

Annual Report 2023

Surpassing

LSC



SURPASSING

to go beyond in excellence or achievement
superar en logros o excelencia

After several years of intense works and actions taken by the LSC staff, LSC holders and the collaborators with experiments placed underground, we are proud to host leading screening facilities and laboratories.

Tras varios años de intensos trabajos y medidas tomadas por el personal y gestores del LSC y por los colaboradores, nos enorgullecemos de alojar instalaciones y laboratorios de frontera.

CONTENTS

Director's Statement	5
Introduction	7
Report on LSC Activities 2023.....	15
Events 2023.....	18
Newsletters 2023	20
Snapshots	21
LSC in numbers.....	22
ANAIS	24
Baby IAXO.....	28
CROSS	30
DArT in ArDM	32
GEODYN	34
JASC	35
NEXT	36
TREX-DM.....	39
BIOLOGY PLATAFORM.....	42
EOI-21-2018 (DAMIC)	44
EOI-24-2020 (ICRQ)	45
EOI-26-2020 (HENSA).....	47
EOI-27-2020 (NaI CGF)	49
EOI-28-2021 (NEXT-HD)	50
PROPOSALS.....	51
Publications	52
Governing Bodies.....	54
Scientific Advisory Committee	54
Acknowledgements.....	55

EDITING

Carlos Peña Garay
Yolanda Labarta

COVER PHOTO:
NEXT-100 TPC

ÍNDICE

Presentación del Director.....	5
Introducción	7
Actividad del LSC 2023	15
Eventos 2023.....	18
Newsletters 2023	20
Snapshots	21
LSC in numbers.....	22
ANAIS	24
Baby IAXO.....	28
CROSS	30
DArT en ArDM	32
GEODYN	34
JASC	35
NEXT	36
TREX-DM.....	39
PLATAFORMA DE BIOLOGÍA	42
EOI-21-2018 (DAMIC)	44
EOI-24-2020 (ICRQ)	45
EOI-26-2020 (HENSA).....	47
EOI-27-2020 (NaI CGF)	49
EOI-28-2021 (NEXT-HD)	50
PROPUESTAS.....	51
Publicaciones.....	52
Órganos de Gobierno.....	54
Comité Científico Asesor	54
Agradecimientos.....	55

EDICIÓN

Carlos Peña Garay
Yolanda Labarta

FOTO DE PORTADA
TPC de NEXT-100



Director's Statement

The LSC (Laboratorio Subterráneo de Canfranc), second largest deep underground scientific laboratory in Europe, is run by a Consortium between the Spanish Ministry of Science and Innovation, the Government of Aragon and the University of Zaragoza. The LSC is part of the Spanish network of ICTS (Unique Scientific and Technological Facilities). The LSC offers to researchers, from all over the world, the opportunity to carry out cutting-edge science on physics, astrophysics as well as biology, geophysics and environmental science in its facilities of unique characteristics. In fact, underground facilities at the LSC, shielded from the natural cosmic rays radiation, open the possibility to discover very rare phenomena.

LSC has been actively working on improving low radioactivity techniques, a necessary activity to match the more demanding requirements of future larger detectors to be built in this decade. The new high purity Germanium detector, GeRysy, installed in Hall C is the world record lowest background gamma detector in use for screening, surpassing long term best GeMPI detector, built by MPIK at LNGS. GeRysy is the most sensitive gamma screening sensor and we plan to host another two detectors. In another frontline, LSC has achieved ppq sensitivities in the uranium content in copper samples,

Presentación del Director

El Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) es el segundo laboratorio subterráneo a gran profundidad más grande de Europa. Lo gestiona un Consorcio compuesto por el Ministerio de Ciencia e Innovación, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza. El LSC pertenece a la red nacional de las Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS). El LSC ofrece a los investigadores la oportunidad de desarrollar ciencia de frontera en física fundamental y astrofísica, además de geología, biología y ciencias medioambientales, en su ubicación de características únicas. Las instalaciones del LSC, aisladas de la radiación cósmica natural, permitirán descubrir sucesos que ocurren con una probabilidad muy baja.

El LSC trabaja activamente en mejorar las técnicas de baja radioactividad, necesarias para acomodar los niveles de sensibilidad necesarios para los grandes detectores. El nuevo detector de germanio ultrapuro, GeRysy, instalado en el Hall C, es el detector gamma récord mundial en radiopureza que se utiliza para muestreo, superando el mejor detector durante años, GeMPI, construido por MPIK en LNGS. GeRysy es el detector gamma más sensible en el mundo y planeamos alojar otras dos unidades. LSC ha alcanzado sensibilidad a ppq en el contenido de uranio en cobre con el ICPMS-QQQ

with the ICPMS-QQQ placed in the clean room underground. In collaboration with INFN researchers and the USA companies Mellen and RMD, the lab has developed leading screening measurements in novel ultrapure sodium iodine crystals for dark matter searches.

The commitment of the lab to host a world leading double beta decay experiment, NEXT-HD; the role, as a hub of the Spanish community, to coordinate the Spanish contributions for the construction of Hyper-Kamiokande experiment in Japan and the exploitation of the Biology Platform to host biology experiments and the cryogenics laboratory to test superconducting circuits in cosmic silence show that we are ready to face future challenges.

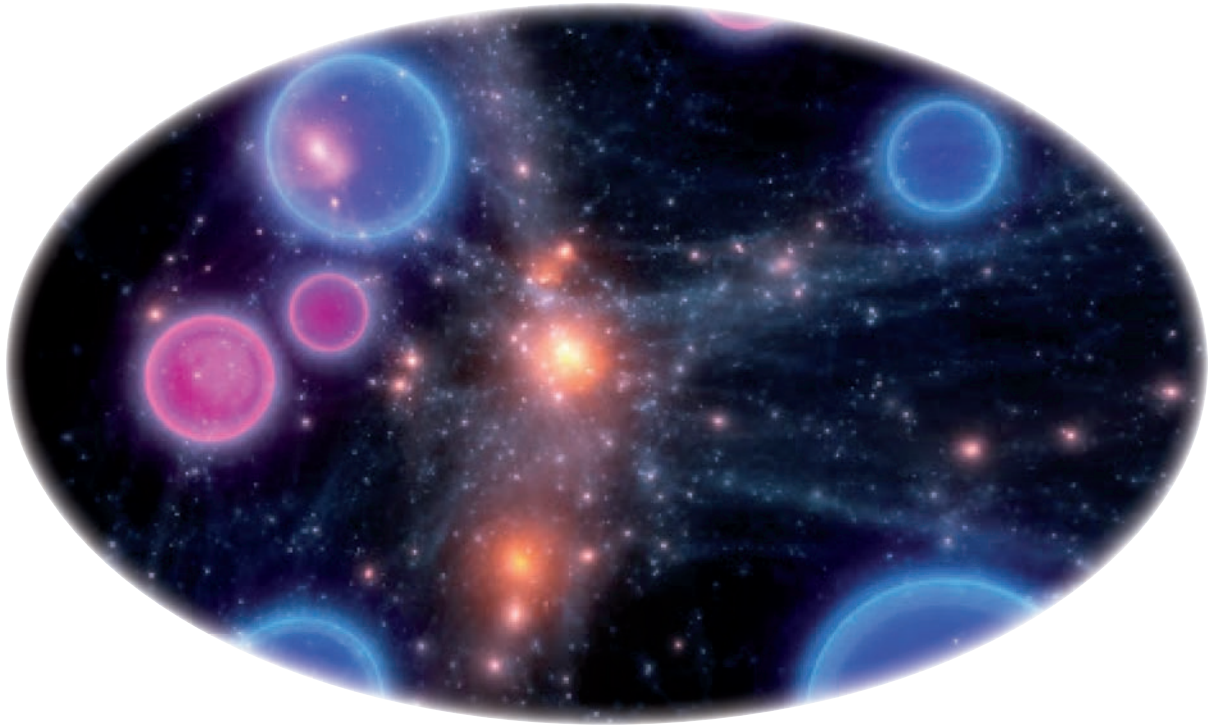
The aim of the LSC is to contribute to cutting edge scientific and technological knowledge by providing international access to a unique research infrastructure. We are eager to welcome both new scientific proposals, which could be hosted in the underground space and new requests for the LSC services. The LSC International Scientific Advisory Committee will study the scientific proposals received, giving its advice to the director based only on scientific and technological excellence.

alojado en la sala limpia del subterráneo. En colaboración con investigadores del INFN y las compañías estadounidenses Mellen y RMD, el LSC ha desarrollado medidas de radiopureza en noveles cristales de yoduro de sodio ultrapuros para la búsqueda de materia oscura.

El compromiso de alojar un experimento de desintegración beta doble de vanguardia, NEXT-HD; el papel, de coordinar la contribución española a la construcción del experimento Hyper-Kamiokande en Japón y la explotación de la Plataforma de Biología para alojar experimentos de biología y del laboratorio de criogenia para explorar circuitos superconductores en silencio cósmico muestran que estamos preparados para afrontar los retos futuros.

El objetivo del LSC es aportar conocimiento en ciencia y tecnología de vanguardia y proporcionar acceso a una infraestructura única en investigación e innovación. Acogemos nuevas propuestas científicas, que pueden ser ubicadas en el espacio subterráneo, y solicitudes para el uso de los servicios disponibles. El Comité Científico Internacional Asesor del LSC estudiará las propuestas científicas, aconsejando sobre ellas al director y basándose únicamente en la excelencia científica y técnica.



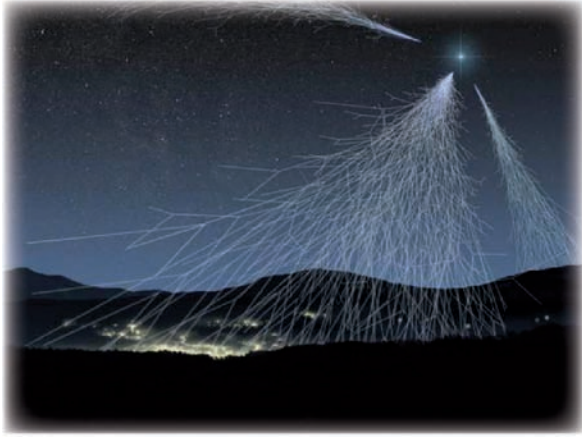


Introduction

The Canfranc Underground Laboratory (LSC) is a first-class deep underground laboratory designed for research in neutrino physics, dark matter and other unusual phenomena in nature that require very low environmental radioactivity to be observed. The location of the LSC at 800 meters below ground is excavated between the Somport road tunnel and the old railway tunnel, about 8 km on the Spain-France border. Today, LSC is the second largest deep-sea laboratory in Europe, in close collaboration with the most important underground laboratories in the international context: LNGS (Italy), SNOLab (Canada) and Kamioka (Japan). The history of the laboratory begins in 1986, with the pioneering work in Spain of the team from the University of Zaragoza, led by Angel Morales. Today, the LSC is a unique multidisciplinary scientific and technical facility (ICTS), regulated as a consortium formed by the Ministry of Science and Innovation, the Government of Aragon and the University of Zaragoza, with a surface area of 1.600 m² and a volume of 10.000 m³ in the underground laboratory equipped with an outstanding number of facilities. The main underground infrastructure, called LAB2400, is divided

Introducción

El Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) es un laboratorio subterráneo a gran profundidad de primer nivel diseñado para la investigación en física de neutrinos, materia oscura y otros fenómenos inusuales en la naturaleza que requieren muy baja radioactividad ambiental para ser observados. La ubicación del LSC a 800 metros bajo tierra está excavada entre el túnel carretero de Somport y el antiguo túnel ferroviario, de unos 8 km en la frontera España-Francia. Actualmente, el LSC es el segundo laboratorio a gran profundidad más grande en Europa, en estrecha colaboración con los laboratorios subterráneos más importantes en el contexto internacional: LNGS (Italia), SNOLab (Canadá) y Kamioka (Japón). La historia del laboratorio comienza en 1986, con el trabajo pionero en España del equipo de la Universidad de Zaragoza, liderado por Angel Morales. Hoy, el LSC es una instalación científica y técnica singular (ICTS) multidisciplinar, regulada como consorcio formado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza, con 1.600 m² de superficie y un volumen de 10.000 m³ en el laboratorio subterráneo equipado



into Hall A, the largest experimental area with 600 m², Hall B and C and service area. The rest of the annexed underground infrastructure is called LAB2500 and LAB780 respectively, according to their distance from the Spanish entrance to the railway tunnel. In the LSC, 22 international collaborations, with more than 260 scientists and engineers, carry out their research on the frontier between particle physics and astroparticle physics, geodynamics or biology.

Underground laboratories are dedicated to the search for extremely unusual nuclear and sub-nuclear phenomena. Such a search requires a very low radioactive background environment. The irreducible background noise is due to cosmic rays, originated by protons, and other nuclei, cosmic by hitting the nitrogen or oxygen nuclei in the upper layer of the atmosphere. The interaction of protons causes a cascade of particles, muons and neutrinos being the most penetrating of such secondary particles. The muons reach the surface of the Earth with a flow of about 2 muons/cm²/second. At a depth of 800 meters, under Mount Tobazo, the cosmic ray flux is reduced by a factor of sixty thousand, which allows the search for very unlikely processes. Within the framework of sub-atomic physics, we have a theoretical description of the elementary particles of matter and the basic forces of Nature, called the Standard Model (SM). All its predictions have been tested with increasing accuracy on the energies that are achievable with accelerators. Underground laboratories, such as the LSC, host experiments that provide scientific information that is complementary

con un número destacado de instalaciones. La infraestructura principal subterránea, denominada LAB2400, se divide en Hall A, el área experimental de mayor superficie con 600 m², Hall B y C y área de servicios. El resto de las infraestructuras subterráneas anexas se denominan LAB2500 y LAB780 respectivamente, según su distancia a la boca española del túnel ferroviario. En el LSC, 22 colaboraciones nacionales e internacionales, con más de 260 científicos e ingenieros, llevan a cabo sus investigaciones en la frontera entre la física de astropartículas, la geodinámica o la biología.

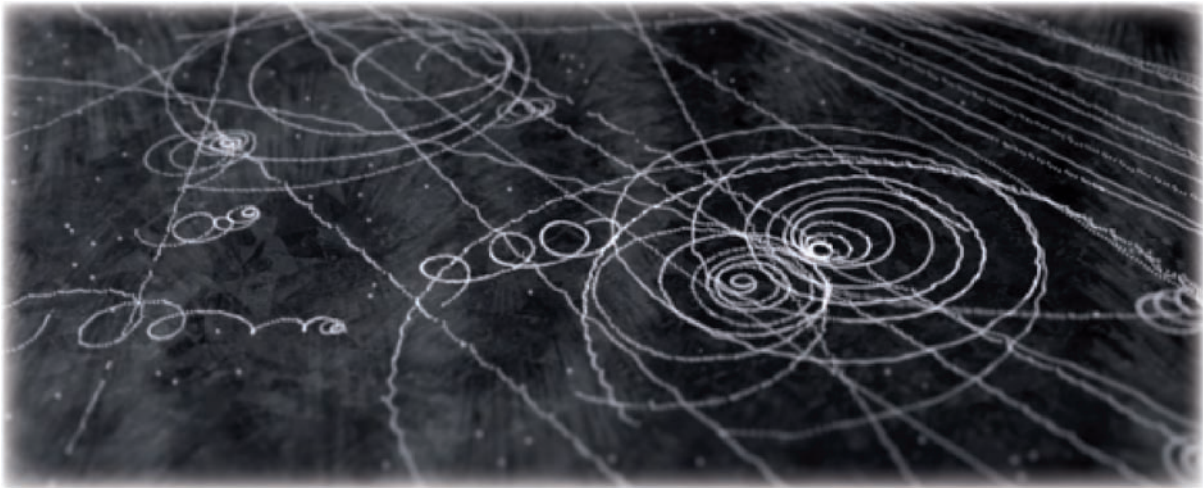
Los laboratorios subterráneos se dedican a la búsqueda de fenómenos, nucleares y sub-nucleares extremadamente inusuales, Dicha búsqueda necesita un ambiente de muy bajo fondo radioactivo.

El ruido de fondo irreducible es debido a los rayos cósmicos, originado por los protones, y otros núcleos, cósmicos al golpear los núcleos de nitrógeno u oxígeno en la capa alta de la atmosfera. La interacción de los protones provoca una cascada de partículas, siendo muones y neutrinos las más penetrantes de tales partículas secundarias. Los muones alcanzan la superficie de la Tierra con un flujo de unos 2 muones/cm²/segundo. A 800 metros de profundidad, bajo el Monte Tobazo, el flujo de rayos cósmicos se reduce en un factor de sesenta mil, lo que permite la búsqueda de procesos muy poco probables. En el marco de la física subatómica, disponemos de una descripción teórica de las partículas elementales de la materia y las fuerzas básicas de la Naturaleza, denominada Modelo Estándar (MS). Se ha probado con creciente precisión todas sus predicciones en las energías que son alcanzables con los aceleradores. Laboratorios subterráneos, como el LSC, alojan experimentos que proporcionan información científica que es complementaria a aquella obtenida por laboratorios con aceleradores. De hecho, los primeros elementos de la física más allá del modelo estándar se obtuvieron mediante experimentos subterráneos, cómo son el descubrimiento de las oscilaciones de neutrinos debidas al cambio de sabor (de familia) de los neutrinos entre producción

to that obtained by accelerator laboratories. In fact, the first elements of physics beyond the standard model were obtained through underground experiments, such as the discovery of neutrino oscillations due to the change in taste (family) of neutrinos between production and detection due to their different masses. The science being carried out in underground laboratories is growing in interest worldwide. There is strong competition internationally with new proposals for underground infrastructure. Among them, the most relevant in the context of ultra-low radioactivity are the search for dark material, the search for double-beta disintegration and the exploration of living conditions in low radioactive background.

y detección debido a sus diferentes masas. La ciencia que se está llevando a cabo en laboratorios subterráneos está creciendo en interés en todo el mundo. Existe una gran competencia a nivel internacional con nuevas propuestas de infraestructuras subterráneas. De entre ellas, las más relevantes en el contexto de ultra-baja radioactividad son la búsqueda de material oscura, la búsqueda de la desintegración doble beta y la exploración de las condiciones de vida en bajo fondo radioactivo.

Únicamente el 16% de toda la materia que existe en el Universo es visible, formada por protones, neutrones (quarks arriba y abajo) y electrones en sus variadas agregaciones. El resto se denomina materia oscura,



*Particles observed in a fog chamber
Partículas observadas en una cámara de niebla*

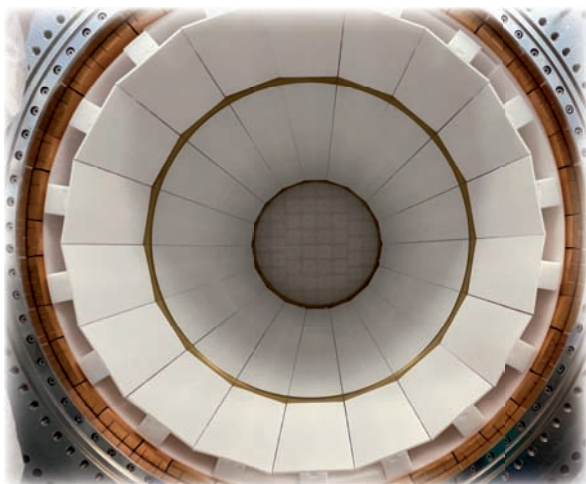
Only 16% of all matter in the Universe is visible, consisting of protons, neutrons (quarks up and down) and electrons in their various aggregations. The rest is called dark matter, which is needed to explain the dynamics of visible objects in the gravity fields generated by gravity on a cosmic scale. The nature of dark matter is among the major frontier issues in science today. The LSC contributes to this international effort in the direct search for the interaction of dark matter with ultra-pure detectors. On the other hand, there are two experiments in operation at the LSC investigating the direct search for dark matter: ANAIS with NaI(Tl) scintillators, the most advanced international effort to verify the result of the Italian DAMA/LIBRA experiment; ArDM with liquid argon,

necesaria para explicar la dinámica de los objetos visibles en los campos de gravedad generados por ésta a escala cósmica. La naturaleza de la materia oscura se encuentra entre las principales cuestiones frontera de la ciencia actual. El LSC contribuye a este esfuerzo internacional en la búsqueda directa de la interacción de la materia oscura con detectores ultrapuros. Por otro lado, en el LSC hay dos experimentos en funcionamiento que investigan la búsqueda directa de materia oscura: ANAIS con centelleadores de NaI(Tl), el esfuerzo internacional más avanzado en verificar el resultado del experimento italiano DAMA/LIBRA; ArDM con argón líquido, el mayor detector de argón de doble fase en búsquedas de materia oscura que aloja el criostato DArT

the largest double-phase argon detector in dark matter searches hosting DArT detector to measure Ar-39 contamination, and TREX-DM, with argon and neon in a high pressure chamber. Moreover, DAMIC prototype, to measure the cosmogenic activation of silicon-based CCDs, and babyIAXO-D1 prototype, to measure the X-rays background of materials, are being developed at IFCA and UNIZAR/CEA respectively, to bring them underground to LSC in 2022 and 2023.

Today we know that neutrinos have very little mass. A natural explanation for the tiny mass of the neutrino requires that the neutrino is a Majorana particle, which has the property of being its own antiparticle and of giving rise to reactions or disintegrations that do not conserve the number of leptons, with the necessary modification of the standard model of particle physics.

The observation of double beta disintegration without neutrinos would demonstrate that neutrinos are Majorana particles and that the number of leptons is not conserved, a question related to the necessary matter-antimatter asymmetry observed in the Universe and not explained in the current conceptual framework. At the LSC these research activities are being carried out through various detectors built by international collaborations. On the one hand, the NEXT-White (NEW) double beta disintegration experiment, a high-pressure xenon detector based on a temporary electroluminescent projection chamber is taking data from 2018 to 2022 in Hall A and



NEXT Detector

para determinar contaminaciones en Ar-39 y TREX-DM, con argón y neón en una cámara de gas a alta presión.

Por otro lado, el prototipo DAMIC, para la caracterización de la activación del silicio en detectores basados en CCDs, y el prototipo babyIAXO-D1, para la caracterización de la contaminación en rayos X, se están preparando en el IFCA y en UNIZAR/CEA respectivamente, para alojarlos en el LSC en 2022 y 2023.

