, OPI'S, empresa pública y privada, etc. Por tanto, es un objetivo fundamental la difusión de las posibilidades científicas y técnicas de los aceleradores de iones y sus aplicaciones. El CNA es la única instalación en España que posee los tres diferentes aceleradores y en la que se hace Ciencia con los tres, tanto por separado como en conjunto.

Cabe destacar dentro del apartado de nuevas instalaciones, que el Centro dispondrá de un PET/TAC para humanos, un MICADAS (AMS ultracompacto), así como de un irradiador de ^{60}Co . Para más información consultar el capítulo 6 "Futuras instalaciones" (página 68).

2.2 Acelerador Tándem de 3 MV

2.2.1 El Acelerador

El primer acelerador en el CNA fue un Tándem de tipo Pelletron, modelo 9SDH-2, de National Electrostatics Corporation (NEC). Este acelerador está principalmente dedicado a la caracterización y modificación de materiales mediante el uso de técnicas IBA. En este tipo de aceleradores electrostáticos, una o dos cadenas formada alternativamente por componentes aislantes y conductores (pellets) transfiere carga hasta una superficie equipotencial llamada terminal, el cual aumenta progresivamente su voltaje. Con nuestro acelerador se puede obtener un voltaje máximo de tres millones de voltios (3 MV), manteniendo una estabilidad del orden de 150 voltios.

En el exterior del tanque del acelerador se encuentran emplazadas tres fuentes de iones de NEC (Figura 1). Una está basada en el uso de radiofrecuencias (Alphatross) y genera iones negativos a partir de gases (H, He, N...). Otra es una fuente de bombardeo con cesio (SNICS) que genera iones negativos a partir de una muestra sólida. Y la más reciente de las tres, es una fuente tipo Duoplasmatron, que es muy estable y proporciona un haz de alto brillo. Las fuentes están conectadas mediante distintos puertos a un deflector magnético que selecciona la masa deseada.



Figura 1: Fuentes de iones

Los iones negativos así creados se aceleran desde un potencial nulo hasta el terminal, donde son despojados de su carga negativa mediante el paso por una zona que contiene un gas de N_2 a baja presión (stripper). De esta manera se forman iones positivos, los cuales se aceleran de nuevo en la misma dirección a través de un segundo tubo para obtener una energía final de $(n+1)V$ (eV), donde V es el voltaje del terminal y n es el estado de carga positiva del ión tras el stripper. En un tanque de aceleración (Figura 3), mediante transporte mecánico de carga con pellets se aceleran los iones seleccionados previamente, siendo el voltaje máximo en el terminal de 3 MV.

Una vez los iones son extraídos del acelerador (Figura 2), un imán analizador a 90° permite separar la especie iónica y el estado de carga deseado del resto del haz. De esta manera se obtienen iones monoenergéticos, de gran utilidad para el análisis y modificación de materiales. Después del imán a 90° el haz analizado puede pasar directamente a través de la línea de 0° o ser desviado por un imán selector a otra de las seis líneas disponibles a $\pm 15^\circ$, $\pm 30^\circ$ o $\pm 45^\circ$. Una serie de elementos como tazas de Faraday, monitores de perfil de haz, colimadores y cuadrupolos magnéticos permiten un buen control de la intensidad, forma y tamaño del haz a lo largo de la línea hasta las cámaras de análisis.



Figura 2: Acelerador Tándem 3 MV

Es esencial que las instalaciones con aceleradores posean un blindaje adecuado para proteger al personal y que se satisfagan todas las regulaciones de las autoridades pertinentes. Los muros de la sala Tándem del CNA están fabricados de hormigón

armado, con un espesor entre 0.7 y 1 metro, lo cual garantiza la protección biológica durante el uso de diferentes haces de iones, especialmente deuterio, debido a la emisión de neutrones. El acceso desde la sala de control a la sala Tándem tiene lugar a través de un mini-laberinto con muros de hormigón de 0.7 metros de espesor.

La tasa de radiación de rayos- γ y neutrones se mide continuamente mediante dos dosímetros situados encima del imán selector, y esta información es enviada y registrada en la sala de control. Si el nivel de radiación alcanza un determinado valor, una serie de alarmas ópticas y acústicas se activan en el interior y a la entrada de la sala Tándem.

Los objetos de grandes dimensiones pueden ser introducidos a través una puerta corrediza de 4 metros de altura, 3.5 metros de anchura y 0.7 metros de espesor, rellena de hormigón (Figura 3).



Figura 3: Acceso Sala Tándem objetos grana tamaño

2.2.2 Líneas de haz

Actualmente hay seis líneas de haz disponibles para caracterizar y modificar materiales, así como para realizar investigaciones en Física Nuclear Básica.

A continuación se da una breve descripción de las diferentes líneas.