



# EL ESLABÓN NECESARIO THE NECESSARY LINK





## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
La energía de fusión .....	6
EL CAMINO A LA FUSIÓN .....	8
El camino a la fusión.....	8
¿Qué es ITER?.....	10
Las futuras instalaciones de fusión.....	12
IFMIF-DONES: EL ESLABÓN NECESARIO .....	14
Por qué IFMIF-DONES.....	14
Qué es IFMIF-DONES.....	16
Cómo es el acelerador de partículas.....	18
IFMIF-DONES: Importancia en otras áreas científicas .....	20

## CONTENTS

INTRODUCTION.....	5
Fusion energy.....	7
THE ROAD TO FUSION .....	9
The road to fusion .....	9
What is ITER?.....	11
Future fusion facilities.....	13
IFMIF-DONES: THE NECESSARY LINK.....	15
Why IFMIF-DONES.....	15
What is IFMIF-DONES.....	17
How does the particle accelerator look?.....	19
IFMIF-DONES: importance in other scientific areas.....	21



## INTRODUCCIÓN

La energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos.

La energía es, por tanto, una magnitud física que puede manifestarse de distintas formas: potencial, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc.

La energía hace que las cosas sucedan. Cada uno de los cambios que ocurren en el Universo precisan del concurso de la energía en sus variadas formas. Todos los seres vivos crecen y se desarrollan gracias a ella: las máquinas la necesitan para funcionar; todo lo que hay a nuestro alrededor existe como resultado de la acción de alguna fuente de energía.



Actualmente, obtener energía limpia e ilimitada es uno de los mayores retos de la Humanidad.



Y en el Sol podemos encontrar una respuesta a ese enorme desafío. En el interior de las estrellas se producen las reacciones de fusión gracias a las cuales se obtiene mucha energía, y eso es lo que se busca reproducir en la tierra.

El camino hacia la fusión está lleno de retos científicos y de dificultades tecnológicas, pero es un camino que merece la pena porque la fusión es una fuente de energía limpia, segura y prácticamente ilimitada.

**Te invitamos a que nos acompañes en este apasionante viaje.**

Entra y conoce la energía que cambiará el mundo

Come in and learn about the energy that will change the world

## INTRODUCTION

Energy is the capacity of bodies to perform work and produce changes in themselves or other bodies.

Energy is, therefore, a physical property that can manifest itself in different forms: potential, kinetic, chemical, electrical, magnetic, nuclear, radiant, etc.

Energy makes things happen. Each of the changes that occur in the Universe requires the assistance of power in its various forms. All living things grow and develop thanks to it: machines need it to work; everything around us exists because of the action of some source of energy.

Obtaining clean and unlimited energy is one of humankind's most significant challenges.



And in the Sun, we can find an answer to this enormous challenge. In the inside of the stars, fusion reactions produce a lot of energy, and this is what we are trying to reproduce on Earth.



The road to fusion is full of scientific challenges and technological difficulties. Still, it is a worthy path because fusion is a clean, safe and virtually limitless energy source.

**We invite you to join us on this exciting journey.**

Entra y conoce cómo IFMIF-DONES ayudará a conseguirla

Come in and find out how IFMIF-DONES will help to achieve it



## LA ENERGÍA DE FUSIÓN

La energía de fusión es la fuente de energía del Sol y las estrellas.

La fusión es el proceso mediante el cual dos núcleos atómicos ligeros se combinan para formar un solo núcleo más pesado, emitiendo al mismo tiempo enormes cantidades de energía. Las reacciones de fusión se producen en un estado de la materia denominado plasma, en el que iones y electrones se mueven libremente formando un conjunto neutro. Tiene unas propiedades únicas que lo distinguen de los sólidos, los líquidos y los gases.

Las reacciones de fusión producen una cantidad de energía muy elevada, y esa energía es la que queremos obtener en la Tierra.