Hoy en día sabemos que los neutrinos tienen muy poca masa. Una explicación natural para el diminuto tamaño de la masa del neutrino requiere que el neutrino sea una partícula de Majorana, que tiene la propiedad de ser su propia antipartícula y de dar lugar a reacciones o desintegraciones que no conservan el número de leptones, con la necesaria modificación del modelo estándar de física de partículas. La observación de la desintegración doble beta sin neutrinos demostraría que los neutrinos son partículas de Majorana y que el número de leptones no se conserva, cuestión relacionada con la necesaria asimetría materia-antimateria observada en el Universo y no explicada en el actual marco conceptual. En el LSC estas actividades de investigación se están llevando a cabo a través de diversos detectores construidos por colaboraciones internacionales. Por un lado, el experimento de desintegración doble beta NEXT-White (NEW), con xenón a alta presión basado en una cámara de proyección temporal electroluminiscente tomó datos desde 2018 hasta 2022 en el Hall A y ha medido el espectro doble beta con neutrinos, demostrando la resolución de la energía y reconstrucción de trazas de los dos electrones esperadas. En 2023, completamos la construcción de NEXT-100, con 100 kg de material activo y 50 toneladas de peso para buscar la desintegración doble beta sin neutrinos. Además, el proyecto CROSS para la búsqueda del decaimiento doble beta sin neutrinos con bolómetros basados en cristales de telurio o molibdeno está tomando datos en el Hall B, para reducir el ruido de fondo superficial de los cristales con ayuda de la señal de centelleo. Ambos proyectos han recibido

has measured the double beta spectrum with neutrinos, demonstrating the expected energy resolution and trace reconstruction specifications of the two electrons. In 2023, we completed the NEXT-100 detector, with 100 kg of active material and a total of 50 tons, including insulation, to address the search for double-beta disintegration without neutrinos. In addition, the CROSS project for the search of the double-beta decay without neutrinos with bolometers based on tellurium or molybdenum crystals is taking data in Hall B, with the aim of determining the best conditions to reduce the surface background noise of the crystals with the help of the scintillation signal. Both projects have received European funding with Advanced Grants from the ERC. New proposals are the future version of NEXT-100, NEXT-HD, to host one ton of Xe-136, and LiquidO, a detector based on opaque scintillation wax.

Other scientific areas benefit from the unique location of the LSC underground facilities. New experiments were proposed since 2020. On one hand, ICRQ, Interaction of Cosmic Rays on Qubits, proposes to install a cryogenic platform to characterize the impact of radiation on entanglement lifetime. Recent results show that, in some qubit designs, radiation may become the limiting factor to build future quantum computers. The cryogenic installation will also host CADEX, the Canfranc Axion Detector Experiment, a pioneering dark matter search proposal to explore axions with masses in W-band radiofrequencies. On the other hand, the LSC, in collaboration with LNGS and WIPP, is initiating a systematic exploration of the effects of low radioactivity on life. The reader will be familiar with studies on the damage of ionizing radiation to cells and organs, in particular to DNA. Extrapolation to the low radioactivity limit would seem to indicate, at first glance, that it benefits life. If so, it may surprise you that low radioactivity does not seem to benefit life processes, adapted to other conditions for billions of years. Preliminary experiments indicate that DNA repair mechanisms are slowed down, even stopped, when we grow replicas of bacteria, human cells or even organisms (fruit flies,

financiación europea con sendas Advanced Grants de la ERC. La desintegración doble beta del xenón-136 en fase gas, permite explorar la posibilidad de detectar el catión de bario producido. Investigadores del DIPC, dentro de la colaboración NEXT, han dado los primeros pasos en esta dirección con el diseño, síntesis y demostración de las propiedades ópticas de una nueva molécula sensible a la captura del catión de bario. La propuesta de convertir estas investigaciones en un detector ha sido premiada con una Synergy Grant de la ERC.

El LSC se ha beneficiado directamente de estas investigaciones y está construyendo el dispositivo RITA que pueda separar el catión de radio de muestras para poder caracterizar la muy baja radioactividad de muestras con la misma técnica. Nuevas propuestas son la versión futura de NEXT-100, NEXT-HD, para alojar una tonelada de Xe-136 y LiquidO, un detector de cera centelleadora opaca.

Otras áreas científicas se benefician de la ubicación única de las instalaciones subterráneas del LSC, con nuevos experimentos que se han iniciado en desde 2020. Por una parte, ICRQ, interacción de los rayos cósmicos en qubits, propone instalar una estación criogénica de medida para caracterizar la influencia de la radiación en la duración del entrelazamiento de qubits. Recientes investigaciones muestran que, en algunos tipos de qubits, la radiación puede convertirse en la mayor limitación que frene el progreso de las unidades fundamentales en la construcción de los ordenadores cuánticos. Esta instalación criogénica permitirá alojar CADEX, el experimento de detección de axiones en Canfranc, una pionera propuesta de búsqueda de materia oscura con masas en la banda W de radiofrecuencia. Por otra parte, en colaboración con LNGS y WIPP, el LSC está iniciando una exploración sistemática de los efectos de la baja radioactividad en la vida. El lector estará familiarizado con los estudios sobre los daños de las radiaciones ionizantes en las células y órganos, en particular en el ADN. La extrapolación hacia el límite de baja radioactividad parecería indicar a primera vista, que beneficia a la vida. Si es así, quizás le sorprenda, que la baja radioactividad no parece beneficiar los procesos vitales,



Biochemistry Lab



Laboratorio de Bioquímica

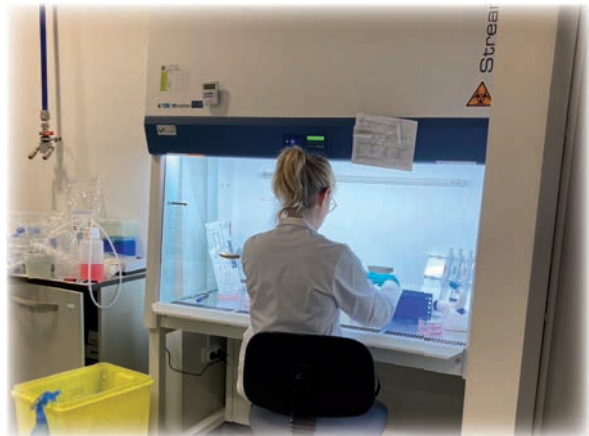
...) compared to their counterparts on the surface. Cells are inefficient in reducing oxidative stress, demonstrated in the laboratory with respect to their surface replicas. The nature of this adaptation to natural radioactivity is still unknown, and the impact of the different components (muons, neutrons, electrons, gamma) remains to be explored. In an analogous way to how our detectors see the cascade of particles and radiation generated by the interaction of an ionizing particle, such energetic cascades have a major impact on the cell.

How this cascade degrades the energy in the cell to the energies of chemistry and biology is still an unknown area. Ten experiments were proposed since 2021, which have been exploring cellular mechanisms underground in bacteria and eukaria taxa since 2022.

The location of the underground laboratories allows for the housing of other types of detectors that benefit from seismic noise reduction. The LSC is equipped with a

adaptados a otras condiciones por miles de millones de años. Experimentos preliminares indican que los mecanismos de reparación del ADN se ralentizan, incluso se detienen, cuando cultivamos réplicas de bacterias, células humanas o incluso organismos (mosca de la fruta, ...) frente a sus homólogos en superficie. Las células no son capaces de reducir el estrés oxidativo, demostrado en el laboratorio respecto a sus réplicas en superficie.

La naturaleza de esta adaptación a la radioactividad natural aún es desconocida, y el impacto de las diferentes componentes (muones, neutrones, electrones, gamma) está por explorar. De una manera análoga a como nuestros detectores ven la cascada de partículas y radiación generada por la interacción de una partícula ionizante, tales cascadas energéticas tienen un impacto importante en la célula. Cómo esta cascada degrada la energía en la célula para llegar a las energías de la química y la biología, es



geophysical infrastructure, called GEODYN, which covers the entire geodynamics spectrum, from the closest seismicity, induced by the water dynamics of the mountain, to the tectonic deformations through the terrestrial tides or the nutation of the terrestrial core. This facility has three components: a seismic station equipped with a Titan accelerometer and a Trillium 240s seismometer, laser interferometers consisting of two 70 m long orthogonally oriented vacuum tubes, both underground, and an external GNSS station. The LSC GEODYN observatory has been integrated into the EPOS (European Plate Observing System), which was approved by the ESFRI Roadmap in 2008. The low and stable seismic noise inside the mountain has allowed it to be selected as a candidate to host the future Einstein Telescope gravity wave detector.

The ETSEC project has studied Newtonian noise, important in the framework of gravitational wave detection. ETSEC consists of four seismic sensors (accelerometers) placed along the railway tunnel and two others in one of the galleries between the railway tunnel and the road tunnel. The results of this project place the LSC as the best location in continental Europe of all the points studied, only surpassed by the location studied in the island of Sardinia.

These big questions about us and our environment: What is most of the matter in the Universe, how has the Universe generated matter without producing antimatter, why does low radioactivity alter cellular life, require equipment and technological support from laboratories and technology companies. Ultra-low background gamma spectrometers, mass spectrometers with sensitivity in ppq, Radon reduction systems and alpha detectors for very low level Radon measurements (mBq/m^3), are among the technologies that the LSC develops and establishes collaboration with national and international technological companies. LSC is interested in developments associated

aún un área desconocida. Se han propuesto diez experimentos desde 2021, que están explorando mecanismos celulares en bacterias y eucariotas desde 2022.

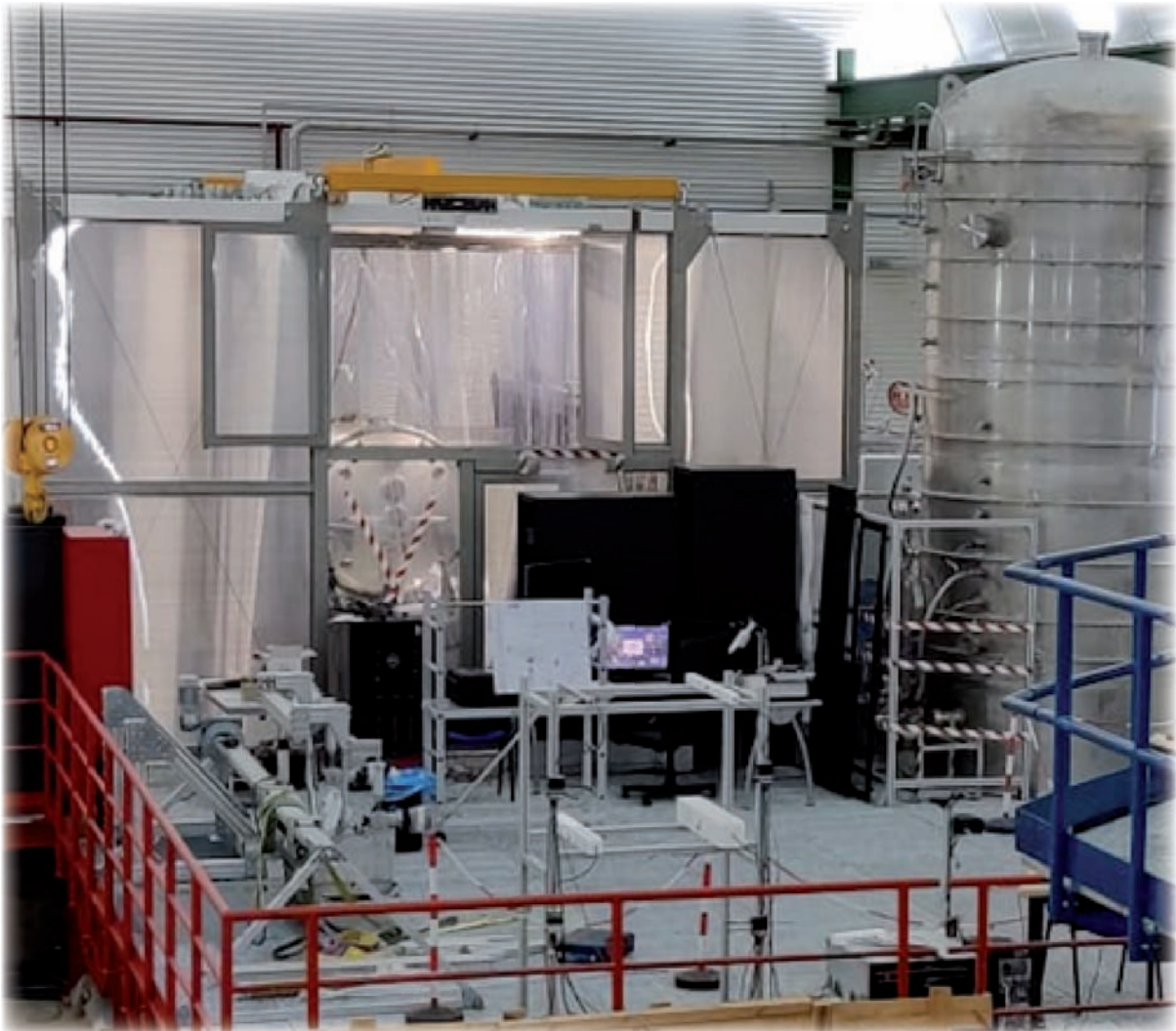
La localización de los laboratorios subterráneos permite alojar otro tipo de detectores que se benefician de la reducción del ruido sísmico. El LSC está equipado con una infraestructura geofísica, denominada GEODYN, que cubre el espectro geodinámico en su totalidad, desde la sismicidad más cercana, inducidas por la dinámica hídrica de la montaña, a las deformaciones tectónicas pasando por las mareas terrestres o la nutación del núcleo terrestre.

Esta instalación tiene tres componentes: una estación sísmica equipada con un acelerómetro Titán y un sismómetro Trillium 240s, interferómetros láser que consisten en dos tubos de 70 m de longitud al vacío orientados ortogonalmente., ambos bajo tierra, y una estación GNSS externa. El observatorio LSC GEODYN ha sido integrado en el EPOS (European Plate Observing System), que fue aprobado por la Hoja de Ruta ESFRI en el 2008. El bajo y estable ruido sísmico dentro de la montaña ha permitido que sea seleccionada como candidata para alojar el futuro detector de ondas gravitacionales Einstein Telescope.

Estas grandes preguntas sobre nosotros y nuestro entorno: ¿Qué es la mayoría de la materia del Universo?, ¿cómo ha generado el Universo la materia sin producir antimateria en la misma cantidad?, ¿Cómo reducir el impacto de la radiación en el tiempo de entrelazamiento de los qubits? ¿por qué altera la vida celular la baja radioactividad?, requieren de equipamiento y soporte tecnológico de laboratorios y empresas tecnológicas. Espectrómetros gamma de ultra-bajo fondo, espectrómetros de masas con sensibilidad en partes por cuatrillón, sistemas de reducción de Radón y detectores alfa para medidas de muy bajo nivel de Radón (mBq/m^3), se encuentran entre las tecnologías que el LSC desarrolla y establece colaboración con las empresas tecnológicas nacionales e internacionales. El LSC está interesado en desarrollos asociados a la mejora de la radio-pureza de

with the improvement of the radio-purity of materials (acquisition of copper, lead, high purity polyethylene; production of ultra-pure copper by electroforming for 3D copper printers...) and of the techniques necessary for their characterization (ultra-low background Germanium detectors, Radon emanation detectors...). Among the emerging projects which are ongoing in 2023: impact of radioactivity on quantum technologies, detection of radio cations with single-molecule fluorescence imaging.

los materiales (adquisición de cobre, plomo, polietileno de alta pureza; producción de cobre ultra-puro por electroformación para la producción de piezas en impresoras 3D de cobre...) y de las técnicas necesarias para su caracterización (detectores de Germanio de ultra-bajo fondo, detectores de emanación de radón...). Entre los proyectos emergentes que están en desarrollo en 2023: impacto de la radioactividad en las tecnologías cuánticas, reducción de radón en gases nobles, detección de cationes de radio con imagen por fluorescencia de molécula.



Hall A, 2023



Cryogenics at LSC

Report Activities 2023

The work accumulated in the first decade has led to the production of important scientific results. In the search for dark matter, ANAIS has presented scientific results on the affirmation of the existence of dark matter by the DAMA/LIBRA experiment, making it the most advanced experiment in the validation or refutation of this important experimental result with more than six years of accumulated data. ArDM is being adapted to host DARt, an argon-39 trace detector, which is part of the constellation of the Global Argon Dark Matter Search Collaboration (GADMC). Other experiments and expressions of interest, TREX-DM, DAMIC and Baby-IAXO, have dedicated their efforts to the preparation of dark matter detection experiments and technologies. In double beta decay, the LSC collaboration completed the construction of the experiment in 2023. It marks the start of the preparation of the facilities at the LSC to host and support the construction of a one-tonne Xenon-enriched Xenon 136 detector based on the NEXT technique. In addition, the CROSS experiment has completed the first phase of measurements of the components needed to reduce the radioactive background in the experiment.

The LSC has initiated a programme of new cryogenic facilities (around 10 mK) to host experiments to understand the impact of cosmic rays and natural radioactivity on superconducting circuits, both in qubits, the

Actividad del LSC 2023

El trabajo acumulado en la primera década ha permitido la producción de importantes resultados científicos. En búsqueda de materia oscura, ANAIS ha presentado resultados científicos sobre la afirmación de la existencia de materia oscura por el experimento DAMA/LIBRA y le sitúan como el experimento más avanzado en la validación o refutación de este importante resultado experimental con más de seis años de datos acumulados. ArDM se está adaptando para alojar DARt, un detector de trazas de argón-39, integrante de la constelación de la colaboración global de búsqueda de materia oscura con argón (GADMC). Otros experimentos y expresiones de interés, TREX-DM, DAMIC y Baby-IAXO, han dedicado sus esfuerzos en la preparación de experimentos y tecnologías de detección de materia oscura. En desintegración doble beta, el LSC la colaboración ha completado la construcción del detector NEXT-100 en 2023. Marca el inicio de la preparación de las instalaciones en el LSC para alojar y apoyar la construcción de un detector de una tonelada de xenón enriquecido en Xenon 136, basado en la técnica de NEXT. Además, el experimento CROSS ha completado la primera fase de medidas de los componentes necesarios para reducir el fondo radiactivo en el experimento.

El LSC ha iniciado un programa de nuevas instalaciones en criogenia (alrededor de 10 mK) para alojar experimentos que permitan entender el impacto de los rayos cósmicos y la radioactividad natural en los circuitos

basic units of quantum computing, and in KIDs. The ICRQ and CADEX projects, of which the LSC is part, promise important results in the study of the impact of radiation on these basic units.

On the other hand, the LSC has created the biology platform to host experiments in low cosmic background and to unravel the cellular mechanisms that have adapted to cosmic radiation and that allow explaining the preliminary results observed, lower response to oxidative stress and suppression of DNA repair mechanisms, when hosted in low radiation environments. Five of the eight experiments have been initiated, with several biological models and scientific questions, and the laboratory has completed the facilities and equipment to house them.

The laboratory leads the coordination of the Spanish contribution to the construction of the international Hyper-Kamiokande experiment, which includes the production of 20" PMT shells, the design of the ventilation and geomagnetic compensation systems, electronic data processing modules and radiation sources for calibration. LSC has signed an agreement with the Donostia International Physics Centre (DIPC), University of Girona (UdG), University of Oviedo (UO), Polytechnic University of Valencia (UPV) and the University of Santiago de Compostela (USC) for the activity of the research groups and the construction of the HK detector components in the framework of the European Recovery and Resilience Mechanism. LSC and the ICRR of the University of Tokyo signed the agreement for the in-kind contributions on the basis of the Memorandum of Understanding (MoU) signed in August 2022 by the Spanish Ministry of Science and Innovation (MCIN), the High Energy Accelerator Research Organisation (KEK) and the University of Tokyo (U.Tokyo).

The LSC continues on the path initiated to strengthen the human resources that support the experiments and initiatives at the LSC. Both the programme to attract scientific and technical personnel from other institutions, long-term residents at the LSC, and the competition to attract talent in regional, national and European calls promise

superconductores, tanto en qubits, unidades básicas de la computación cuántica, como en KIDs. Los proyectos ICRQ y CADEX, de los que el LSC forma parte, promete importantes resultados en el estudio del impacto de la radiación sobre estas unidades básicas. Por otro lado, el LSC ha creado la plataforma de biología para alojar experimentos en bajo fondo cósmico y desentrañar los mecanismos celulares que se han adaptado a la radiación cósmica y que permiten explicar resultados preliminares observados, menor respuesta al estrés oxidativo y supresión de mecanismos de reparación del ADN, cuando se aloja en ambientes de baja radiación. Se han iniciado cinco de los ocho experimentos, con varios modelos biológicos y preguntas científicas, y el laboratorio ha completado las instalaciones y el equipamiento para alojarlas.

El laboratorio lidera la coordinación de la contribución española a la construcción del experimento internacional Hyper-Kamiokande, que incluye la producción de cubiertas de PMT de 20", el diseño de los sistemas de ventilación y de compensación geomagnética, módulos electrónicos de procesamiento de datos y fuentes de radiación para calibración. El LSC ha firmado un convenio con el Centro Internacional de Física de Donostia (DIPC), Universidad de Girona (UdG), Universidad de Oviedo (UO), Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y la Universidad de Santiago de Compostela (USC) para la actividad de los grupos de investigación y la construcción de los componentes del detector HK en el marco del Mecanismo Europeo de Recuperación y Resiliencia. LSC y el ICRR de la Universidad de Tokio firmaron el acuerdo de las contribuciones en especie sobre la base del memorando de entendimiento (MoU) firmado en agosto de 2022 por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIN) de España, la Organización de Investigación de Aceleradores de Alta Energía (KEK) y la Universidad de Tokio (UTokyo).

El LSC sigue el camino iniciado para fortalecer los recursos humanos que dan soporte a los experimentos e iniciativas en el LSC. Tanto el programa de atracción de personal científico y técnico de otras instituciones, residente de larga duración en el LSC, como la competición por atraer talento en convocatorias autonómicas, nacionales y

to increase the LSC's capacity to tackle large projects, low radioactive background techniques and the new strategic lines of this decade.

europas prometen aumentar la capacidad del LSC para afrontar los grandes proyectos, las técnicas de bajo fondo radioactivo y las nuevas líneas estratégicas de esta década.



AGREEMENTS

In the framework of an international collaboration among European research underground laboratories and in the framework of the international effort on searches for rare events, a letter of intent defined the common interest of research collaboration and transnational access between the Laboratorio Nazionale del Gran Sasso (Italy), the Laboratorio Subterráneo de Canfranc (Spain), the Boulby Underground Laboratory (UK), the Laboratoire Souterrain de Modane (France), the Laboratoire Souterrain à Bass Bruit (France), and the CallioLab (Finland) to reinforce the cooperation and synergy between these research infrastructures.

An agreement has been signed defining the terms of Research Collaboration (RC) and Transnational Access (TA) between the Laboratori Nazionali del Gran Sasso (INFN-LNGS) and the Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) to reflect the rapid increase of collaboration and synergy between the two research infrastructures. Users at LNGS and LSC will benefit from a dedicated agreement to access experimental surface and underground areas, ultra-low background instrumentation, and facilities to support research in both sites.

ACUERDOS

En el marco de una colaboración internacional entre laboratorios subterráneos de investigación europeos y en el marco del esfuerzo internacional de búsqueda de eventos raros, una carta de intención definió el interés común de colaboración en investigación y acceso transnacional entre el Laboratorio Nazionale del Gran Sasso (Italia), el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (España), el Boulby Underground Laboratory (Reino Unido), el Laboratoire Souterrain de Modane (Francia), el Laboratoire Souterrain à Bass Bruit (Francia) y el CallioLab (Finlandia) para reforzar la cooperación y la sinergia entre estas infraestructuras de investigación.

Se ha firmado un acuerdo que define los términos de Colaboración en Investigación (RC) y Acceso Transnacional (TA) entre el Laboratori Nazionali del Gran Sasso (INFN-LNGS) y el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) para reflejar el rápido aumento de la colaboración y sinergia entre las dos infraestructuras de investigación. Los usuarios de LNGS y LSC se beneficiarán de un acuerdo específico para acceder a áreas experimentales en los labs subterráneos, instrumentación de fondo ultrabajo e instalaciones para respaldar la investigación en ambos sitios.

Events/Eventos 2023



LSC-Retreat 4.0 on Mathematical Modelling in Biology. January 24, 2023

The LSC-Retreat is an initiative born from the collaboration among the LSC, Centre de Recerca Matemàtica (CRM), and Institut de Biologia Integrativa de Sistemes (I2SysBio) CSIC-UV.

The 4th edition of the LSC-Retreat took place at the LSC with around 30 attendants. The aim of this meeting is to encourage scientific discussion about trending topics on mathematical modelling on biology, ecology, and life systems.

LSC-Retreat 4.0 on Mathematical Modelling in Biology. 24 de enero, 2023

El LSC-Retreat es una iniciativa nacida de la colaboración entre el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC), el Centre de Recerca Matemàtica (CRM) y el Institut de Biologia Integrativa de Sistemes (I2SysBio) CSIC-UV.

La cuarta edición del LSC-Retreat tuvo lugar en el LSC con asistencia de unas 30 personas. El objetivo de este encuentro es estimular y favorecer la discusión científica entorno a nuevas tendencias en la modelización matemática en biología, ecología y sistemas vivos.



1st Science Classroom for Secondary School Students. 12 May, 2023

The LSC has held the first Science Classroom for 2nd ESO students, within the framework of the Communication and School Forum, organised by the Principality of Asturias, in which 46 students from 5 secondary schools in Asturias have lived together with 15 students from Jaca with a scientific programme designed to suit them.

Among many other activities, the students had the opportunity to develop their own experiments with radon detectors.

Aula Científica para Estudiantes de la ESO. 12 de mayo, 2023

El LSC celebró la 1ª Aula Científica para estudiantes de 2º de la ESO, en el marco del Foro de Comunicación y Escuela, organizado por el Principado de Asturias en la cual, 46 alumnos de 5 institutos de Asturias han convivido con 15 alumnos de Jaca con un programa científico diseñado a su medida.

Entre otras muchas actividades, los estudiantes tuvieron la oportunidad de desarrollar sus propios experimentos con detectores de radón y estudiar la interacción de los rayos cósmicos.

32nd LSC Scientific Advisory Committee Meeting. May 31 - June 1, 2023

The LSC International Scientific Advisory Committee held its 32nd Meeting. The committee members, with Teresa Marrodan in her first edition as chair and the addition of two new members, Federica Petricca and Filippo Resnati, heard presentations from the ANAIS, NEXT, JASC and CROSS experiments and the DAMIC and HENSA proposals. In addition, Fernando Arteché from ITA-INNOVA gave a talk on the EUROLABS project.

32ª Reunión del Comité Científico

Asesor del LSC. 31 Mayo y 1 de Junio 2023

El Comité Científico Asesor del LSC celebró su 32ª Reunión. Los miembros del comité, con Teresa Marrodan en su primera edición como presidenta y la incorporación de dos nuevos miembros, Federica Petricca y Filippo Resnati, escucharon presentaciones de los experimentos ANAIS, NEXT, JASC y CROSS y de las propuestas DAMIC y HENSA. Además, Fernando Arteché, de ITA-INNOVA, dio una charla sobre el proyecto EUROLABS.



NEXT-Zen España-Japón Workshop.

September 5-6, 2023

The NEXT and KamLAND-Zen collaborations met in the framework of the bilateral scientific collaboration between Spain and Japan. The NEXT collaboration has developed the NEXT-100 experiment, a high-pressure xenon-136 gas TPC, and KamLAND-Zen has built the world's largest neutrinoless double-beta decay detector by dissolving xenon in a scintillator liquid.

The scientific meeting aimed to discuss advances in each of the techniques and plan for future large xenon detectors in the search for neutrinoless double-beta decay.

NEXT-Zen España-Japón Workshop

5 y 6 de septiembre, 2023

Las colaboraciones NEXT y KamLAND-Zen en el marco de la colaboración científica bilateral entre España y Japón.

El experimento NEXT-100, es una TPC de gas xenón-136 a alta presión, y KamLAND-Zen ha construido el mayor detector de desintegración doble beta sin neutrinos del mundo disolviendo xenón en un líquido centelleador.

Se discutieron los avances la planificación de los futuros grandes detectores de xenón en la búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos.



Laboratory practices for the “Master in Physics of the Universe”. November 3, 2023

For the third year in a row, the LSC staff successfully provided two laboratory practices for the “Master in Physics of the Universe” of the University of Zaragoza. Two laboratory practices were carried out, one on gamma spectrometry with HPGe and NaI(Tl) detectors and the other with the muon telescope.

Jornadas de prácticas del Máster de Física del Universo. 3 de noviembre 2023

Por tercer año consecutivo, el personal del LSC impartió con éxito prácticas de laboratorio para el “Master in Physics of the Universe” de la Universidad de Zaragoza. Se llevaron a cabo dos prácticas de laboratorio, una de espectrometría gamma con detectores de HPGe y NaI(Tl) y otra con telescopio de muones.

33rd LSC Scientific Advisory Committee Meeting. November 20-21, 2023

On November 20-21, the 33rd meeting of the LSC Scientific Advisory Committee was held with the attendance of about 40 people from the different collaborations of the experiments.

In addition, on November 22, an event was held to celebrate the achievement of a major milestone by the NEXT experiment in reaching the goal of completing the construction of the NEXT-100 detector. The detector was presented, before starting the data collection phase.



33ª Reunión del Comité Científico Asesor del LSC. 20 y 21 de noviembre 2023

El 20 y 21 de noviembre se reunió el Comité Científico Asesor del LSC con la asistencia de unas 40 personas de las diferentes colaboraciones de los experimentos.

Además, el día 22, se celebró el gran hito conseguido por el experimento NEXT al alcanzar el objetivo de completar la construcción del detector NEXT-100 y se presentó el detector, antes de iniciar la fase de toma de datos.

Newsletters 2023

LSCNews



Laboratorio Subterráneo Canfranc

Newsletter 1/4 – Year 2023

LSC & SOCIB HK Tests



Between 13 and 17 February, the Oceanographic Vessel B/O SOCIB was placed at the disposal of the LSC research program.

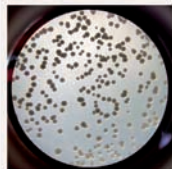


This collaboration between the two ICTS made it possible to validate the resistance to underwater implosion of the light sensors of the Hyper-Kamiokande international neutrino telescope in the bay of Palma, Mallorca.

LSC Biology Platform



Lorena Martínez, from I2SysBio, travelled to the LSC to carry out the first phase of the 'Yeast chronological aging and mutation rate' experiment in an underground environment. Two different variants have been studied to assess their viability after two weeks growing in a low radiation environment.



New Additions to the LSC



Hilá Wasercier joined the LSC Staff as Procurement and Logistics Technician in the framework of the Recovery, Transformation and Resilience plan to support the Spanish contribution to the construction of the Hyper-Kamiokande neutrino detector (HKK).

LSCNews



Laboratorio Subterráneo Canfranc

Newsletter 2/4 – Year 2023

Science Minister visits LSC



Diana Morant Ripoll, Minister of Science and Innovation, visited the LSC facilities to see the progress of the Spanish contribution to the construction of the Hyper-Kamiokande experiment and the underground construction of the NEXT-100 detector.



Assembly of NEXT Cu bars



Staff from the NEXT collaboration completed the assembly of the 40 radio-pure copper bars, provided by the LSC, which form part of the shielding of the new NEXT-100 detector.



This assembly completes a critical phase of the entire NEXT-100 construction process.

1st Science Class for GCSE's



The LSC successfully held the first Science Classroom for GCSE students, within the framework of the Communication and School Forum organised by the Principality of Asturias, in which 46 students from 5 high schools in Asturias have lived together with 15 students from schools in Jaca with a scientific programme designed to suit their needs.



Other relevant LSC Publications:

A Compact Dication Source for Baz+ Tagging and Heavy Metal Ion Sensor Dev. NEXT Collaboration, e-Print: 2303.01522.

Cosmic Background Neutrinos Deflected by Gravity: DEMNUni Simulation Analysis. B, Hernández, C, Carbone, R, Jimenez and C, Peña Garay, e-Print: 2301.12430.

Thermal Neutral Background at Laboratorio Subterraneo de Canfranc.

J. Plaza et al. *Astropart. Phys.* 146 (2023) 102793.

Other relevant LSC Publications:

Demonstration of neutrinoless double beta decay searches in gaseous xenon with NEXT. NEXT Collaboration - e-Print: 2305.09435 [nucl-ex]

NEXT-CRAB-0: A High-Pressure Gaseous Xenon Time Projection Chamber with a Direct VUV Camera Based Readout. NEXT Collaboration - e-Print: 2304.06091 [physics.ins-det]

Liz(100dep)MoO₄ Scintillating Bolometers for Rare-Event Search Experiments
Julian C. Bandac(LSC, Canfranc) et al. - e-Print: 2304.13100 [physics.ins-det]

LSCNews



Laboratorio Subterráneo Canfranc

Newsletter 3/4 – Year 2023

Assembly of the NEXT -100 TPC



Over this summer, members of the NEXT experiment from England, Spain and the USA completed the assembly and insertion of the NEXT-100 TPC.



This electric field chamber and luminescence zone forming part of the interior of the detector will allow the electron traces coming from Xenon-136 decay to be observed.

New ICP-MS-QQQ underground



The LSC has acquired a new triple quadrupole ICP-MS/MS, installed in the Clean Room underground. With this new equipment, detection limits will be of the order of a few ppq at 232Th and 238U in samples of the purest materials for the experiments housed at the LSC.

LSC Open Day 2024



Sunday September 24, the LSC celebrated its Open Day with free access activities such as a Visit to the Museum Room, Experimental Workshops, Demonstrations of Detection Techniques and Children's Workshops with a large number of visitors.



Other relevant LSC Publications:

Material assay campaign of the DarkSide-20k experiment.

DarkSide-20k Collaboration+Vicente Pesudo(Madrid, CIEMAT and LSC, Canfranc) for the collaboration. (Sep 5, 2023) / Contribution to: LRT 2022

Test of ¹¹⁴CdWO₄ and ¹¹²MoO₄ scintillating bolometers in the CROSS underground facility with upgraded detector suspension

CROSS Collaboration + A. Ahmine (SIMAP, Grenoble) et al. (Jul 27, 2023)
e-Print: 2307.14831 [physics.ins-det]

LSCNews



Laboratorio Subterráneo Canfranc

Newsletter 4/4 – Year 2023

Acquisition of a Flow Cytometer



The LSC acquired a benchtop flow cytometer for the LSC Biology Platform.

The instrument, with 2 excitation lasers of 488 and 640 nm, 2 scattering detectors and 4 fluorescence detectors, will be used on biology exp. in applications such as immunophenotyping, analysis of the phases of the cell cycle, apoptosis or proliferation assays in cosmic silence.

NEXT-100 Detector Completed



The assembly and commissioning of the NEXT-100 detector was completed on 22 November. Over the next few months, it will work at low pressure to test and calibrate the instrumentation. The detector aims to further validate NEXT's technology with 100kg of Xe gas.

New Additions to the LSC



During the last quarter of 2023 the LSC had three new additions.



Other relevant LSC Publications:

Demonstration of Event Position Reconstruction based on Diffusion in the NEXT-White Detector

NEXT Collaboration+J. Haefner(Harvard U.) et al. (Nov 6, 2023)
e-Print: 2311.03441 [physics.ins-det]

Design, characterization and installation of the NEXT-100 cathode and electroluminescence regions

NEXT Collaboration+K. Mistry(Texas U., Arlington) et al. (Nov 6, 2023)
e-Print: 2311.03528 [physics.ins-det]

Snapshots

International Day of Women and Girls in Science, February 2023

Women scientists from the LSC visited the Jacetania Adult Education Centre to give a talk.



Diana Morant Ripoll, Minister of Science and Innovation visits LSC, April 2023

The Minister visited us to see the progress of the Spanish contribution to the construction of the HyperKamiokande experiment and the construction of the NEXT-100 detector underground.



European Researchers' Night, September 2023

Researchers from the LSC travelled to Huesca to participate in the European Researchers Night through workshops on mass spectrometry and chromatography, cosmic ray telescope and radioactivity with bananas, the attendees were able to learn more about the scientific activities of the laboratory.

Open Day, September 2023

Another year, another success! Over 300 people participated on the overground activities and the underground visits.



Visit of the Governing Council, November 2023

The Governing Council held its 33rd meeting in Canfranc with visit to the lab and, in particular, to the NEXT-100 detector.



LSC in numbers

Personal (Segundo Semestre 21 + 7) - 3 puestos estructurales (científicos) aprobados por MCIN en Sep-23

ADMINISTRATION & MANAGEMENT



Alejandro Calvo



José María Calvo

SAFETY & MAINTENANCE



Hilá Wascier



Susana Ballarín



Susana Gutiérrez



Yolanda Labarta



Carlos Peña



Víctor Giménez



Fredi Gimeno



Silvia Borjabad



Sergio Fernández



Pipo Bayo



Laura Cid



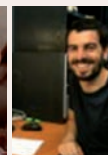
Beatriz Hernández



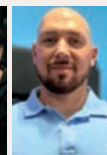
Rebeca Hernández



Daria+* Stepanova



Quim Palacio



David Castilla



Ana Nuñez



Víctor Pérez



Enrique Roig

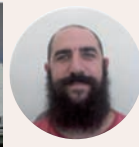


David* Méndez

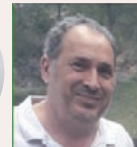
SCIENCE & TECHNOLOGY



Beatriz Romeo
DIPC, NEXT



Vicente Pesudo
CIEMAT, DAiT



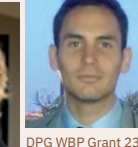
José Luis López
DIPC, NEXT



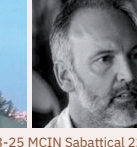
Angela Llop
IDIBGI



Julia López
IDIBGI



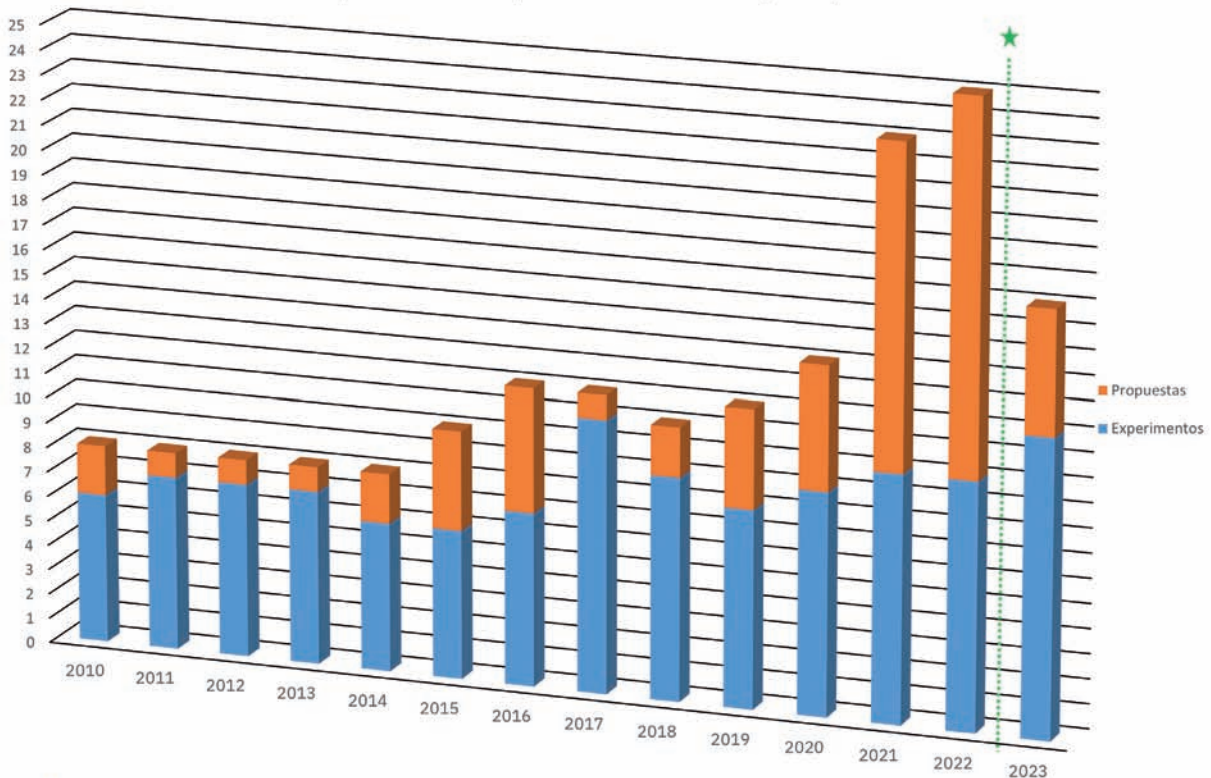
Samuel Ayet
IFIC-LSC



Tomás Lázaro
UPC

SCHOLARS IN RESIDENCE

17 Experiments & Expressions of Interest (2023)



★ En el 2023, se acordó que las expresiones de interés ("Eoi") de biología (8) se integraban en el experimento "Plataforma de Biología"

Indicadores y nivel de cumplimiento en el 2023

Indicators and level of compliance in 2023

OBJETIVOS	ACTUACIONES	INDICADOR	PONDERACIÓN INDICADORES	PONDERACIÓN OBJETIVO
OBJETIVO 1 Estabilización del personal	Ampliación de la plantilla de trabajadores contratados por el LSC y del número total de investigadores residentes.	Contratación de Tec. Esp. en instalaciones radioactivas.	4%	20%
		Contratación de Tec. Esp. en biología subterránea.	4%	
		Contratación de Tec. Esp. en física de experimentos de bajo fondo (proyecto AEI).	4%	
		Contratación de un técnico en experimentos criogénicos (proyecto AEI).	4%	
		Contratación de un técnico de soporte en compras y administración (proyecto HK).	4%	
OBJETIVO 2 Seguridad Instalaciones	Seguridad en la tienda limpia del Hall A	Informe Jefe de seguridad y responsable de tienda limpia.	5%	15%
	Niveles de radón y microbiológicos	Informes de seguimiento.	5%	
	Seguridad de instalaciones de DArT y TREX	Informes de seguridad.	5%	
OBJETIVO 3 Mejora de instalaciones	Adquisición de un refrigerador de dilución*	Licitación publicada.	5%	20%
	Puesta en marcha de ICPMS en el laboratorio subterráneo	Informe por la responsabilidad de ICPMS de primeros análisis.	5%	
	Puesta en marcha de CPD en el laboratorio subterráneo.	Informes por el departameto de IT del funcionamiento del centro de datos y cálculo.	5%	
	Ampliación de la instalación de cobre electroformado.	Licitación publicada.	5%	
	Construcción de elementos HyperKamiokande.	Licitación publicada.	5%	
OBJETIVO 4 Apoyo y mejor del programa científico	Desmontaje de TREX-DM en el Hall A.	Ubiación de TREX-DM en el laboratorio 2500.	6%	26%
	Propuesta de la colaboración HENSA.	Realización del informe por el director para la aprobación por la comisión ejecutiva.	4%	
	Organización de congresos y reuniones cinetíficas.	Número de congresos o reuniones mayor que 2.	4%	
	Participación en congresos y reuniones científicas.	Número de congresos o reuniones mayor que 4.	4%	
	Acuerdos de colaboración con otras instituciones	Número de nuevos acuerdos mayor que 2.	4%	
	Publicaciones científicas	Número de artículos en revistas indexadas superior a 16	4%	
OBJETIVO 5 Monitorización de estabilidad roca	Desplazamientos de roca en el laboratorio subterráneo	Realización de informe de seguimiento por el jefe de seguridad y el director.	5%	5%
OBJETIVO 6 Divulgación e impacto de la investigación	Publicación de la memoria 2023	Publicación en la web	3%	9%
	Visitas al laboratorio	1.000 visitas	3%	
	Participación en actividad de formación, social o industrial	3 eventos	3%	

There is overwhelming evidence from cosmological and astrophysical observations supporting the existence of dark matter (DM). Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) are among the better motivated candidates to explain DM, which could be detected in direct, indirect or accelerator searches, complementary to each other. Only one experiment, DAMA/LIBRA, has provided a long-standing positive result: the observation of a highly statistically significant annual modulation in the detection rate, compatible with that expected for galactic halo dark matter particles. This result has neither been reproduced by any other experiment, nor ruled out in a model independent way. Compatibility among the different experimental results in most conventional WIMP-DM scenarios is actually disfavoured. Then, a similar annual modulation search using the same target is mandatory to shed light on the DAMA/LIBRA conundrum, which is the goal of the ANAIS (Annual modulation with NaI Scintillators) experiment.



ANAIS Scintillators

An annual modulation in the dark matter interaction rate is expected by the revolution of the Earth around the Sun, which distorts the DM particle velocity distribution function as seen by the detector, typically assumed Maxwellian boosted by the Sun velocity. The effect is present unless the DM halo is co-rotating with the Solar System. However, it is strongly dependent on the specific halo model, both in amplitude and in phase. It is natural to assume that the Sun is moving through

Una evidencia abrumadora de observaciones cosmológicas y astrofísicas respaldan la existencia de materia oscura (DM). Las partículas masivas con interacción débil (WIMP) son uno de los candidatos mejor motivados para explicar la DM, y podrían detectarse en búsquedas directas, indirectas o en aceleradores, técnicas de detección complementarias entre sí. Únicamente el detector DAMA/LIBRA, ha proporcionado un resultado positivo: la observación de una modulación anual significativa en la tasa de detección, compatible con la señal esperada para las partículas de materia oscura en el halo galáctico. Este resultado no ha sido reproducido por ningún otro experimento, ni descartado con un análisis independiente de modelo. La compatibilidad entre los diferentes resultados experimentales en la mayoría de los escenarios WIMP-DM convencionales está desfavorecido. Por lo tanto, una búsqueda de modulación anual similar usando el mismo objetivo es necesaria para resolver el enigma DAMA / LIBRA, que es el objetivo del experimento de Modulación Anual con Centelleadores de NaI (ANAIS).

Se espera una modulación anual en la tasa de interacción de la materia oscura por la traslación de la Tierra alrededor del Sol, que distorsiona la función de distribución de velocidad de partículas de DM tal como la ve el detector, una distribución Maxwelliana de velocidades incrementada por la velocidad del Sol. El efecto está presente a menos que el halo DM rote solidariamente con el Sistema Solar. Sin embargo, depende en gran medida del modelo de halo específico, tanto en amplitud como en fase. La hipótesis más simple es suponer que el Sol se mueve a través de un halo de DM localmente isotrópico, con la Tierra en órbita y se realizan búsquedas para una modulación de la señal debida a DM con un período de un año y una fase bien definida. Un análisis completo y consistente requiere varios años de medidas en condiciones muy estables. Este es el objetivo a largo plazo de nuestro experimento.

ANAIS-112, que consta de 112,5 kg de detectores de NaI (Tl), se instaló en 2017 en el Laboratorio Subterráneo Canfranc (LSC). ANAIS-112 recibe un flujo de rayos cósmicos residuales y condiciones ambientales diferentes

a locally isotropic DM halo, with the Earth orbiting aside.

Consequently, searches are performed for a modulation of DM-like events with a period of one year and a well-defined phase.

A full and consistent analysis requires then several years of measurement in very stable conditions. This is the long-term goal of our experiment. ANAIS-112, consisting of 112.5 kg of NaI(Tl) detectors, was installed in 2017 at the Canfranc Underground Laboratory (LSC) in Spain. The ANAIS-112 set-up undergoes a different residual cosmic ray flux and environmental conditions than DAMA/LIBRA (800 m versus 1400 m rock overburden, for instance). Consequently, the potential confirmation of a modulation with same phase and amplitude would be very difficultly explained as an effect of backgrounds or systematics.

We briefly summarize here the most relevant features of the experimental apparatus. ANAIS-112 uses nine NaI(Tl) modules produced by Alpha Spectra Inc. in Colorado. These modules were manufactured from 2012 to 2017 and shipped to Spain avoiding air travel in order to prevent cosmogenic activation of the module materials. Each crystal is cylindrical (4.75" diameter and 11.75" length), with a mass of 12.5 kg, and it is housed in OFE (Oxygen Free Electronic) copper. This encapsulation has a Mylar window allowing low energy calibration using external gamma sources. It incorporates two quartz optical windows to couple the photomultiplier tubes (PMTs). All PMT units and all relevant materials used in the building of the detectors, have been screened for radiopurity using HPGe detectors in the low background facilities at LSC. Their contribution to the experiment background has been estimated and included in our background model. Our modules show an outstanding light collection, at the level of 15 photoelectrons (phe) per keV.

ANAIS-112 is calibrated every two weeks using external ^{109}Cd sources: all the nine modules are simultaneously calibrated using a multi-source system which minimizes down time periods.

Background events from the decay of ^{40}K and ^{22}Na in the crystal bulk, associated to 3.2 and 0.9 keV energy depositions, and selected by coincidence with an energy deposition

a las de DAMA / LIBRA (800 m frente a una sobrecarga de roca de 1400 m, por ejemplo). En consecuencia, la confirmación potencial de una modulación con la misma fase y amplitud se explicaría muy difícilmente por el fondo o errores sistemáticos.

Resumimos aquí las características más relevantes del experimento. ANAIS-112 utiliza nueve módulos NaI (Tl) producidos por Alpha Spectra Inc. en Colorado. Estos módulos se fabricaron entre 2012 y 2017 y se trajeron a España evitando los viajes aéreos con el objetivo de reducir la activación cosmogénica de los materiales del módulo. Cada cristal es cilíndrico (4.75" de diámetro y 11.75" de largo), con una masa de 12.5 kg, y está alojado en una cápsula de cobre libre de oxígeno (OFE). Esta encapsulación tiene una ventana tipo Mylar para calibración de baja energía con fuentes gamma externas. Incorpora dos ventanas ópticas de cuarzo para acoplar los tubos fotomultiplicadores (PMT). Todos los PMT y materiales relevantes utilizados en la construcción de los detectores han sido caracterizados radioactivamente en las instalaciones de bajo fondo en LSC. Su contribución al fondo del experimento se ha incluido en nuestro modelo de fondo. Nuestros módulos muestran un excelente nivel de 15 fotoelectrones (phe) por keV.

ANAIS-112 se calibra cada dos semanas, usando fuentes externas de ^{109}Cd : los nueve módulos se calibran simultáneamente usando un sistema de múltiples fuentes. Los eventos de fondo de la desintegración de ^{40}K y ^{22}Na en la masa de cristal, asociados a depósitos de energía de 3.2 y 0.9 keV, y seleccionados por coincidencia con un depósito de energía en un segundo módulo de 1461 y 1275 keV, respectivamente, también se utilizan para mejorar la precisión de la calibración hasta el umbral de energía.

El blindaje ANAIS-112 consta de 10 cm de plomo arqueológico, 20 cm de plomo de baja actividad, caja anti-radón (continuo flujo de gas nitrógeno sin radón), sistema de veto de muones compuesto por 16 centelleadores de plástico que cubren la parte superior y los lados de toda la configuración de ANAIS y 40 cm de moderador de neutrones (una combinación de tanques de agua y bloques de polietileno). En el diseño del sistema de veto de muones, seguimos una estrategia de identificación en lugar de un veto por hardware. El objetivo es

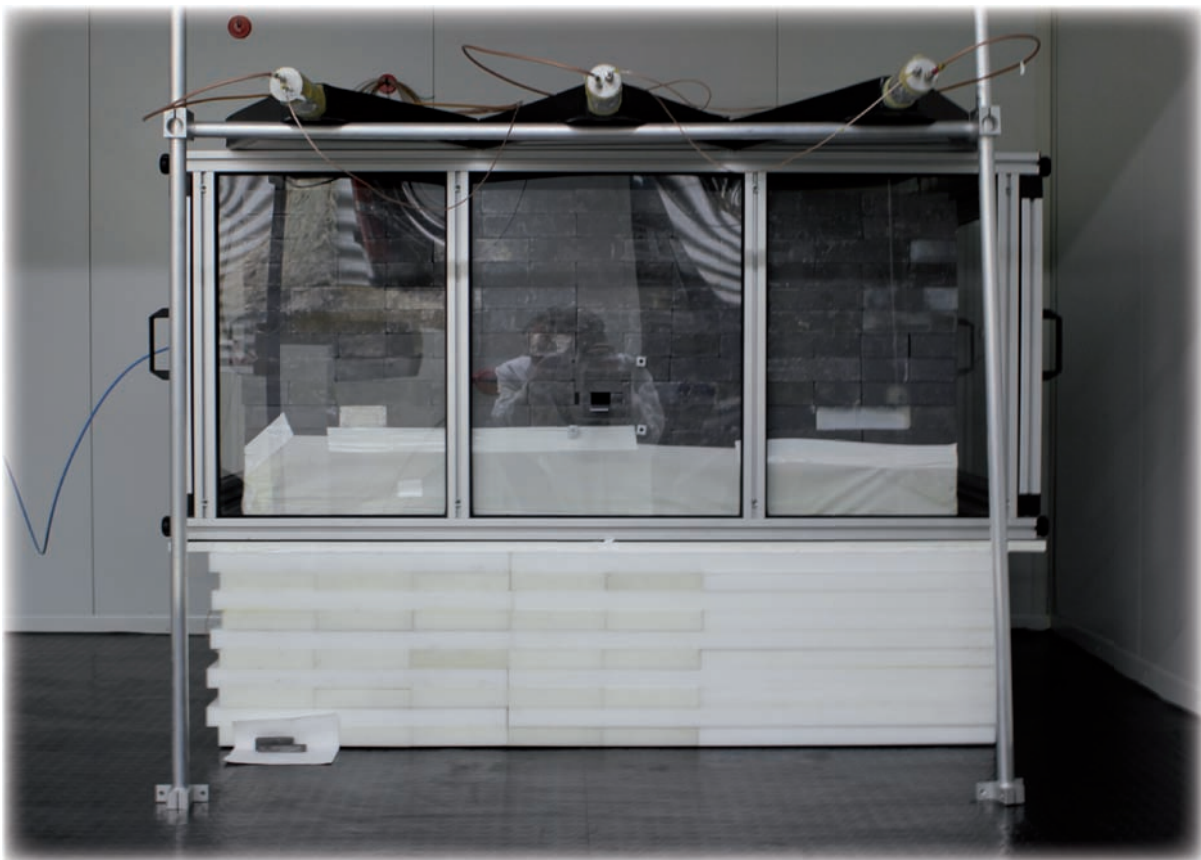
in a second module of 1461 and 1275 keV, respectively, are also used to improve the accuracy of the calibration down to the energy threshold.

The ANAIS-112 shielding consists of 10 cm of archaeological lead, 20 cm of low activity lead, anti-radon box (continuously flushed with radon-free nitrogen gas), active muon veto system made up of 16 plastic scintillators designed to cover top and sides of the whole ANAIS set-up and 40 cm of neutron moderator (a combination of water tanks and polyethylene blocks). In the design of the muon veto system, we followed a tagging strategy instead of a hardware vetoing. The goal was twofold: on the one hand, to discard events in the NaI(Tl) crystals coincident with muon veto triggers. On the other hand, to analyse eventual correlations between muon hits in the plastic scintillators and events in the NaI(Tl) crystals, especially in the region of interest (ROI), of 1-6 keV.

The ANAIS-112 electronic chain and data acquisition system (DAQ) is shortly described here. Each PMT charge signal is independently

doble: descartar eventos en los cristales de NaI (Tl) que coinciden con los debidos a los muones vetados y analizar correlaciones eventuales entre los muones y los eventos en los cristales de NaI (Tl), especialmente en la región de interés (ROI), de 1-6 keV. La electrónica y el sistema de adquisición de datos (DAQ) se describen brevemente aquí. Cada señal de carga del PMT se procesa independientemente y se divide en: (1) señal de activación; (2) señal de baja energía (LE) que va a los digitalizadores que muestrean las formas de onda con alta resolución a 2 Gs/s (14 bits); y (3) una señal de alta energía (HE) atenuada. El disparador de cada señal del PMT se realiza a nivel de phe, mientras que el disparador de módulo único se realiza por coincidencia (AND lógico) de los dos disparadores PMT en una ventana de 200 ns. El activador global es el OR lógico de las señales de activación de los nueve módulos. La eficiencia de activación es cercana al 100% hasta el umbral de análisis a 1 keV.

ANAIS-112 comenzó a tomar datos para detección de DM el 3 de agosto de 2017. Ha



ANAIS Shielding

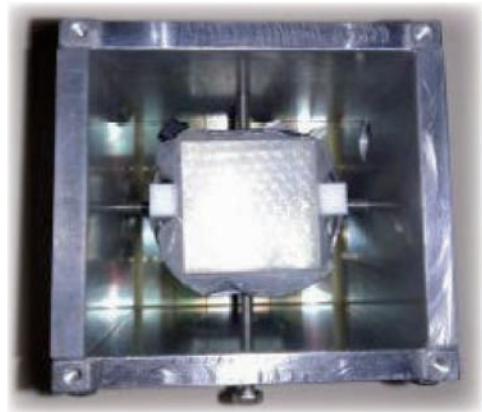
processed and divided into: (1) a trigger signal; (2) a low energy (LE) signal that goes to the digitizers which sample the waveforms at 2 Gs/s with high resolution (14 bits); and (3) a high energy (HE) signal, conveniently attenuated. The trigger of each PMT signal is done at the level, while the single module trigger is done by the coincidence (logical AND) of the two PMT triggers in a 200 ns window. The global trigger is the logical OR of the nine modules trigger signals. Trigger efficiency is close to 100% down to the analysis threshold established at 1 keV.

ANAIS-112 started taking data in the DM mode on August 3rd, 2017. It has accumulated more than five years of data-taking time in quite stable conditions: about 2000 days live time raw which, after the muon cut, correspond to an exposure larger than 600 kg.y.

The data analysis was extended by fitting simultaneously the 9 detectors with free background parameters for every module and the same modulation amplitude. It was also improved the background description, by fitting the measured rates to a probability density function (PDF) sampled from our background model, instead of just assuming an exponential decrease.

The ANAIS results of the first 3 years data, for an exposure of 314 kg.y, are compatible with no annual modulation, with a statistical analysis refuting the DAMA/LIBRA positive results at more than 99.73% confidence level. The best fit to the ANAIS data in the [1-6] keV energy region is a modulation amplitude of -0.0033 ± 0.0037 cpd/kg/keV, supporting the absence of modulation, and refuting the DAMA/LIBRA result at 3.9σ , for a sensitivity of 2.9σ . Other complementary analyses confirm the absence of modulation in the ANAIS data: a phase-free annual modulation search and the exploration of the possible presence of a periodic signal at other frequencies. In conclusion, data confirm the ANAIS-112 projected sensitivity to the DAMA/LIBRA result. Once completed the scheduled 5 years of data taking, 5σ sensitivity could be in reach with the already approved two-years data taking extension. Further ANAIS tests to narrow down the causes of the DAMA/LIBRA modulation are ongoing, including the measurement of modulated signals as the neutron background and the time dependence of the background-subtraction methods.

acumulado más de cinco años en tiempo de toma de datos en condiciones estables: sobre 2000 días de datos brutos que, después de la reducción de muones, corresponden a más de 600 kg.y. El análisis de datos se realiza por ajuste simultáneo de los nueve módulos con parámetros libres del fondo y la misma amplitud de modulación. Se ha mejorado la descripción del fondo al ajustar las tasas medidas a la función de densidad de probabilidad (PDF) muestreada del modelo de fondo, reemplazando el ajuste a una exponencial decreciente.



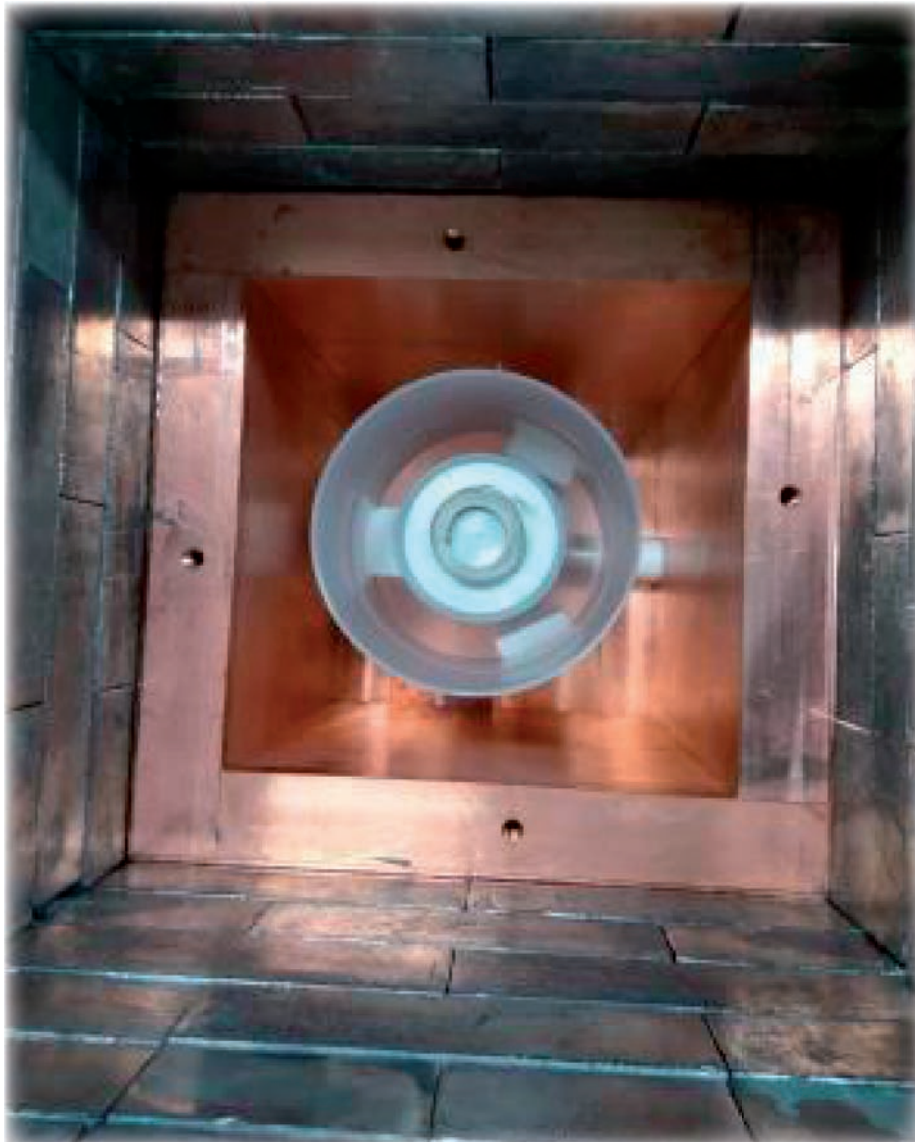
Small crystals-1 inch-sidecubes

Los resultados de los primeros tres años de datos de ANAIS, con una exposición de 314 kg.y, son compatibles con la ausencia de modulación anual, con la exclusión de los resultados positivos de DAMA/LIBRA a un nivel de confianza mayor a 99.73 % C.L. El mejor ajuste a los datos de ANAIS en la región de energía [1-6] keV indica una amplitud de -0.0033 ± 0.0037 cpd/kg/keV, que muestra la ausencia de modulación, and refutando el resultado de DAMA/LIBRA en 3.9σ , consistentes con la hipótesis nula a 2.9σ . Otros análisis complementarios confirman la ausencia de modulación: la búsqueda de la modulación anual con fase libre y la exploración de señales periódicas a otras frecuencias. En conclusión, los datos confirman la proyección en sensibilidad de ANAIS-112 en la refutación del resultado de DAMA/LIBRA. Una vez se ha completado la toma de cinco años de datos, se podrá alcanzar la sensibilidad a 5σ con una extensión de dos años más, ya aprobada. Se están realizando otros estudios que puedan explicar el resultado de DAMA/LIBRA, que incluyen la medida de señales moduladas como el fondo de neutrones o la variación temporal de los métodos de sustracción de fondo.

BabyIAXO-D1

The International Axion Observatory (IAXO) project is a large-scale axion helioscope that will look for axions and axion-like particles (ALPs) produced in the Sun with unprecedented sensitivity. The near-term goal of the collaboration is the construction and operation of BabyIAXO, an intermediate experimental stage that will be hosted at DESY. BabyIAXO is conceived to test all subsystems (magnet, optics and detectors) at a relevant scale for the final system and thus serve as a prototype, but at the same

El proyecto del Observatorio Internacional de Axiones (IAXO) es un helioscopio de axiones a gran escala que buscará axiones y partículas similares a los axiones (ALP) producidas en el Sol con una sensibilidad sin precedentes. El objetivo a corto plazo de la colaboración es la construcción y operación de BabyIAXO, una etapa experimental intermedia que se alojará en DESY. BabyIAXO está concebido para probar todos los subsistemas (imán, óptica y detectores) a una escala relevante



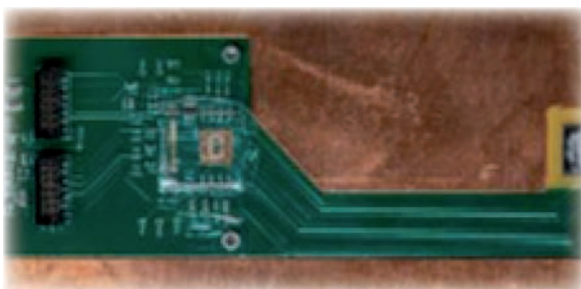
Sample analyzed in the radiopurity measurements using HPGe of LSC

time as a fully-fledged helioscope with relevant physics reach in itself, and with potential for discovery.

One of the crucial components of the project is the ultra-low background X-ray detectors that will image the photons produced by axion conversion in the experiment. The baseline detection technology is based on small Time Projection Chambers (TPC) with pixelated Micromegas readouts built with the microbulk technology.

IAXO-D1@LSC set-up was installed at Lab2500, which includes: an adapted replica of the proposed IAXO-D1 shielding without plastic scintillators; a calibration system under vacuum conditions by means of a ^{55}Fe Source; a recirculation gas panel for the Xe-Ne- $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ gas mixture used as detection gas; a NIM rack with the HV power Supply; the Slow Control System and the Detector Data Acquisition System. After several weeks of commissioning, the IAXO-D1@LSC set-up was taking data since October 18.

Improvements will be implemented to increase the current poor signal to noise ratio. Alternatively, a silicon drift detector (SDD) demonstrator was also installed at the Lab2500. Preliminary analysis of the first weeks of data indicates a quite high background level. Source of impurities will be studied with higher statistics. Overall, data obtained with BabyIAXO-D1 will determine the intrinsic component of background and will support the roadmap defined to demonstrate the BabyIAXO target background level.



Prototype of the SDD background demonstrator

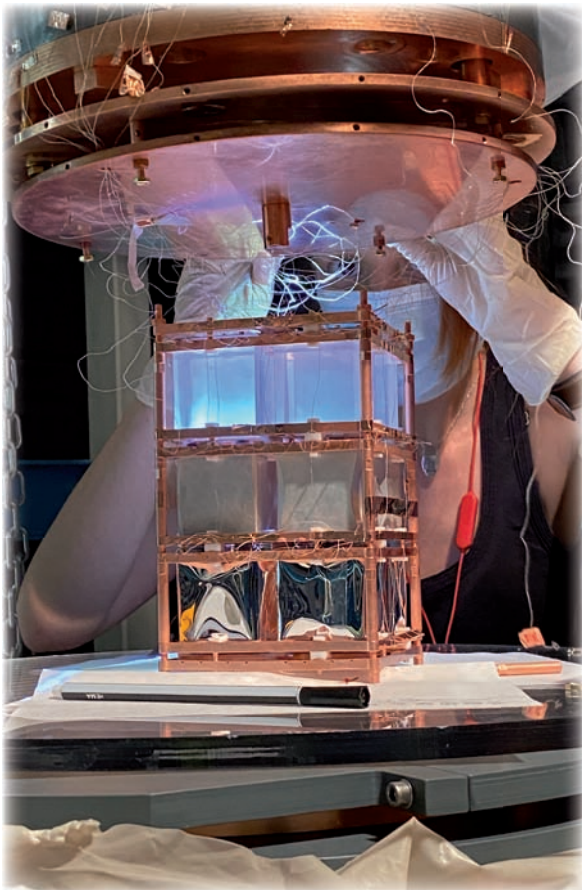
para el sistema final y servir así de prototipo, pero al mismo tiempo como un helioscopio de pleno derecho con un alcance físico relevante en sí mismo, y con potencial para el descubrimiento.

Uno de los componentes cruciales del proyecto son los detectores de rayos X de fondo ultrabajo que tomarán imágenes de los fotones producidos por la conversión del axi3n en el experimento. La tecnolog3a de detecci3n de fondo se basa en peque1as C3maras de Proyecci3n de Tiempo (TPC) con lecturas Micromegas pixeladas construidas con la tecnolog3a de microbulbos. El setup IAXO-D1@LSC se instal3 en Lab2500, incluye: una r3plica adaptada del blindaje propuesto para IAXO-D1 sin centelleadores de pl3stico; un sistema de calibraci3n en condiciones de vac3o mediante una fuente de ^{55}Fe ; un panel de recirculaci3n de gas para la mezcla de gases Xe-Ne- $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ utilizada como gas de detecci3n; un bastidor NIM con la fuente de alimentaci3n de alta tensi3n; un sistema de slow control y el sistema de adquisici3n de datos del detector. Tras varias semanas de puesta en marcha, la instalaci3n IAXO-D1@LSC comenz3 a tomar datos el 18 de octubre.

Se llevar3n a cabo mejoras para aumentar la escasa relaci3n se1al/ruido actual. Por otra parte, tambi3n se instal3 un demostrador de detector de deriva de silicio (SDD) en el Lab2500. El an3lisis preliminar de las primeras semanas de datos indica un nivel de fondo bastante elevado. La fuente de impurezas se estudiar3 con estad3sticas m3s elevadas. En conjunto, los datos obtenidos con BabyIAXO-D1 determinar3n el componente intr3nico del fondo y servir3n de apoyo a la hoja de ruta definida para demostrar el nivel de fondo objetivo de BabyIAXO.

CROSS

The goal of the Cryogenic Rare-event Observatory with Surface Sensitivity (CROSS) is to develop a technology capable of investigating lepton number violation and the nature of neutrino with unprecedented sensitivity, by searching for neutrinoless double beta decay ($0\nu 2\beta$) of two promising isotopes (^{100}Mo and ^{130}Te) with the bolometric approach. The CROSS proposal is to provide the bolometric detection technique –high energy resolution, large efficiency and wide flexibility in the detector material choice – with an additional decisive characteristic: an effective pulse-shape-discrimination (PSD) capability, enabling the rejection of events from surface radioactive impurities and other background inducing phenomena. This new detector property will pave the way to bolometric experiments with background



El objetivo del Observatorio criogénico de eventos raros con detección superficial (CROSS) es el desarrollo de una tecnología capaz de investigar la violación del número leptónico y la naturaleza del neutrino con una sensibilidad sin precedentes, mediante la búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos ($0\nu 2\beta$) de dos isótopos prometedores (^{100}Mo y ^{130}Te) con la técnica bolométrica. La idea clave de CROSS es proporcionar a la técnica de detección, con alta resolución energética, gran eficiencia y amplia flexibilidad en la elección del material del detector, con una característica adicional: capacidad de discriminación de la forma del pulso (PSD), que permite el rechazo de eventos de impurezas radiactivas de superficie y otros fenómenos generadores de fondo. Esta nueva propiedad permitirá el desarrollo de experimentos bolométricos con niveles de fondo tan bajos - menos de 0.5 eventos/año en 1 tonelada de isótopo en la región de interés (ROI) - para hacer posibles las futuras búsquedas de la señal producida en la región de las masas de neutrinos con ordenación normal.

Durante el 2023, la colaboración CROSS se concentró en comparar los sistemas de suspensión, los soportes de cobre y el ensamblaje de los bolómetros. El sistema de suspensión compuesto por tres muelles largos y supresión magnética funcionó bien y será el sistema que se adopte en el demostrador CROSS. La estructura de soporte fina de cobre se mejoró con clips de plástico impreso 3D (reducción de ruido microfónico) es muy adecuada y será la opción de referencia en CROSS. Para el ensamblaje de los cristales se verificó un nuevo método (diseñado por la colaboración BINGO). Los cristales se unen

levels so low – less than 0.5 counts/y in one tonne of isotope in the region of interest (ROI) – to make possible future large searches penetrating in prospects the direct-ordering region of the neutrino masses.

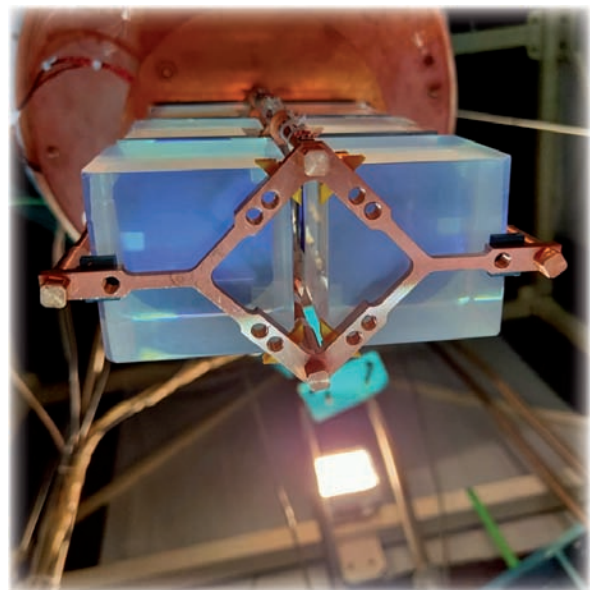
In 2023, CROSS team compared suspension systems, copper frames and bolometers assembly.

The suspension made by three springs with long wires and magnetic damping performed well and will be adopted in the CROSS demonstrator. A slim copper frame was improved with 3D-printed plastic clips (lower microphonic noise) with excellent performance and will be the baseline for the final CROSS demonstrator. As for bolometers assembly, a novel method (BINGO collaboration design) was tested. Crystals are attached to the copper holder in the middle thanks to nylon wires, with light detectors placed in between the crystal and the holder to completely shield the absorber from copper surface radioactivity.

The ultimate goal of CROSS experiment, determine the background of electrons emitted by the radioactive contamination of passive materials facing the detectors is a subdominant contribution of background that will emerge only after the mitigation of the random-coincidence component. Thus, the team studied the pile-up rejection performance of one $\text{Li}_2^{100}\text{MoO}_4$ scintillating bolometer coupled to a Neganov-Trofimov-Luke effect (NTL) light detector, first time demonstration that randomly-coincident events can be rejected in large cryogenic scintillating bolometers down to background indexes of $\sim 10^{-4}$ ckky (at the $Q\beta\beta$ of 100Mo). Next steps will further enhance the light detector S/N ratio via higher NTL electrode bias, shorten the light detector rise-time to further reduce the background index.

al soporte de cobre por una pieza de cobre entre ellos, gracias a cables de nylon, con los sensores de luz situados entre el cristal y el cobre para bloquear la radioactividad de la superficie del cobre.

El objetivo del experimento CROSS es determinar el fondo de electrones emitido por la contaminación radiactiva de los materiales cerca de los cristales y sensores. Esta contribución es subdominante y solo se puede observar una vez se elimine la componente de coincidencias aleatorias. Por ello, el equipo ha estudiado la eliminación de eventos apilados con un bolómetro centelleador $\text{Li}_2^{100}\text{MoO}_4$ acoplado a un sensor de luz con efecto Neganov-Trofimov-Luke effect (NTL), consiguiendo la primera demostración de eliminación de estos sucesos en cristales de gran tamaño con un índice de $\sim 10^{-4}$ ckky (en la energía $Q\beta\beta$ del 100Mo). Los siguientes avances servirán para mejorar la señal/ruido de los sensores de luz gracias a una mayor polarización en los electrodos en los NTL y a una más rápida respuesta de los sensores de luz, lo que permitirá reducir aún más el índice de fondo.



CROSS crystals

DArT in ArDM

Argon Dark Matter (ArDM) was a direct dark matter experiment for Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) searches. The ArDM detector was designed as a tonne-scale dual-phase liquid-argon time projection chamber (LAr TPC) to detect elastic scattering of WIMPs on argon nuclei, by observing ionisation and scintillation events, which are produced by the recoiling nucleus in the argon medium. The ArDM experiment consisted of a cylindrical TPC installed in a LAr dewar of 1 m diameter. The detector active volume was confined by an optical surface made of high-reflectivity Polytetrafluoroethylene (PTFE) foils to collect as many photons as possible. The PTFE reflectors were coated with a thin layer of a wavelength shifter (WLS), to convert the argon scintillation VUV light to a range of maximal sensitivity of the photomultiplier tubes (PMTs). The physics results of ArDM have been discussed in previous years and are also presented in the decadal summaries in this number.



DArT at ArDM is a proof-of-concept for a facility to determine the radio-purity of argon with high precision. The goal is to measure the intrinsic contamination by ^{39}Ar and ^{85}Kr , of argon samples purified at the distillation column (Aria), and/or recuperated from the CO_2 gas well (Urania) of the Kinder-Morgan plant,

Materia Oscura con Argón (ArDM) es un experimento de búsqueda de partículas masivas con interacción débil (WIMP). El detector ArDM consiste en una cámara de proyección temporal de argón líquido de doble fase de una tonelada (LAr TPC) para detectar la dispersión elástica de WIMP en los núcleos de argón, al observar los eventos de ionización y centelleo, que se producen por el retroceso del núcleo en el medio de argón. ArDM consiste en una TPC cilíndrica instalada en un recipiente de LAr de 1 m de diámetro. El volumen activo del detector está recubierto por una superficie construida con láminas de politetrafluoroetileno (PTFE) de alta reflectividad para recoger la mayor cantidad de luz. Los reflectores están recubiertos con una capa delgada de un cambiador de longitud de onda (WLS), para convertir la luz VUV de centelleo del argón en luz en el rango de sensibilidad máxima de los tubos fotomultiplicadores (PMT). Los resultados obtenidos por ArDM se han presentado en anteriores memorias y también aparecen en los resúmenes de la década en este número.

DArT en ArDM es una prueba de concepto para una instalación que determina la pureza radioeléctrica del argón con alta precisión. El objetivo es medir la contaminación de ^{39}Ar y ^{85}Kr , de muestras de argón purificadas en la columna de destilación (Aria), recuperadas del pozo de gas CO_2 (Urania) de la planta de Kinder-Morgan, Colorado. En una primera fase, DArT planea operar una pequeña cámara LAr de 1 litro dentro de ArDM en LSC. Para este propósito, el detector ArDM se usará en el modo de una fase como veto activo para fondos internos y externos. La colaboración ha decidido construir la configuración de fase única con dos conjuntos de 6 PMT de bajo fondo en la parte superior y en la inferior, del mismo tipo que los utilizados actualmente en ArDM. Esto permite una configuración dedicada y optimizada para DArT, que puede intercambiarse con la configuración de fase dual.

La configuración de fase dual se puede reutilizar para medidas con sensibilidad mayor donde se necesita un gran volumen de detector, una vez que el argón puro esté disponible en grandes cantidades.

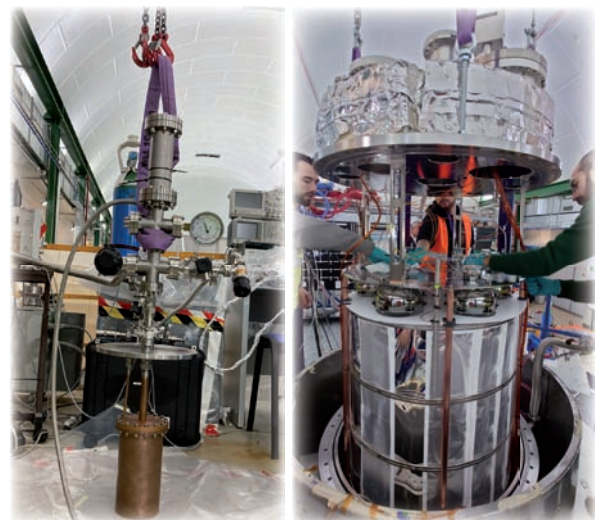
Colorado (USA). In a first phase, DARt plans to operate a small single-phase LAr chamber of about 1 liter volume inside ArDM at LSC.

For this purpose, the ArDM detector will run in the single-phase operational mode as an active veto for internal and external backgrounds. The collaboration decided to build a new single-phase setup with two sets of each 6 low background PMTs in the top and in the bottom, of the same type as presently used in ArDM. This allows for a dedicated and optimised setup for DARt, which can be easily swapped with the installed dual phase setup. The dual phase setup can be re-used later for measurements with highest sensitivities where a large detector volume is needed, once depleted argon is available in large quantities.

In 2020 and 2021, the activity of the collaboration was strongly influenced by the COVID-19 pandemic. Therefore, the schedule of the experiment has undergone significant delays compared to the original plan and had to be adapted to the new conditions. Despite these problems, the collaboration has nevertheless managed to achieve significant progress in the construction, assembly, and testing of the DARt chamber. The ten DARt eyes SIPM electronics boards received from LNGS are fully characterized and two of them used in DARt work flawlessly so far. They are placed in the acrylic structure manufactured at Carleton University, along with temperature sensors, and optical fibers for calibration. All the cables are connected through dedicated feedthroughs received from Cagliari, together with the power supplies and, the copper vessel.

In 2023, the collaboration installed DARt in the underground lab. LN is kept under controlled over-pressure to avoid freezing the argon. A high-quality vacuum was obtained before filling the chamber with Ar, at the level of 10^{-5} mbar. the system was installed and characterized underground at LSC, with stability runs, a determination of the light yield with radioactive sources, and measurement of the ^{39}Ar spectrum. Other works completed in 2023 were the installation of the lead castle, the DARt VME-based data acquisition system, plans on the ArDM components reparation (or replacement) and installation of new ArDM components as the 13 new PMTs with their bases, the mechanical support, the PMT top and bottom caps, and the side reflector.

En 2020 y 2021, la actividad estuvo afectada por la pandemia COVID-19. El calendario del experimento ha sufrido importantes retrasos en comparación con el plan original y se ha adaptado a las nuevas condiciones. A pesar de estos problemas, la colaboración ha logrado un progreso significativo en la construcción, el montaje y las pruebas de la cámara DARt. Las diez placas electrónicas de SIPM con ojos de DARt recibidas de LNGS están totalmente caracterizadas y dos de ellas utilizadas en DARt funcionan sin problemas hasta ahora. Están colocadas en la estructura acrílica fabricada en la Universidad de Carleton, junto con los sensores de temperatura y las fibras ópticas para su calibración. Todos los cables se conectan a través de pasamuros específicos recibidos de Cagliari, junto con las fuentes de alimentación y, por último, el recipiente de cobre.



En 2023, la colaboración instaló DARt en el laboratorio subterráneo. El LN se mantiene bajo una sobrepresión controlada para evitar la congelación del argón. Se obtuvo un vacío de alta calidad antes de llenar la cámara con Ar, al nivel de 10^{-5} mbar. el sistema se instaló y caracterizó en el LSC, validando estabilidad, midiendo el rendimiento con fuentes radiactivas y el espectro de ^{39}Ar . Otros trabajos completados en 2023 fueron el montaje del castillo de plomo, el sistema de adquisición de datos basado en DARt VME, el plan de reparación (o reemplazo) de componentes de la infraestructura de ArDM y la instalación de nuevos componentes como los 13 nuevos PMT con sus bases, el soporte mecánico, las tapas superior e inferior de los PMT y el reflector lateral.

GEODYN is a geophysics observatory that covers the whole geodynamic spectrum, from near-field seismicity to tectonic deformations, Earth tides or Earth-core nutation. The facility has three components: two continuous GPS stations at the surface, and a broad-band seismometer, an accelerometer and two high-resolution laser strainmeters installed inside the tunnel. Three different types of sensors, seismic, GPS and laser Interferometer, are included in the Geodyn Platform. The seismic sensors (broad-band seismometer & accelerometer) and the two GPS antennas and recorders have been working correctly during 2018. Both interferometers have no recorded data during 2023 and the lab is evaluating its viability and interest to the community.

One very interesting result was published in 2019, based on data accumulated in previous years. The soundscape of rivers can reveal changes in the overall flow triggered by natural or anthropogenic agents. In 2014, using the seismic station at the LSC, Geodyn first identified the seismic waves associated with the Aragón River's discharge, isolating the snowmelt signal as the seismic source. Using algorithms to pick through Aragón's albums from 2011 to 2016, Geodyn team have now managed to hear tunes specifically linked to the thaw of the Pyrenees snowpack. Instruments tend to hear large discharge increases during the central hours of the day, a little while after the snow has had a chance to melt and percolate down to the river. On average, each year has 35 days of snowmelt, usually unleashed in two or three major melting outbursts between March and June.

GEODYN es un observatorio de geofísica que cubre todo el espectro geodinámico, desde sismicidad de campo cercano hasta deformaciones tectónicas, mareas terrestres o nutación del núcleo terrestre. La instalación tiene tres componentes: dos estaciones GPS continuas en la superficie, un sismómetro de banda ancha, un acelerómetro y dos interferómetros láser de alta resolución instalados dentro del túnel. Tres equipos diferentes, sísmico, GPS e interferómetro láser, forman parte de Geodyn. Los sensores sísmicos (sismómetro de banda ancha y acelerómetro) y las dos antenas y grabadoras GPS han funcionado continuamente durante 2019. Ambos interferómetros no han registrado datos durante 2023 y se está explorando la viabilidad e interés de la instalación.

En 2019 se publicó un resultado muy interesante, basado en los datos acumulados en años anteriores. El paisaje sonoro de los ríos puede revelar cambios en el flujo general causados por agentes naturales o antropogénicos. En 2014, utilizando la estación sísmica del LSC, Geodyn identificó por primera vez las ondas sísmicas asociadas a la descarga del río Aragón, aislando la señal de deshielo como la fuente sísmica. Usando algoritmos para revisar los álbumes de Aragón de 2011 a 2016, Geodyn ha logrado escuchar señales específicamente relacionadas con el deshielo de la nieve de los Pirineos. Los instrumentos tienden a escuchar grandes incrementos de descarga durante las horas centrales del día, un poco después de que la nieve se derrita y filtre al río. En promedio, cada año hay 35 días de deshielo de nieve, liberados en dos o tres grandes deshielos entre marzo y junio.

Low-level γ spectroscopy with High Purity Germanium (HPGe) detectors has become an essential tool for material screening in rare event physics experiments, which demand the lowest radioactivity levels. Typical examples are searches for solar neutrinos, neutrinoless double beta decay and dark matter. Compared to other methods, such as mass spectrometry or neutron activation, spectroscopy provides a comprehensive method in a non destructive way without complex sample treatment. The primordial radioisotopes ^{232}Th , ^{238}U and ^{40}K represent the main sources of contamination in common materials. Concerning the two former isotopes, only HPGe spectroscopy can verify secular equilibrium as it is capable of measuring the concentration of their progenies near the end of their respective decay chains – in particular ^{208}Tl and ^{214}Bi .

The best HPGe spectrometers operate deep underground and reach specific count rate sensitivity of $10 \mu\text{Bq/kg}$. This requires long counting periods (100 days). Consequently, several spectrometers must run in order to serve the needs of various experiments. The group led by G. Zuzel is very experienced in low background counting techniques with contributions to Gallex/GNO, Borexino, GERDA and DarkSide experiments. During 2021, a new ultra-low background 2.5 kg inverted coaxial geometry Germanium crystal with well was installed, with very effective pulse shape discrimination for further software background reduction and to screen large samples (up to 60 kg in case of copper) and very small components (electronic parts) placed in the well (high detection efficiency). The main shielding frame and layers of materials were installed at the end of 2022: Ultra-High Purity (UHP) copper (5 cm), UHP lead ($^{210}\text{Pb} \sim 2 \text{ Bq/kg}$, 5 cm), HP lead ($^{210}\text{Pb} \sim 5 \text{ Bq/kg}$, 10 cm), normal lead (5 cm), PE with 5% Boron (15 cm), inside a tent equipped with a large clean room HEPA filter (effective for particles with dimensions $\pm 0.01 \mu\text{m}$, flow up to $1200 \text{ m}^3/\text{h}$) in order to provide dust-free air inside. Background characterization is in progress to determine detector performance in 2023.

La espectroscopía γ de bajo fondo con detectores de germanio (HPGe) se ha convertido en una herramienta esencial para la detección de materiales en experimentos de física de eventos raros, que exigen los niveles más bajos de radiactividad, como neutrinos solares, desintegración beta doble sin neutrinos y materia oscura. Respecto a otros métodos, espectrometría de masas o activación de neutrones, proporciona un método integral no destructivo sin un tratamiento complejo de la muestra. Los radioisótopos primordiales ^{232}Th , ^{238}U y ^{40}K son las principales fuentes de contaminación en materiales comunes. Con respecto a los dos primeros isótopos, la espectroscopía con HPGe puede verificar el equilibrio secular, ya que es capaz de medir la concentración de sus progenies cerca del final de sus respectivas cadenas de descomposición, en particular ^{208}Tl y ^{214}Bi .

El mejor espectrómetro HPGe opera bajo tierra y tiene una sensibilidad de $10 \mu\text{Bq/kg}$. Esto requiere largos períodos de conteo (100 días). En consecuencia, deben utilizarse varios espectrómetros para satisfacer las necesidades de los múltiples experimentos. El grupo dirigido por M. Wojcik y G. Zuzel tiene mucha experiencia en técnicas de conteo de bajo nivel de fondo, con contribuciones en Gallex/GNO, Borexino, GERDA y DarkSide. Durante 2020, instaló un nuevo Germanio de 2.5 kg tipo pozo y geometría coaxial invertida, que permite la discriminación efectiva con la forma del pulso para una mayor reducción del fondo y capaz de medir grandes muestras (hasta 60 kg de cobre) y muy pequeñas (componentes electrónicas) situadas en el pozo (con alta eficiencia de detección). La estructura del escudo y sus componentes se instalaron al final de 2022: cobre de ultra alta pureza (5 cm), plomo UHP ($^{210}\text{Pb} \sim 2 \text{ Bq/kg}$, 5 cm), plomo HP ($^{210}\text{Pb} \sim 5 \text{ Bq/kg}$, 10 cm), plomo normal (5 cm), polietileno con 5% de boro (15 cm), dentro de una tienda limpia con filtro HEPA (filtrado efectivo hasta $10 \mu\text{m}$, flujo de $1200 \text{ m}^3/\text{h}$), para reducir el polvo. Se está caracterizando del fondo, lo que permitirá determinar la sensibilidad en 2023.

NEXT

Searches for neutrinoless double beta decay, the observation of which would imply total lepton number violation and would show that neutrinos are Majorana particles, require excellent energy resolution to eliminate background events that occur at energies close to the Q-value of the decay ($Q_{\beta\beta}$). The Neutrino Experiment with a Xenon Time projection chamber (TPC), in short NEXT, collaboration intends to search for this decay by using 100 kg of xenon enriched to 90% in the candidate isotope ^{136}Xe ($Q_{\beta\beta} = 2457.8$ keV). In recent years, NEXT collaboration has developed and operated several gaseous xenon TPCs, including kg-scale detectors at Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) and at Instituto de Fisica Corpuscular (IFIC) and more recently the 5 kg-scale NEXT-White at the Laboratorio Subterraneo de Canfranc (LSC) in the Pyrenees.



The tracking plane feedthrough manifold at NEXT-White

The detector NEXT-White is an electroluminescent (EL) TPC filled with xenon gas and equipped with photosensors to detect the UV light emitted in interactions occurring within the active volume. Charged particles deposit energy within the drift

La búsqueda de la desintegración doble beta sin neutrinos, cuya observación implicaría una violación total del número de leptones y mostrarían que los neutrinos son partículas de Majorana, requiere excelente resolución energética para eliminar eventos de fondo en energías similares a la desintegración ($Q_{\beta\beta}$). La colaboración del Experimento de Neutrinos con una cámara de proyección Temporal (TPC) de Xenón (NEXT) busca esta desintegración mediante el uso de 100 kg de xenón enriquecido al 90% en el isótopo candidato ^{136}Xe ($Q_{\beta\beta} = 2457.8$ keV). En los últimos años, la colaboración NEXT ha desarrollado y operado varias TPC de xenón gaseoso, incluidos los detectores a escala de kg en Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) y en el Instituto de Fisica Corpuscular (IFIC) y más recientemente el detector NEXT-White en la escala de 5 kg en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC) en el Pirineo.

El detector NEXT-White es una TPC electroluminiscente (EL) llena de gas xenón y equipada con sensores para detectar la luz UV emitida en las interacciones que ocurren dentro del volumen activo. Las partículas cargadas depositan energía dentro de la región de deriva del campo eléctrico, produciendo una traza de átomos de xenón ionizados y excitados. La luz UV emitida en la relajación de los átomos de xenón excitados, llamada centelleo primario o S1, se detecta de inmediato y los electrones ionizados se derivan hacia un plano de lectura que consiste en una región estrecha de alto campo eléctrico, la banda EL, donde se aceleran a energías lo suficientemente altas como para excitar aún más, pero no ionizar, los átomos del gas xenón, con la producción de fotones de centelleo secundario (S2) proporcional. Este proceso de amplificación, la electroluminiscencia, permite ganancias del orden de mil fotones por electrón con fluctuaciones más bajas que la ganancia de avalancha. Además, el tiempo transcurrido entre la observación de S1 y la llegada de S2 se puede utilizar para determinar la coordenada axial (z) en la que tuvo lugar la interacción.

En el detector NEXT-White, el centelleo primario (S1) y secundario (S2) se detecta mediante 12 tubos fotomultiplicadores (PMTs) Hamamatsu R11410-10, llamados plano de energía, colocados a 130 mm de un cátodo de malla de alambre transparente sostenido en

region, producing a track of ionized and excited xenon atoms. The UV light emitted in the relaxation of the excited xenon atoms, called primary scintillation or S1, is detected immediately and the ionized electrons are drifted toward a readout plane consisting of a narrow region of high electric field, the EL gap.

In passing through the EL gap, the electrons are accelerated to energies high enough to further excite, but not ionize, the atoms of the xenon gas, leading to the production of an amount of secondary scintillation photons (S2) proportional to the number of electrons traversing the gap. This amplification process, electroluminescence, allows for gains on the order of thousand photons per electron with lower fluctuations than by avalanche gain. In addition, the time elapsed between the observation of S1 and the arrival of S2 can be used to determine the axial (z) coordinate at which the interaction took place.

In NEXT-White detector, the primary (S1) and secondary (S2) scintillation are detected by an array of 12 Hamamatsu R11410-10 photomultiplier tubes (PMTs), called the energy plane, placed 130mm from a transparent wire mesh cathode held at negative high voltage. An electric field is established in the drift region defined by the cathode and another transparent mesh (the gate) located about 53 cm away. The EL region is defined by the mesh and a grounded quartz plate coated with indium tin oxide (ITO), placed 6mm behind it. A grid (10mm pitch) of 1792 SensL series-C silicon photomultipliers (SiPMs) is located behind the EL gap and measures the S2 scintillation, providing precise information on where the EL light was produced in xy.

The active volume is shielded by an 60mm thick ultra-pure inner copper shell, and the sensor planes are mounted on pure copper plates of thickness 120mm. The sensor planes and active volume are enclosed in a pressure vessel constructed from the titanium-stabilized stainless-steel alloy ^{316}Ti . The vessel sits on top of a seismic table, and a lead shield that can be mechanically opened and closed surrounds the vessel. The vessel is connected to a gas system

negativo alto voltaje. Se establece un campo eléctrico en la región de deriva definida por el cátodo y otra malla transparente (la puerta) ubicada a unos 53 cm de distancia. La región EL está definida por la malla y una placa de cuarzo con conexión a tierra recubierta con óxido de indio y estaño (ITO), colocada 6 mm detrás de ella. Una rejilla (paso de 10 mm) de 1792 fotomultiplicadores de silicio (SiPM) serie-C SensL se encuentra detrás del espacio EL y mide el centelleo S2, proporcionando información precisa sobre dónde se produjo la luz EL en xy. El volumen activo está protegido por una carcasa de cobre interno ultra puro de 60 mm de espesor, y los planos del sensor están montados en placas de cobre puro de 120 mm de espesor. Los planos del sensor y el volumen activo están encerrados en un recipiente a presión construido con la aleación de acero inoxidable al titanio. El recipiente encima de una mesa sísmica está rodeado por un escudo de plomo que se puede abrir y cerrar mecánicamente y conectado a un sistema de gas a través del cual el gas xenón se purifica continuamente. Toda el área experimental, incluido el sistema de gas, la electrónica, el recipiente a presión y la mesa sísmica, están estacionados en una plataforma elevada de tramex en el LSC.

Una vez demostrada una resolución de energía de 1% FWHM a 2.6 MeV y eliminación de ruido de fondo gracias a la identificación de la topología las trazas reconstruidas, se ha explotado el detector NEXT-White para realizar medidas de desintegración doble beta. In 2022, la colaboración completó la toma de datos con el detector NEXT-White. La medida de la vida media de la desintegración doble beta con neutrinos se realizó con una novedosa técnica de sustracción directa del fondo. El análisis se realizó con los datos acumulados en 271.6 días con 3.5 kg de xenón enriquecido en ^{136}Xe y en 208.9 días con xenón empobrecido en ^{136}Xe , utilizando la topología de las trazas de los dos electrones. Utilizando el espectro de energía con el fondo sustraído, se midió una vida media de $2.34 \pm 0.80 \text{ (stat)} \pm 0.17 \text{ (sys)} \times 10^{21}$ años. La técnica independiente del modelo de fondo ha sido validada demostrado para su uso en la búsqueda de desintegración doble beta sin neutrinos. Se han obtenido límites inferiores en la vida media de este modo con dos técnicas diferentes: la técnica clásica dependiente del modelo de fondo y la novedosa técnica desarrollada por NEXT, lo que permite comparar la dependencia de

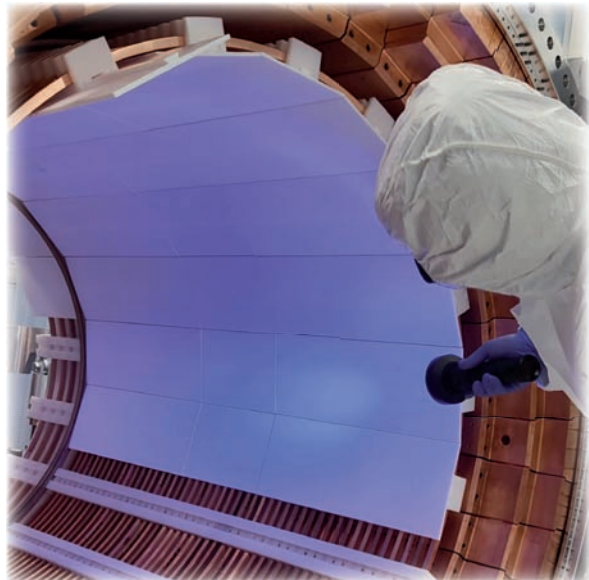
through which the xenon gas is continuously purified via the use of a hot getter. The entire experimental area, including gas system, electronics, pressure vessel, and seismic table, are stationed on an elevated tramex platform at LSC.

Achieving an energy resolution of 1% FWHM at 2.6 MeV and further background rejection by means of the topology of the reconstructed tracks, NEXT-White has been exploited to perform double beta decay searches. In 2022, the collaboration completed the data taking with NEXT-White detector. The measurement of the half-life of the ^{136}Xe two-neutrino double- β decay was performed with a novel direct-background-subtraction technique. The analysis relied on the data collected with the NEXT-White detector operated with 271.6 days of 3.5 kg ^{136}Xe -enriched data and 208.9 days of ^{136}Xe -depleted data, as well as on the topology of double-electron tracks. A half-life of $2.34 \pm 0.80 \pm 0.46$ (stat) $\pm 0.30 \pm 0.17$ (sys) $\times 10^{21}$ yr was derived from the background-subtracted energy spectrum. The technique demonstrated the feasibility of unique background-model-independent neutrinoless double- β -decay searches. Limits to the neutrinoless mode were obtained in two alternative analyses: a background-model-dependent approach and a novel direct background-subtraction technique, offering results with small dependence on the background model assumptions. 90% C.L. lower limits to the neutrinoless double beta decay were found in the 5.5×10^{23} – 1.3×10^{24} yr range, depending on the method. The presented techniques stand as a proof-of-concept for the searches to be implemented with larger NEXT detectors.

In 2023, NEXT-100 detector construction was completed. Among the successful achievements, we highlight that all elements needed for the TPC (field cage, electro-luminescence and cathode frames or high voltage feed-through) are properly working. The collaboration expects to complete the detector commissioning and to start taking data in 2024.

los resultados con las aproximaciones sobre el contenido radiactivo. En conclusión, se ha determinado el límite inferior de la vida media, al nivel de confianza del 90% C.L., en el intervalo de 5.5×10^{23} – 1.3×10^{24} años, según el método usado. Las técnicas utilizadas servirán como base para la explotación de los detectores de NEXT más grandes.

En 2023, se completó la construcción del detector NEXT-100. Entre los grandes logros, hay que destacar que todos los elementos necesarios en la TPC (anillos de campo, cuerpo del cátodo y de electroluminiscencia o alimentador de alto voltaje), operan correctamente. La colaboración espera completar la fase de pruebas y comenzar a tomar datos en 2024.



TREX-DM

The use of gas time projection chambers (TPCs) with Micromegas readouts has been recently proposed to search for low mass WIMPs, as part of the T-REX project. Many of the technical advantages exploited in the development of the detectors for axion research are of direct application also in this case. Namely, the possibility to build Micromegas readouts with radiopure materials and with a signal extraction scheme of extreme radiopurity or the capability to use topological discrimination techniques based on the highly granular readout. In addition, the way event detection happens in gas (i.e. drift of charge and signal amplification confined in the Micromegas structure) allows, in principle, to reach very low energy threshold even in relatively large size detectors. Another aspect, very important for application to WIMP searches, are the scaling-up prospects. Technical solutions for scaling-up via tessellation of identical microbulk detectors have been defined.

The TREX-DM TPC has been designed to host 0.3 kg of argon mass at 10 bar (or, alternatively, 0.16 kg of neon). It is composed of a cylindrical vessel made of radiopure copper, with an inner diameter of 0.5 m, a length of 0.5 m and a wall thickness of 6 cm. These dimensions are set by the requirements that the vessel holds up to 10 bar of pressure, while at the same time constitutes the innermost part of the shielding.

The vessel is divided into two active volumes by a central mylar cathode, which is connected to high voltage by a tailor-made feedthrough. At each side there is a 19 cm long field cage defined by a series of copper strips imprinted on a kapton substrate supported by four teflon walls.

TREX-DM detector installation at LSC was completed in 2018 and the experiment

Recientemente se ha propuesto el uso de las cámaras de proyección temporal (TPC) de gas con lecturas de Micromegas para buscar WIMP de baja masa, como parte del proyecto T-REX. Muchas de las ventajas técnicas explotadas en el desarrollo de los detectores de axiones son de aplicación directa: la posibilidad de construir lecturas de Micromegas con materiales radiopuros y con un esquema de extracción de señal de radiopuridad extrema o la capacidad de utilizar técnicas de discriminación topológica basadas en la lectura altamente granular. Además, la forma en que ocurre la detección de eventos en el gas (es decir, deriva de carga y amplificación de señal confinada en la estructura de Micromegas) permite, en principio, alcanzar un umbral de energía muy bajo incluso en detectores de tamaño relativamente grande. Otro aspecto, muy importante para la aplicación a las búsquedas WIMP, son las perspectivas de ampliación a través de la teselación de detectores idénticos.

La TPC TREX-DM ha sido diseñado para albergar 0,3 kg de masa de argón a 10 bar (o, alternativamente, 0,16 kg de neón). Se compone de un recipiente cilíndrico de cobre radiopuro, con un diámetro interno de 0,5 m, una longitud de 0,5 m y un espesor de pared de 6 cm, dimensiones establecidas por los requisitos de que el recipiente soporte hasta 10 bares de presión, mientras que al mismo tiempo constituya la parte más interna del blindaje. El recipiente está dividido en dos volúmenes activos por un cátodo central de mylar, que está conectado a alta tensión. A cada lado, hay una jaula de campo uniforme de 19 cm de largo definida por una serie de tiras de cobre impresas en un sustrato de kapton sostenido por cuatro paredes de teflón.

La instalación del detector TREX-DM en LSC se completó en 2018 y el experimento ha estado en la fase de pruebas desde 2019.



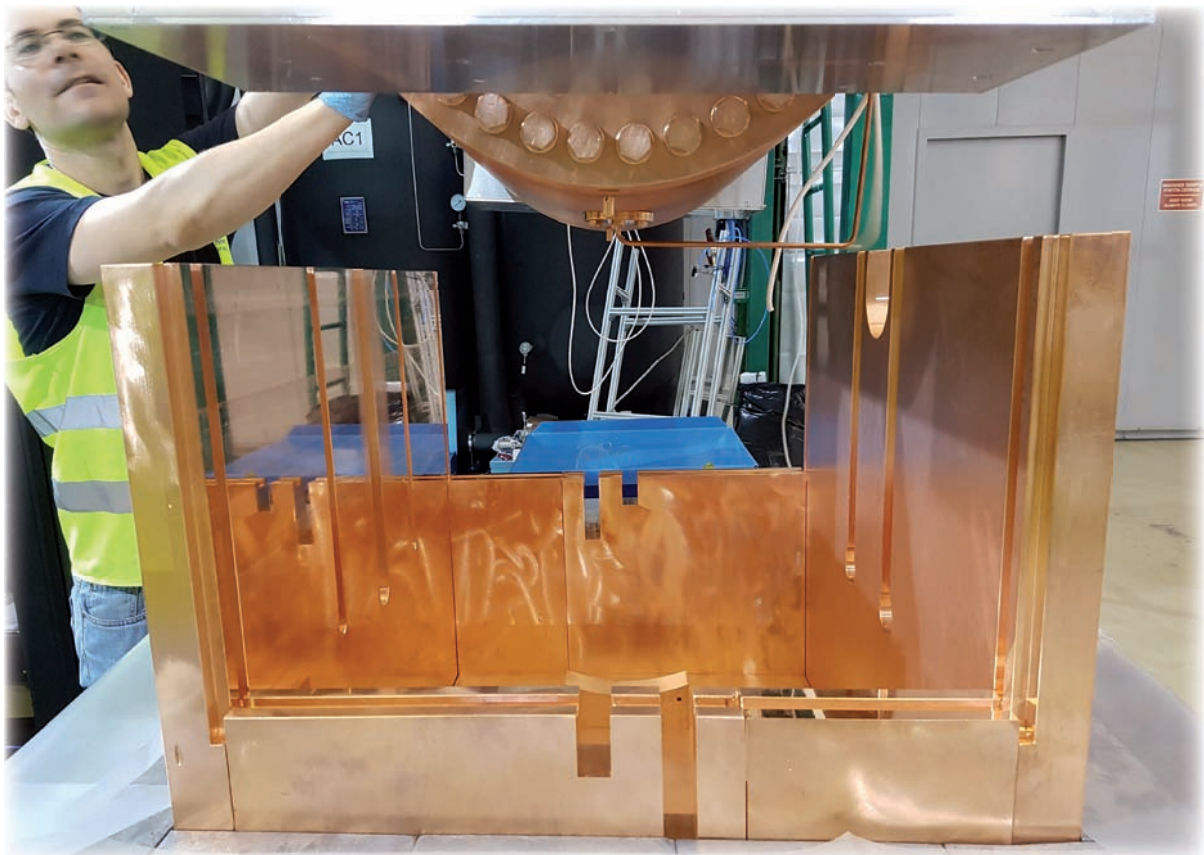
TREX-DM shielding inside the Clean Room

has been in the commissioning phase since 2019. The gas system was fully installed, the shielding mounted (except for the neutron shielding), and the slow control system, readout electronics, and one detector plane were already operative. The main points developed were: a) The detector is fully equipped and installed inside its lead castle. The gas system

El sistema de gas está completamente instalado, el blindaje montado (excepto el blindaje de neutrones) y el sistema de control, la electrónica de lectura y uno de los planos del detector ya están operativos. Los principales puntos desarrollados son: a) El detector está totalmente equipado e instalado dentro de su castillo principal. Se ha completado la instalación del sistema de

installation has been completed and certified by an authorized body to operate at high pressure. A first complete version of the slow control, sufficient to efficiently and safely operate the detector was already in place, and has been operative in continuous way. b) The inner part of the shielding, including the lead castle with the inner copper lining, the top structure, and the plastic enclosure to allow Rn-free air flushing, are completed. c) Both calibration (with a ^{109}Cd source) and background runs have already been taken with Ar + 1% Isobutane at 1.5 bar. d) The background model of the TREX-DM setup is complete. During 2022, the collaboration has been working on understanding backgrounds, particularly radon emanation in the setup and preparing new micromegas detectors. Given the exceeding time of commissioning and the LSC HallA space requirements, the detector was halted in September 2022 and will be reinstalled in Lab2500 in 2023.

gas y certificado para operar a alta presión. Ya existe una primera versión completa del sistema de control, suficiente para operar el detector de manera eficiente y segura, operativa de manera continua durante varias semanas. b) se ha completado el castillo de plomo con el revestimiento interno de cobre, la estructura superior y el recinto de metacrilato para aire libre de Rn). c) Tanto la calibración (con una fuente de ^{109}Cd) como los fondos ya se han tomado en argón con isobutano al 1% a 1,5 bar. d) Se ha completado el modelo de fondo de la configuración TREX-DM. En 2022, la colaboración ha estado caracterizando fondos, especialmente emanación de radón en el sistema. Dado el largo tiempo en fase de comisionado y los requerimientos de espacio en el HallA del LSC, el detector se ha parado en septiembre de 2022 y se reinstalará en el Lab2500 en 2023.



BIOLOGY PLATFORM/PLATAFORMA DE BIOLOGÍA

The LSC's Bio Platform is created with the aim of hosting biology experiments in a low background radioactive environment. It has both surface and underground facilities that allow experiments to be replicated in the presence or absence of radiation, with the objective of studying how different types of radiation (gammas, muons and neutrons) affect the metabolism of different biological models. It is equipped with a clinostat to host experiments in microgravity conditions underground.

The use of the Biology Platform Services is open to research groups or collaborations, who should submit a written proposal explaining their experiment by means of an expression of interest (EOI). It must contain the scientific, economic and organizational elements, necessary for the laboratory to initiate the evaluation process, with the assistance of the Scientific Committee.

PB-01-22: Bacteria in heavy water. Experiment developed by scientists from the Centro de Biología Molecular Severo Ochoa and the Universidad Autónoma de Madrid. Its objective is to study the effect of a low radiation environment on the viability and growth of a microbial community recovered from high purity D₂O.

PB-02-22: Interaction host-pathogens under low-radiation. Experiment proposed by the Evolutionary Systems Virology group of the Institute for Integrative Systems Biology (I²SysBio). Its objective is to characterize the Orsay virus infection dynamics in *Caenorhabditis elegans* under muon free conditions.

PB-03-22: Genetic radiation tolerance. Experiment proposed by the Translational Synthetic Biology group of the Pompeu Fabra University. Its objective is to investigate the molecular basis of the effect of environmental radiation on the genomic integrity of prokaryotic and eukaryotic model organisms.

PB-04-22: Luria-Delbrück 2.0. Experiment proposed by SiMBioSys group (theoretical and in silico modeling of biological systems) of the Institute for Integrative Systems Biology (I²SysBio). Its objective is to perform the fluctuation test to measure the rate of microbial mutations in a low radiation environment.

La Plataforma de Biología del LSC nace con el objetivo de albergar experimentos de biología en un entorno radiactivo de bajo fondo. Dispone de instalaciones tanto en superficie como subterráneas que permiten replicar experimentos en presencia o ausencia de radiación, con el objetivo de estudiar cómo afectan los distintos tipos de radiación (gammas, muones y neutrones) al metabolismo de diferentes modelos biológicos. Está equipada con un clinostato para albergar experimentos en condiciones de microgravedad bajo tierra.

El uso de los Servicios de la Plataforma de Biología está abierto a grupos de investigación o colaboraciones, que deberán presentar una propuesta escrita explicando su experimento mediante una expresión de interés (EOI). Debe contener los elementos científicos, económicos y organizativos necesarios para que el laboratorio inicie el proceso de evaluación, con la asistencia del Comité Científico.

PB-01-22: Bacterias en agua pesada. Experimento desarrollado por científicos del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa y de la Universidad Autónoma de Madrid. Su objetivo es estudiar el efecto de un ambiente de baja radiación sobre la viabilidad y el crecimiento de una comunidad microbiana recuperada de D₂O de alta pureza.

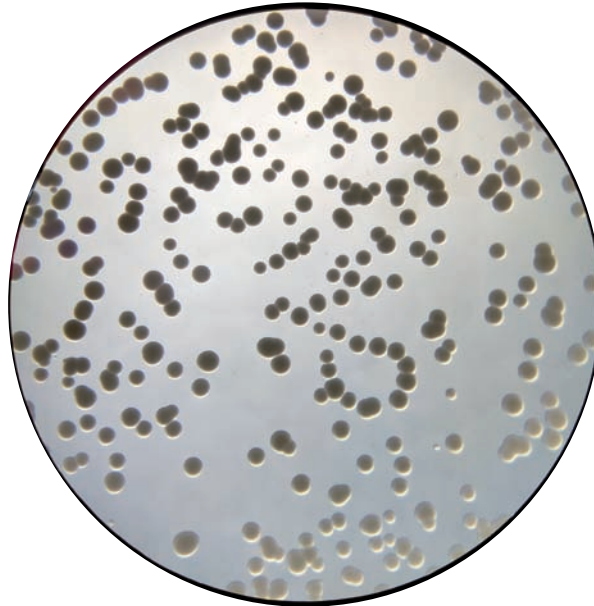
PB-02-22: Interacción hospedador-patógeno en un ambiente de baja radiación. Experimento propuesto por el grupo de Virología Evolutiva y de Sistemas del Instituto de Biología Integrativa de Sistemas (I²SysBio). Su objetivo es caracterizar la dinámica de infección del virus de Orsay en *Caenorhabditis elegans* en condiciones libres de muones.

PB-03-22: Tolerancia genética a la radiación. Experimento propuesto por el grupo de Biología Sintética Traslacional de la Universidad Pompeu Fabra. Su objetivo es investigar las bases moleculares del efecto de la radiación ambiental sobre la integridad genómica de organismos modelo procariontes y eucariontes.

PB-04-22: Luria-Delbrück 2.0. Experimento propuesto por el grupo TheSiMBioSys (modelización teórica e in silico de sistemas biológicos) del Instituto de Biología de Sistemas Integrativa (I²SysBio). Su objetivo es realizar pruebas de fluctuación para medir la tasa de mutaciones microbianas en un entorno de baja radiación.

PB-05-22: Yeast chronological aging and mutation rate under low-radiation conditions. The main objective of the project is to know the biological impact of low levels of background radiation on the chronological aging of yeast and on their mutation rate.

PB-05-22: Envejecimiento cronológico de levaduras y tasa de mutación en baja radiación. El objetivo principal del proyecto es conocer el impacto biológico que tienen bajos niveles de radiación de fondo sobre el envejecimiento cronológico de las levaduras y sobre su tasa de mutación.



PB-06-22: Multicellular structure formation in response to low level background radiation. The aim of this proposal is to study the contribution of cellular organization in the response to low background radiation by investigating this response in unicellular near Metazoa models, which form multicellular structures during their life cycle or in response to environmental stimuli.

PB-06-22: Formación de estructuras multicelulares en respuesta a bajos niveles de radiación de fondo. El objetivo de esta propuesta es estudiar la contribución de la organización celular en un entorno de bajo fondo radiactivo mediante modelos unicelulares cercanos a *Metazoa*, que forman estructuras multicelulares durante su ciclo vital o en respuesta a estímulos ambientales.

PB-07-22: Ticking of epigenetic and senescence aging clocks in cosmic silence. This experiment aims to study the primordial nature of the epigenetic clocks of aging and senescence by performing measurements of their functioning and timing capacity in an environment of “cosmic silence”.

PB-07-22: Modulación de los relojes epigenéticos y senescentes del envejecimiento en silencio cósmico. Este experimento pretende estudiar la naturaleza primordial de los relojes epigenéticos relacionados con el envejecimiento y la senescencia celular, realizando mediciones de su funcionamiento y capacidad de cronometraje en un entorno de “silencio cósmico”.

PB-08-23: Unravelling the mechanisms of the effects of low-dose ionising radiation on living systems. The chemical enzymatic reactions involved in cellular protection against oxidative damage and mitochondrial function in yeast will be studied in the underground lab.

PB-08-23: Mecanismos implicados en la respuesta de los sistemas biológicos a dosis bajas de radiaciones ionizantes. Se estudiarán las reacciones químicas enzimáticas implicadas en la protección celular contra el daño oxidativo, y la función mitocondrial en levaduras, en este ambiente subterráneo.

PB-01-22, PB-02-22 and **PB-03-22** already started their experiments in the last weeks of 2022 and 2023. All other groups plan to start their activities along 2024.

PB-01-22, PB-02-22 y **PB-03-22** ya han comenzado sus experimentos en las últimas semanas de 2022 y 2023. Todos los demás grupos tienen previsto iniciar sus actividades a lo largo de 2024.

EOI-21-2018 (DAMIC)

Dark Matter in CCDs (DAMIC) has pioneered the detection of nuclear and electronic recoils induced by Dark Matter (DM) particles in charge-coupled devices (CCDs). Scientific CCDs are commonly used in the focal plane of astronomical telescopes for the digital imaging of faint astrophysical objects. Our non-standard use of CCDs was demonstrated at SNOLAB (Sudbury, Canada) where a 40-g prototype detector is currently operating. DAMIC-M is a 1 Kg detector to be installed at Laboratoire Souterrain de Modane (LSM) in France which profits from this experience and, at the same time, will greatly improve in sensitivity by further innovating the detector technology. CCDs show unique properties: a) unprecedented charge resolution, b) low leakage current, c) spatial resolution and 3D reconstruction, d) background identification and rejection.

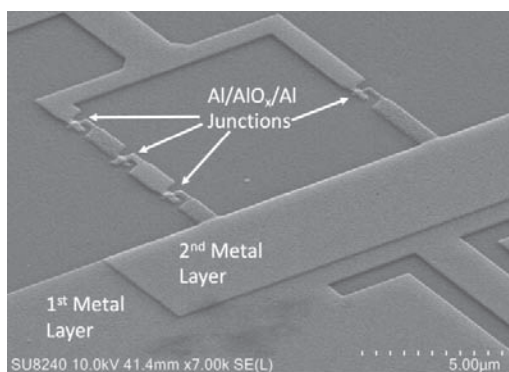
A truly unique capability of DAMIC is that background can be identified and rejected as spatially correlated events occurring at different times, particularly relevant for ^{32}Si , a naturally occurring isotope in silicon and a dominant background contribution in the current generation of silicon detectors. DAMIC identifies by spatial correlation the ^{32}Si decay sequence, what would reduce this background by more than two orders of magnitude. DAMIC-M aims to limit the background to 0.1 event/kg/day/keV by detector shielding, careful screening and selection of materials, proper handling of several detector components to minimise cosmogenic activation. Specific activities to be carried out at LSC will include: 1) radiopurity measurements of DAMIC-M components for selection of materials. 2) installation of a low-background CCD test setup to characterize contamination of the new generation of CCDs, a new facility for LSC with unique screening capabilities, e.g. for cosmogenic ^{32}Si (a dominant background for next-generation silicon DM detectors) and surface backgrounds.

Materia Oscura en CCDs (DAMIC) ha sido pionero en las técnicas de detección de retrocesos nucleares y electrónicos inducidos por partículas de Materia Oscura (DM) en dispositivos de carga acoplada (CCD). Los CCD de uso científico se usan comúnmente en el plano focal de las cámaras de telescopios astronómicos para obtener imágenes digitales de objetos astrofísicos. Nuestro uso no estándar de los CCD se demostró en SNOLAB (Sudbury, Canadá) donde actualmente funciona un prototipo de 40 g. DAMIC-M es un detector de 1 Kg que se instalará en el Laboratorio Subterráneo de Modane (LSM) en Francia, que se beneficia de esta experiencia y, al mismo tiempo, mejorará su sensibilidad al innovar aún más la tecnología del detector. Los CCD muestran propiedades únicas: a) resolución de carga sin precedentes, b) baja corriente de fuga, c) resolución espacial y reconstrucción 3D, d) identificación y rechazo del fondo.

Una capacidad única de DAMIC es que el fondo se puede identificar y rechazar como eventos espacialmente correlacionados que ocurren en diferentes momentos, relevante para ^{32}Si , un isótopo natural del silicio y una contribución de fondo dominante en la generación actual de detectores de silicio. DAMIC identifica por correlación espacial la secuencia de descomposición ^{32}Si , lo que reduciría este fondo en más de un factor 100. DAMIC-M tiene como objetivo limitar el fondo a 0.1 eventos/kg/día/keV mediante el blindaje del detector, la medida radioactiva y selección de materiales, el manejo adecuado de componentes del detector para minimizar la activación cosmogénica. Las actividades específicas que se llevarán a cabo en LSC incluirán: 1) medidas de radiopureza de componentes para la selección de materiales. 2) instalación de un detector de bajo fondo para medir la contaminación de la nueva generación de CCD, una nueva instalación en el LSC con capacidades de detección únicas para el ^{32}Si cosmogénico (un fondo dominante para los detectores DM de silicio de próxima generación) y otros fondos radioactivos en superficie.

EOI-24-2020 (ICRQ)

In the last decade, quantum microwave electronics using superconducting circuits (SCCs) has emerged as one of the leading candidates for the implementation of a coherent quantum processor. SCCs offer several advantages, such as ease of fabrication and design, but suffer from lower coherence times. Both energy relaxation (dissipation) and dephasing (frequency jitter) contribute to decoherence. The ultimate goal is to sufficiently suppress all decoherence mechanisms acting on superconducting qubits. On top of several types of microscopic and macroscopic imperfections, collective excitations above the superconducting gap or quasiparticles (QPs), are generated by phonons and by radioactive interactions, have been proven to be the one of the main contributors to decoherence, especially in high-impedance quantum bits and detectors, but also in certain transmon qubits, which are currently the industry standard.



Qubit

The project Interaction of Cosmic Rays on Qubits (ICRQ) is a novel experiment with a set of tools and methods that mitigates the presence of QPs in SCC used in the quantum regime. In order to establish a QP-free technology, the goals are:

- 1) Establish whether the future of quantum SCCs, relying on QP-free technology, can be envisaged in above-ground laboratories, where they are vulnerable to cosmic radiation, or whether work in deep (or shallow) underground laboratories will be required.
- 2) Quantify the QP suppression achievable above ground by the exploitation of heavily

En la última década, la electrónica cuántica de microondas que utiliza circuitos superconductores (SCC) ha surgido como uno de los principales candidatos para la implementación de un procesador cuántico coherente. Los SCC ofrecen varias ventajas, como la facilidad de fabricación y diseño, pero adolecen de menores tiempos de coherencia. Tanto la relajación de la energía (disipación) como el dephasing (fluctuación de frecuencia) contribuyen a la decoherencia. El objetivo final es suprimir suficientemente todos los mecanismos de decoherencia que actúan sobre los qubits superconductores. Además de varios tipos de imperfecciones microscópicas y macroscópicas, se ha demostrado que las excitaciones colectivas por encima de la brecha superconductora o cuasipartículas (QP), generadas por los fonones y por las interacciones radiactivas, son uno de los principales factores que contribuyen a la decoherencia, especialmente en los bits y detectores cuánticos de alta impedancia, pero también en ciertos qubits de transmón, que son actualmente el estándar de la industria.

El proyecto Abatement of Radioactivity for Qubits (ICRQ) es una tecnología novedosa es con un conjunto de herramientas y métodos que mitiga la presencia de QPs en el SCC utilizado en el régimen cuántico. Para establecer una tecnología libre de QP, los objetivos son:

- 1) Establecer si el futuro de los SCC cuánticos, basados en la tecnología libre de QP, puede contemplarse en laboratorios sobre el suelo, donde son vulnerables a la radiación cósmica, o si será necesario trabajar en laboratorios subterráneos profundos (o poco profundos).
- 2) Cuantificar la supresión de QP que se puede conseguir en la superficie mediante la explotación de criostatos fuertemente blindados y mediante una cuidadosa selección y limpieza de todos los materiales que intervienen en la fabricación y funcionamiento del dispositivo.
- 3) Proponer y validar una herramienta de software autónoma que modele la dinámica del QP

shielded cryostats and by careful selection and cleaning of all materials involved in the device fabrication and operation. 3) Propose and validate a self-contained software tool modelling the QP dynamics for the complex environment of realistic devices, including interaction with substrate phonons. Using the software tool, evaluate and implement mitigation techniques, such as phonon or quasiparticle traps. 4) Integrate the previous strategies in low and high-impedance qubits to be operated in a custom-design facility featuring low radioactivity and low noise.

Project ICRQ aims at elucidating the interaction between cosmic messengers with highly coherent superconducting qubits.

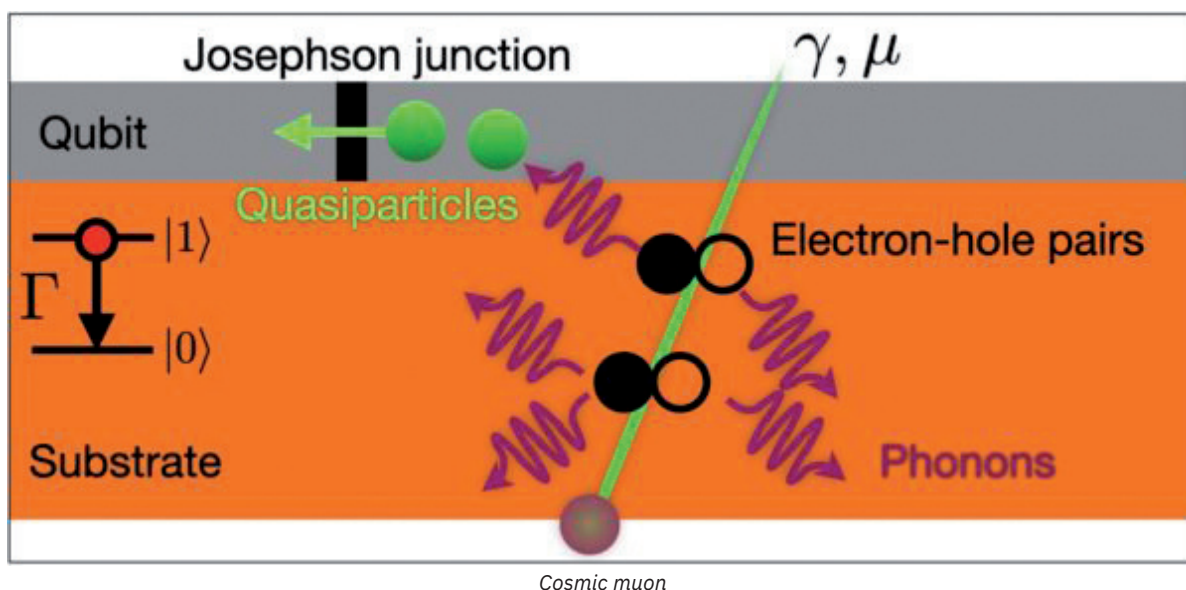
The first phase addresses the qubit interaction with cosmic rays and radioactive background emission, and a second phase includes the use of our qubits for the detection of axion-like particles (ALPs) and gravitational waves (GWs). The first phase attempts the qubit-radiation interaction suppression to improve the qubit coherence time, while the second phase takes advantage of the improved qubit performance, in terms of sensitivity and stability, to yield an ultrasensitive quantum sensor. Attaining such goals requires addressing the problem as a convergence of three different angles: the qubit physics, the cosmic messenger physics, and the engineering of qubit devices to understand how to protect them from radiation.

para el complejo entorno de los dispositivos realistas, incluyendo la interacción con los fonones del sustrato.

Utilizando la herramienta de software, evaluar e implementar técnicas de mitigación, como trampas de fonones o cuasipartículas. 4) Integrar las estrategias anteriores en qubits de baja y alta impedancia para que funcionen en una instalación de diseño personalizado con baja radiactividad y bajo ruido.

El proyecto ICRQ pretende dilucidar la interacción entre mensajeros cósmicos y qubits superconductores altamente coherentes.

La primera fase aborda la interacción de los qubits con los rayos cósmicos y la emisión radiactiva de fondo, y una segunda fase incluye el uso de nuestros qubits para la detección de partículas similares al axión (ALP) y ondas gravitacionales (GW). En la primera fase se intenta suprimir la interacción qubit-radiación para mejorar el tiempo de coherencia del qubit, mientras que en la segunda se aprovecha el rendimiento mejorado del qubit, en términos de sensibilidad y estabilidad, para obtener un sensor cuántico ultrasensible. Para alcanzar estos objetivos es necesario abordar el problema como una convergencia de tres ángulos diferentes: la física de los qubits, la física de los mensajeros cósmicos y la ingeniería de los dispositivos qubit para entender cómo protegerlos de la radiación.



EOI-26-2020 (HENSA)

The High Efficiency Neutron-Spectrometry Array (HENSA) is an extended energy detection system for neutron spectrometry based on the Bonner Spheres principle. The current version of HENSA is composed by ten different single detectors using 60 cm active length cylindrical thermal neutron counters (3He-filled tubes). In order to provide sensitivity at different energy regions, each tube is embedded in a matrix of different materials, including High Density Polyethylene (HDPE) moderators, cadmium shielding and lead high energy neutron converters. The use of long 3He-filled tubes provides HENSA with a neutron response 5-15 times larger than conventional Bonner Spheres systems in the energy range from thermal up to 10 GeV.

Neutron measurements in Hall A have been performed using a reduced setup of the HENSA array, consisting of four detectors including a bare 3He-filled counter, and polyethylene matrix of transversal sizes: 45x45mm², 70x70mm², and 120x120mm². Such a setup provides accurate neutron sensitivity, from thermal energies up to 20 MeV, by implementing Pulse Shape Discrimination (PSD) techniques. The measured average thermal flux in Hall A was $(3.5 \pm 0.8) 10^{-6}$ n/cm²/s.

Related to dark matter detectors, seasonal variations in the neutron flux could mimic an annual modulation in the detection rate. The joint HENSA and ANAIS proposed to perform a characterization of the neutron flux at Hall B (energy spectrum and time evolution). The neutron monitor, including a bare counter and polyethylene matrix of transversal cross

El 'High Efficiency Neutron-Spectrometry Array' (HENSA) es un sistema de detección de energía extendida para espectrometría de neutrones basado en el principio de las esferas de Bonner. La versión actual de HENSA está compuesta por diez detectores individuales diferentes que utilizan contadores de neutrones térmicos cilíndricos de 60 cm de longitud activa (tubos rellenos de 3He). Para proporcionar sensibilidad en diferentes regiones energéticas, cada tubo está incrustado en una matriz de diferentes materiales, incluyendo moderadores de polietileno de alta densidad (HDPE), blindaje de cadmio y convertidores de neutrones de alta energía de plomo. El uso de tubos largos rellenos de 3He proporciona a HENSA una respuesta neutrónica entre 5 y 15 veces mayor que la de los sistemas Bonner Spheres convencionales en el rango de energía que va desde la térmica hasta los 10 GeV.

Las medidas de neutrones en el Hall A se han realizado utilizando una configuración reducida del conjunto HENSA, que consiste en cuatro detectores, incluyendo un contador vacío relleno de 3He, y una matriz de polietileno de tamaños transversales 45x45mm², 70x70mm², y 120x120mm². Esta configuración proporciona una sensibilidad neutrónica precisa, desde energías térmicas de hasta 20 MeV, mediante la aplicación de técnicas de Discriminación de la Forma del Pulso (PSD). El flujo térmico medio medido en la Sala A fue de $(3,5 \pm 0,8) 10^{-6}$ n/cm²/s.

En relación con los detectores de materia oscura, las variaciones estacionales en el flujo de neutrones podrían imitar una modulación anual en la tasa de detección. El proyecto conjunto de HENSA y ANAIS propuso realizar una caracterización del flujo de neutrones en Hall B (espectro de energía y evolución temporal). Se actualizó el monitor de neutrones, que incluye un contador desnudo

section ($45 \times 45 \text{ mm}^2$ and $180 \times 180 \text{ mm}^2$), already running since 2021 was upgraded.

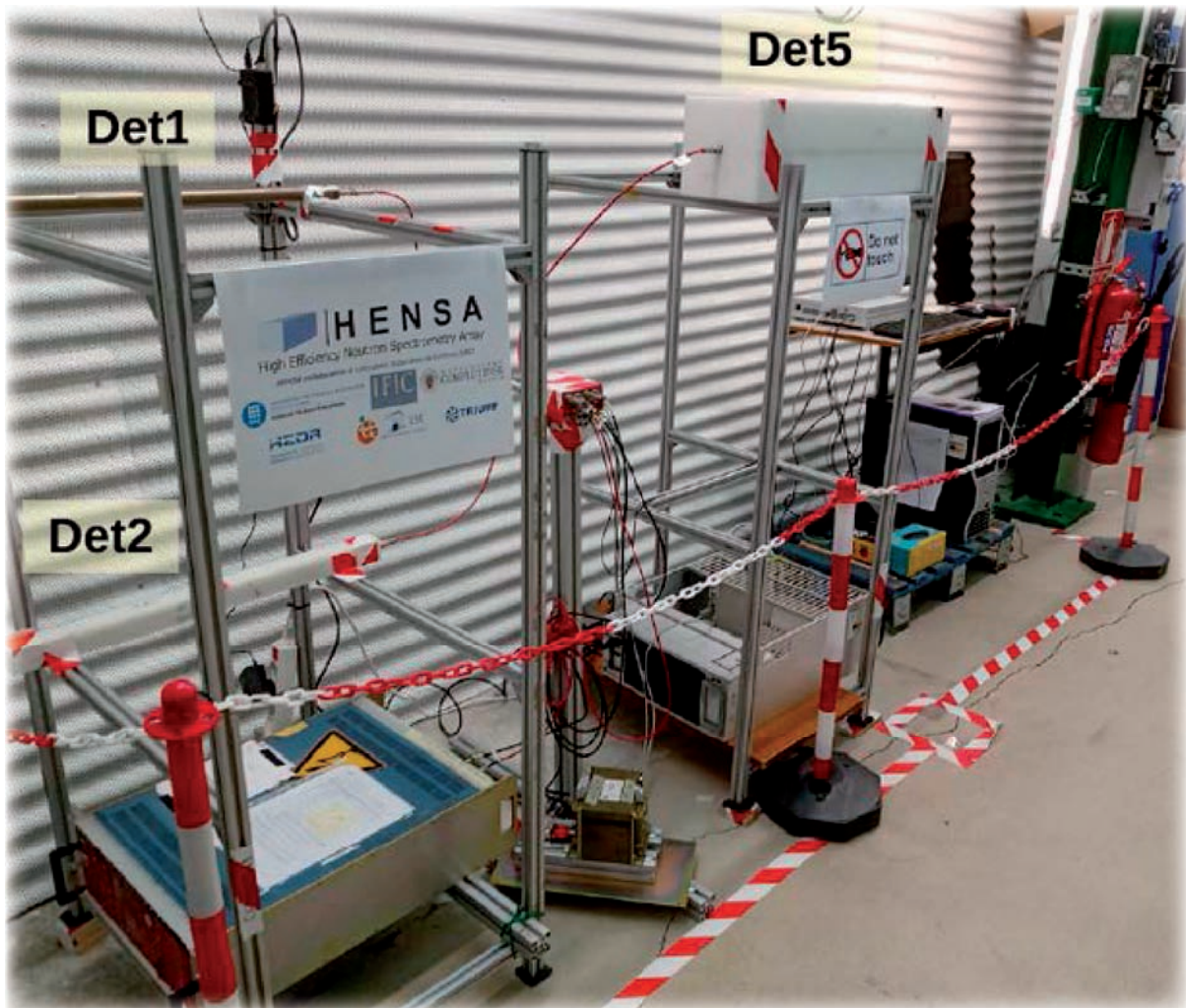
Outer moderator/shielding configuration was replaced in specific detectors of the HENSA array. The upgrade improves the spectral resolution of HENSA in the region below 20 MeV and should allow to reduce systematic uncertainties when reconstructing the neutron spectrum.

The monitor has been running smoothly. The general trend shows a stable behavior of the rates for all detectors within statistical uncertainties.

y una matriz de polietileno de sección transversal ($45 \times 45 \text{ mm}^2$ y $180 \times 180 \text{ mm}^2$), ya en funcionamiento desde 2021.

Se sustituyó la configuración moderador externo/blindaje en detectores específicos del conjunto HENSA. La actualización mejora la resolución espectral de HENSA en la región por debajo de 20 MeV y debería permitir reducir las incertidumbres sistemáticas al reconstruir el espectro de neutrones.

El monitor ha funcionado sin problemas. La tendencia general muestra un comportamiento estable de las tasas para todos los detectores dentro de las incertidumbres estadísticas.



HENSA setup in hall B, next to ANAIS-112 experiment

EOI-27-2020 (NaI CGF)

The expression of interest aims to build and commission an underground facility to grow ultra-high radiopurity NaI(Tl) scintillators. The strategy is based on the work done at Princeton by the group of F. Calaprice in the framework of the SABRE experiment, which proved the feasibility to make a high-purity 5-kg scale NaI(Tl) detector and carried out measurements at the Gran Sasso Laboratory. The facility will be used to make detectors to search for dark matter in a model-independent approach. The synergy between the collaborations SABRE (LNGS) and ANAIS (LSC) is a unique opportunity to face the DAMA/LIBRA finding with the most ultra-low NaI(Tl) background detector. Therefore, this proposal also aims to merge the expertise from the two collaborations.

Preliminary tests based on zone refining (ZR) show that a detector with a factor of five lower background in the ROI can be produced. A system has been designed and built by Princeton University in collaboration with Mellen Company. During ZR, impurities are moved to one end of the ingot by a moving ring oven. Impurities concentration is lower in the solid than in the liquid, so the crystal is purified. There will be a region on one end of the crucible with lower temperature to let Pb compounds to precipitate before entering the zone refining. Specific goals include: 1) Run a few growth tests on surface at Princeton and make background measurements by ICP-MS and direct counting at Princeton and LSC/LNGS. 2) Move equipment underground at LSC and perform underground growth and measurements. 3) Based on previous steps results and on availability of underground space and funding, we aim to build and run an experiment with about 50 kg of ultra-high purity NaI(Tl) detectors.

La expresión de interés tiene como objetivo construir y poner en marcha una instalación subterránea para cultivar centelleadores de NaI(Tl) de ultra alta pureza. La estrategia se basa en el trabajo realizado en Princeton por el grupo de F. Calaprice en el marco del experimento SABRE, que demostró la viabilidad de fabricar un detector de NaI(Tl) de gran pureza a escala de 5 kg y realizó mediciones en el Laboratorio Gran Sasso. La instalación se utilizará para fabricar detectores para la búsqueda de materia oscura en un enfoque independiente del modelo. La sinergia entre las colaboraciones SABRE (LNGS) y ANAIS (LSC) es una oportunidad única para afrontar el hallazgo de DAMA/LIBRA con el detector de fondo de NaI(Tl) más ultrabajo. Por lo tanto, esta propuesta también tiene como objetivo fusionar la experiencia de las dos colaboraciones.

Las pruebas preliminares basadas en el refinamiento de zonas (ZR) muestran que se puede producir un detector con un factor de cinco menos de fondo en el ROI. La Universidad de Princeton ha diseñado y construido un sistema en colaboración con la empresa Mellen. Durante la ZR, las impurezas se trasladan a un extremo del lingote mediante un horno de anillo móvil. La concentración de impurezas es menor en el sólido que en el líquido, por lo que el cristal se purifica. Habrá una región en un extremo del crisol con una temperatura más baja para dejar que los compuestos de Pb se precipiten antes de entrar en la zona de refinado. Los objetivos específicos incluyen: 1) Realizar algunas pruebas de crecimiento en superficie en Princeton y hacer mediciones de fondo por ICP-MS y recuento directo en Princeton y LSC/LNGS. 2) Trasladar el equipo al subsuelo en LSC y realizar crecimientos y mediciones subterráneas. 3) Basándonos en los resultados de los pasos anteriores y en la disponibilidad de espacio subterráneo y de financiación, pretendemos construir y realizar un experimento con unos 50 kg de detectores de NaI(Tl) de pureza ultra alta.

EOI-28-2021 (NEXT-HD)

The fourth phase of the NEXT program is called NEXT-HD, for which several possible technologies are being studied, and a baseline concept has been outlined. The design goal of NEXT-HD is not only to increase the isotopic mass of ^{136}Xe very substantially beyond that of NEXT-100, but also to achieve “Higher Definition” of the tracking technology by reducing electron diffusion using gaseous additives, or improving the granularity of the tracking system, or both.

Exploration of gas mixtures involving either molecular or noble additives, and tracking technologies involving either dense SiPM planes or high-speed cameras, are ongoing for NEXT-HD within the NEXT collaboration.

La cuarta fase del programa NEXT se denomina NEXT-HD, para la que se están estudiando varias tecnologías posibles y se ha esbozado un concepto de base. El objetivo del diseño de NEXT-HD no es sólo aumentar la masa isotópica del ^{136}Xe por encima de la de NEXT-100, sino también lograr una “mayor definición” de la tecnología de seguimiento reduciendo la difusión de electrones mediante aditivos gaseosos, o mejorando la granularidad del sistema de seguimiento, o ambas cosas.

En el marco de la colaboración NEXT, se están explorando mezclas de gases con aditivos moleculares o nobles y tecnologías de seguimiento con planos SiPM densos o cámaras de alta velocidad.

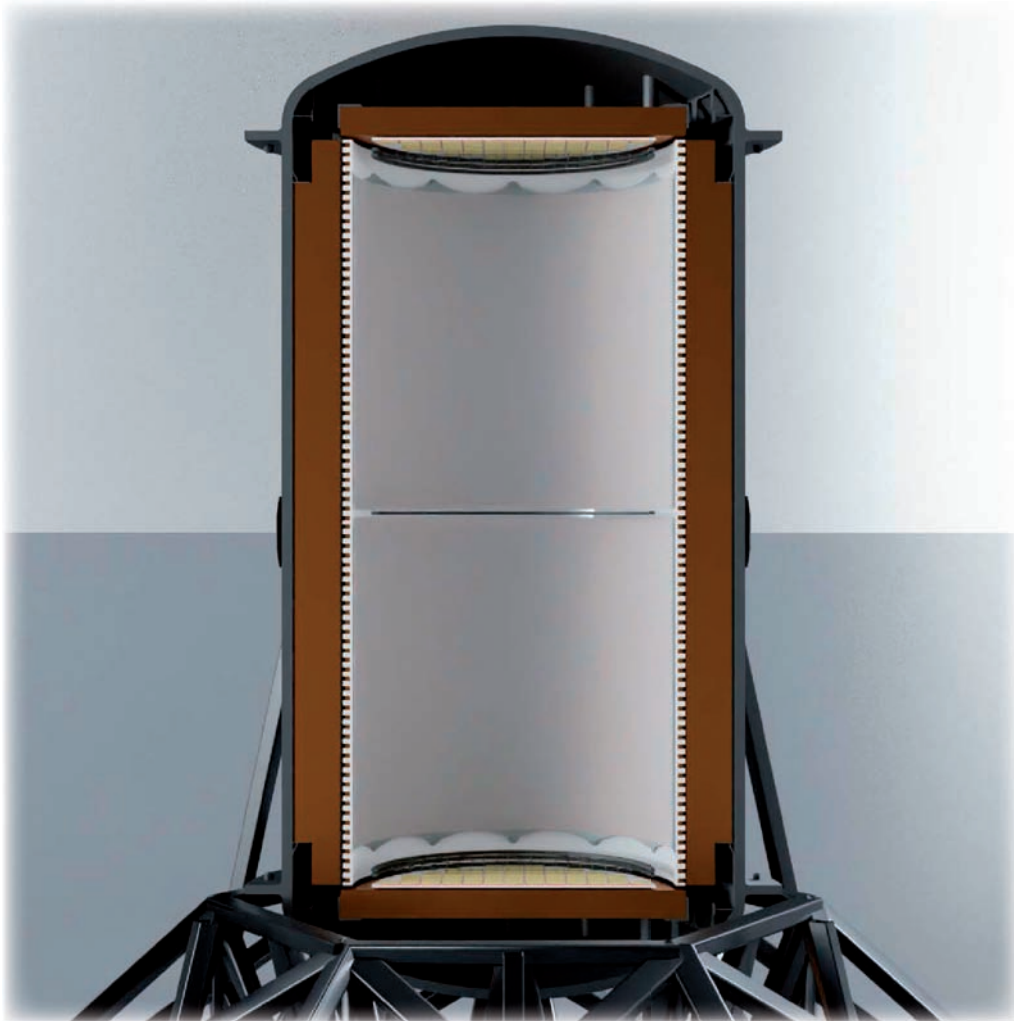


Image of the NEXT-HD detector in its vertical orientation. NEXT-HD will have two identical sensor planes with SiPMs mounted on ultrapure substrates.

EOI-31-2021 (CADEx)

The Canfranc Axion Detection Experiment (CADEx) collaboration is building a new experiment to detect axion particles in the mass range 330-460 μeV .

CADEx is an ambitious and innovative project employing new technology to measure axion signatures with a frequency of 90 GHz. For this purpose, the experiment will employ a microwave resonant cavity haloscope in a magnetic field inside a dilution refrigerator (at mK temperatures).

EOI-31-2021 (CADEx)

El Experimento de Detección de Axiones de Canfranc (CADEx) está diseñado para detectar axiones en el rango de masas de 330-460 μeV .

CADEx es un proyecto ambicioso e innovador que emplea una nueva tecnología para medir la señal del axión en 90 GHz. Para ello, el experimento empleará una cavidad resonante de microondas (haloscopio) en un campo magnético dentro de un refrigerador de dilución (temperaturas de mK).

EOI-31-2021 (MODERN)

A world-wide consensus exists that deep geological disposal is the best option for the safe confinement of spent nuclear fuel and long-lived radioactive waste.

This proposal is based on wireless transmission of geotechnical data through clay rocks. Through its works, it aims to achieve a wireless monitoring system capable of operating with the measurement instrumentation commonly used for monitoring the main geotechnical parameters that are relevant for the operation of the future nuclear waste repository.

EOI-31-2021 (MODERN)

Existe un consenso mundial de que el almacenamiento geológico profundo es la mejor opción para el confinamiento de los residuos radiactivos de larga duración del combustible nuclear.

Esta propuesta se basa en la transmisión inalámbrica de datos geotécnicos a través de rocas arcillosas. Se pretende conseguir un sistema de monitorización inalámbrico para la instrumentación de medida utilizada en el seguimiento de los parámetros geotécnicos relevantes en la operación del futuro almacén de residuos nucleares.

EOI-37-2022 (LiquidO)

The LiquidO detector concept is a new particles detection technology which uses opaque liquid scintillator, with a very short scattering length and an intermediate absorption length, doped with isotopic ^{130}Te . To extract the light, a lattice fiber runs through the scintillator. LiquidO technique provides high-resolution imaging that would enable highly efficient identification of individual particles event-by-event. The collaboration (ICJLab, CENBG, Subatech, Ciemat, University of Zaragoza, Queen's University) aims to yield an R&D double beta decay program to characterize cosmogenic and radiogenic background suppression by this novel concept.

EOI-37-2022 (LiquidO)

LiquidO es una nueva tecnología de detección de partículas que utiliza un centelleador líquido opaco, longitud de dispersión muy corta y longitud de absorción intermedia, dopado con ^{130}Te isotópico. La luz se extrae con una red de fibras a través del centelleador. La técnica proporciona imágenes de alta resolución, con una identificación muy eficiente de partículas individuales en cada suceso. La colaboración (ICJLab, CENBG, Subatech, Ciemat, Universidad de Zaragoza, Queen's University) tiene como objetivo realizar un programa de I + D en desintegración beta doble, que permita caracterizar la supresión de fondo radiogénico y cosmogénico en este novedoso concepto.

PUBLICATIONS 2023 / PUBLICACIONES 2023

NEXT, a neutrinoless double beta decay experiment

NEXT Collaboration • Miryam Martínez-Vara (Basque U., San Sebastian and Valencia U., IFIC) for the collaboration. (Dec 14, 2023)

Published in: PoS EPS-HEP2023 (2024) 169 • Contribution to: EPS-HEP2023, 169

Status of the HENSA collaboration at the Canfranc Underground Laboratory: results from two years measurements of the neutron flux in hall B

Nil Mont Geli, Ariel Tarifeño-Saldivia, Guillem Cortés, Jose Luis Tain, Marcel Grieger et al. (Dec 12, 2023)

Published in: PoS TAUP2023 (2024) 312 • Contribution to: TAUP 2023, 312

Towards a fiber barrel detector for next-generation high-pressure gaseous xenon TPCs

NEXT Collaboration • S.R. Soleti(Donostia Intl. Phys. Ctr., San Sebastian) for the collaboration. (Dec 9, 2023)

Contribution to: LIDINE2023 • e-Print: 2312.05567 [physics.ins-det]

CLYC as a neutron detector in low background conditions

J. Plaza, V. Bécares, D. Cano-Ott, C. Gómez, T. Martínez et al. (Nov 17, 2023)

Published in: Eur.Phys.J.C 83 (2023) 11, 1049

Neutron calibrations in dark matter searches: the ANAIS-112 case

T. Pardo, J. Amaré, J. Apilluelo, S. Cebrián, D. Cintas et al. (Nov 13, 2023)

Contribution to: TAUP 2023 • e-Print: 2311.07290 [astro-ph.IM]

Demonstration of Event Position Reconstruction based on Diffusion in the NEXT-White Detector

NEXT Collaboration • J. Haefner(Harvard U.) et al. (Nov 6, 2023)

e-Print: 2311.03441 [physics.ins-det]

Design, characterization and installation of the NEXT-100 cathode and electroluminescence regions

NEXT Collaboration • K. Mistry(Texas U., Arlington) et al. (Nov 6, 2023)

e-Print: 2311.03528 [physics.ins-det]

ANAIS-112: updated results on annual modulation with three-year exposure

Iván Coarasa, Julio Amaré, Jaime Apilluelo, Susana Cebrián, David Cintas et al. (Nov 4, 2023)

Published in: PoS TAUP2023 (2024) 041 • Contribution to: TAUP 2023, 041, TAUP 2023 • e-Print: 2311.03392 [astro-ph.IM]

Material assay campaign of the DarkSide-20k experiment

DarkSide-20k Collaboration • Vicente Pseudo(Madrid, CIEMAT and LSC, Canfranc) for the collaboration. (Sep 5, 2023)

Published in: AIP Conf.Proc. 2908 (2023) 1, 080001 • Contribution to: LRT 2022

Test of ^{116}Cd and ^{116}W scintillating bolometers in the CROSS underground facility with upgraded detector suspension

CROSS Collaboration • A. Ahmine(SIMAP, Grenoble) et al. (Jul 27, 2023)

Demonstration of neutrinoless double beta decay searches in gaseous xenon with NEXT.

NEXT Collaboration - e-Print: 2305.09435 [nucl-ex]

NEXT-CRAB-0: A High-Pressure Gaseous Xenon Time Projection Chamber with a Direct VUV Camera Based Readout.

NEXT Collaboration - e-Print: 2304.06091 [physics.ins-det]

$^{100}\text{depl}\text{Mo}$ Scintillating Bolometers for Rare-Event Search Experiments

Iulian C. Bandac(LSC, Canfranc) et al. - e-Print: 2304.13100 [physics.ins-det]

A Compact Dication Source for Ba^{2+} Tagging and Heavy Metal Ion Sensor Dev.

NEXT Collaboration, e-Print: 2303.01522.

Cosmic Background Neutrinos Deflected by Gravity: DEMNUni Simulation Analysis.

B, Hernández, C, Carbone, R, Jimenez and C, Peña Garay, e-Print: 2301.12430.

Thermal Neutral Background at Laboratorio Subterráneo de Canfranc.

J. Plaza et al, Astropart. Phys. 146 (2023) 102793.

GOVERNING BODIES / ORGANOS DE GOBIERNO

Governing Council/Consejo Rector

Eva Ortega-Paño, Secretaria General de Investigación (Presidenta)
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

M^a Pilar Gayán Sanz, Directora general de Ciencia e Investigación
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

Rosa María Bolea Bailo, Vicerrectora de Política Científica
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

Ángela Fernández Curto, Subdirectora General Adjunta de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Jose Ignacio Doncel Morales, Subdirector General de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Manuel Magdaleno Peña, Secretario General Técnico del Departamento de Educación, Ciencia y Universidades
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

Gloria Cuenca Bescós, Vicerrectora de Transferencia e Innovación Tecnológica
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

Executive Committee / Comisión Ejecutiva

Ángela Fernández Curto, Subdirectora General Adjunta de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Francisco Herrada Martín, Jefe del Área de la Subdirección General Adjunta de Grandes Instalaciones Científico-Técnicas
Ministry of Science and Innovation / Ministerio de Ciencia e Innovación

Manuel Magdaleno Peña, Secretario General Técnico del Departamento de Educación, Ciencia y Universidades
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

M^a Pilar Gayán Sanz, Directora general de Ciencia e Investigación
Government of Aragon / Gobierno de Aragón

Rosa María Bolea Bailo, Vicerrectora de Política Científica
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

Eduardo García Abancéns, Delegado del Rector para el LSC
University of Zaragoza / Universidad de Zaragoza

SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE / COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

Teresa Marrodan (Chair) - Max-Planck-Institut für Kernphysik (Germany)

Frank T. Avignone - University of South Carolina (USA)

Federica Petricca - Max-Planck-Institut für Physik (Germany)

Filippo Resnati- CERN, Geneva (Switzerland)

Paul Soler-Jermyn – University of Glasgow (Scotland)

Gabriella Catanesi - INFN, Bari (Italy)

Carlos Lacasta - CSIC, Inst. de Física Corpuscular, Valencia (Spain)

Olof Tengblad – CSIC, Madrid (Spain)

Victoria Ley Vega - CSIC, Madrid (Spain)

Pilar Hernández - FPA Programme Manager, Valencia (Spain)

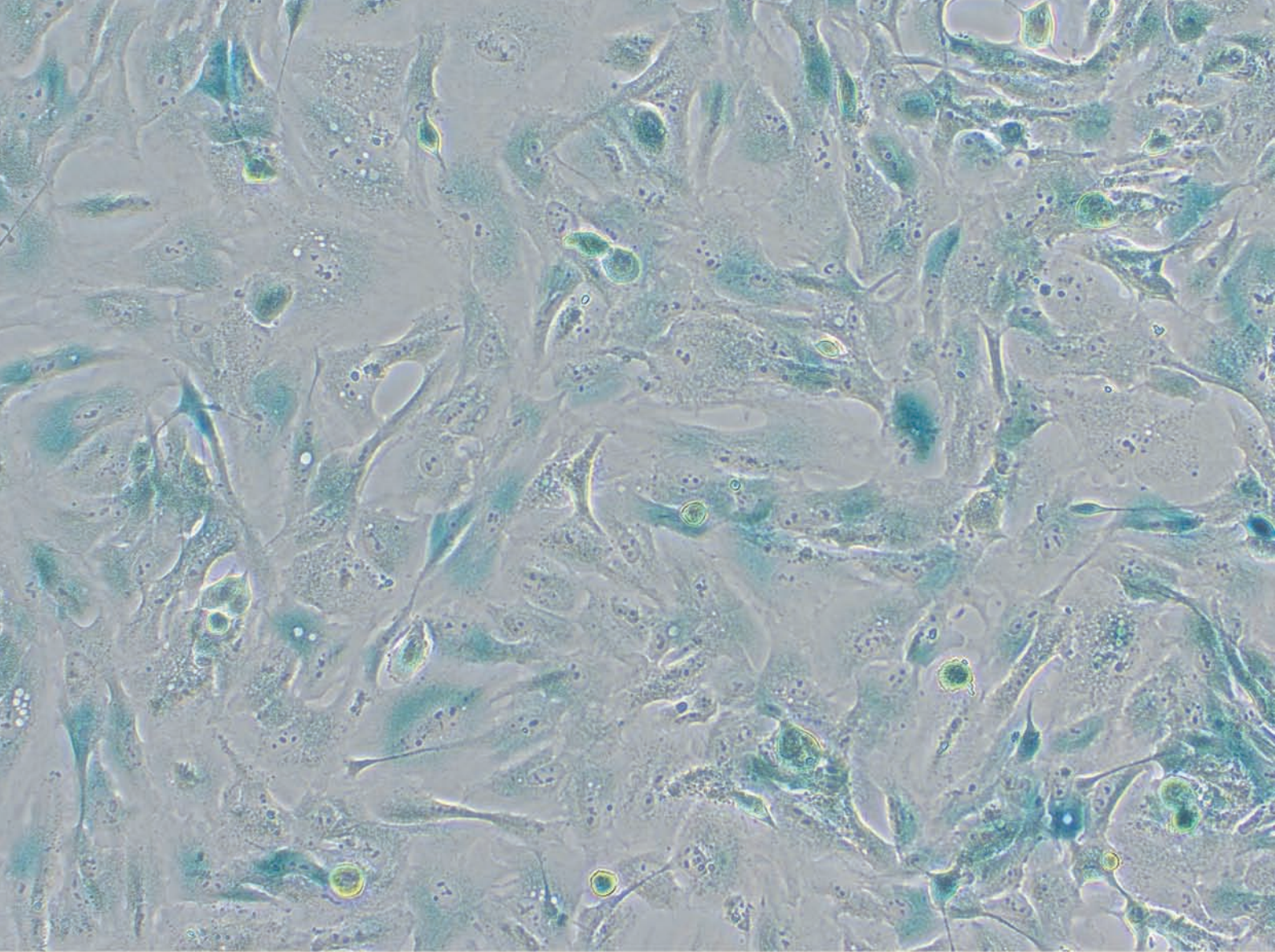
Acknowledgments / Agradecimientos

The LSC would like to thank the Spanish Ministry of Science and Innovation, the Government of Aragón and the University of Zaragoza for providing the financial support without which it could not pursue its mission of fundamental research and outreach.

The LSC would also like to thank the Major of Canfranc and the Somport Tunnel Control Centre for the positive collaboration.

El LSC agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación, al Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza su apoyo financiero sin el cual no podría perseguir su misión de investigación y divulgación.

El LSC también quiere agradecer al alcalde de Canfranc y al Centro de Control del Túnel de Somport su positiva colaboración.



Laboratorio
Subterráneo
Canfranc



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



FEDER

Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

UNIÓN EUROPEA
"Una manera de hacer Europa"



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Universidad
Zaragoza