### LA FUSIÓN ES:

**1** **SEGURA,**  
si en el proceso algo falla, se detendría de forma natural, no originando reacciones en cadena.

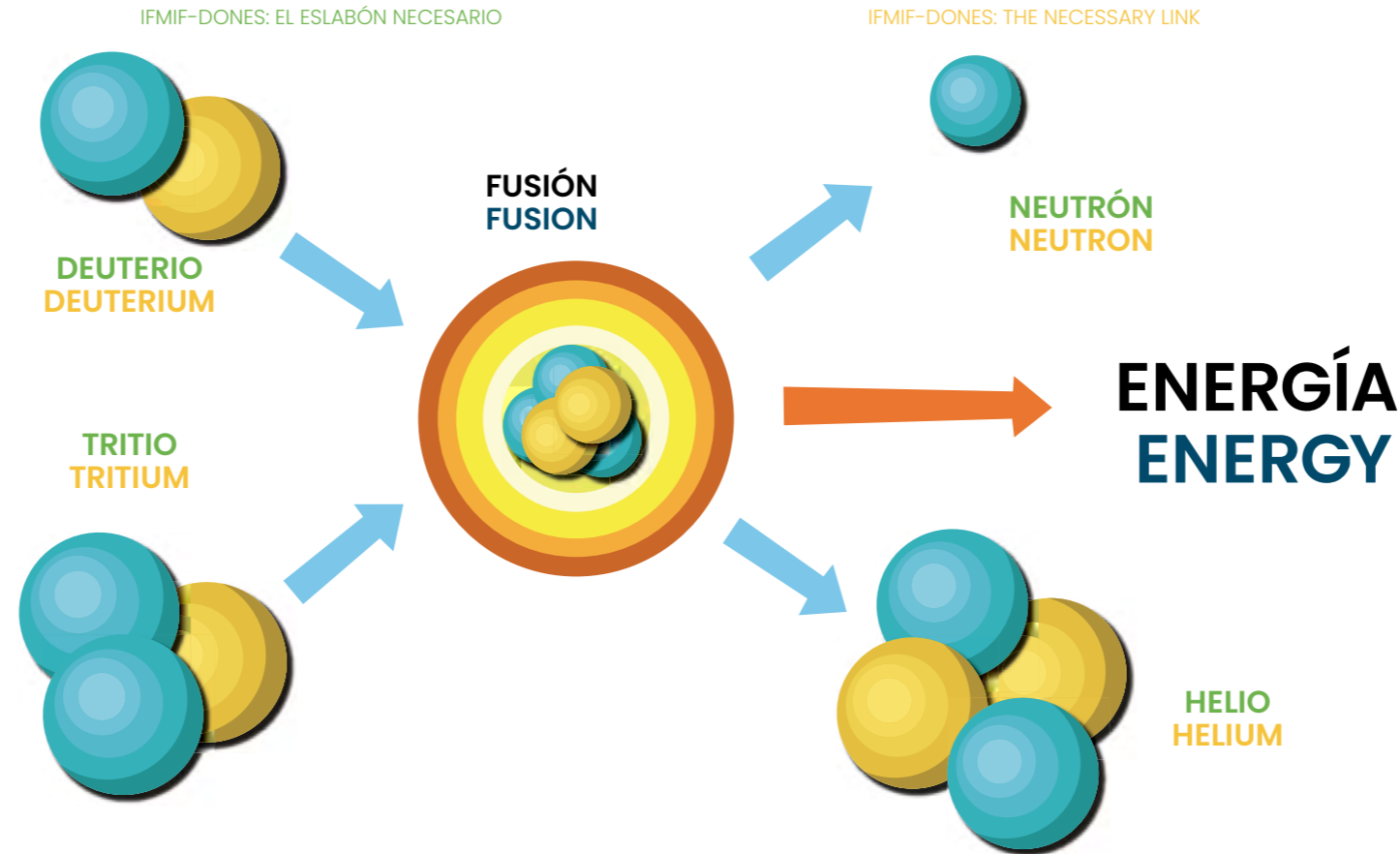
**2** **RESPETUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE**  
y no contribuye al efecto invernadero. No genera residuos radiactivos de alta actividad.

**3** **CASI ILIMITADA,**  
porque los combustibles que necesita pueden obtenerse incluso del agua del mar, y además se necesita muy poca cantidad para obtener mucha energía.

**1** **SAFE,**  
if something goes wrong, it would stop naturally, not cause chain reactions.

**2** **ENVIRONMENTALLY FRIENDLY**  
and does not contribute to the greenhouse effect. It does not generate high-level radioactive waste.

**3** **ALMOST UNLIMITED**  
because the fuels it needs can even be obtained from seawater, and very little fuel is needed to obtain a lot of energy.



## FUSION ENERGY

Fusion energy is the energy source of the Sun and stars.

Fusion is the process by which two light atomic nuclei combine to form a single heavier nucleus while emitting enormous amounts of energy. Fusion reactions produce a state of matter called plasma, in which ions and electrons move freely in a neutral ensemble. It has unique properties that distinguish it from solids, liquids and gases.

Fusion reactions produce a very high amount of energy, and that energy is what we want to obtain on Earth.

### FUSION IS:

**1** **SAFE,**  
if something goes wrong, it would stop naturally, not cause chain reactions.

**2** **ENVIRONMENTALLY FRIENDLY**  
and does not contribute to the greenhouse effect. It does not generate high-level radioactive waste.

**3** **ALMOST UNLIMITED**  
because the fuels it needs can even be obtained from seawater, and very little fuel is needed to obtain a lot of energy.





# EL CAMINO A LA FUSIÓN

## EL CAMINO A LA FUSIÓN

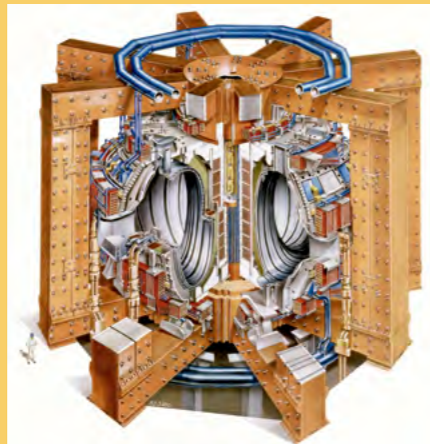
Desde mediados del S. XX se han puesto en marcha distintas estrategias para la obtención de electricidad gracias a la energía de fusión, ya sea por confinamiento inercial o magnético. Las investigaciones y desarrollos tecnológicos han situado al ser humano a poca distancia de la meta, que pretendemos alcanzar a mediados del S.XXI.

En estos 100 años muchos son los proyectos, experimentos y dispositivos que nos han permitido avanzar.

### JET

Puesto en marcha en 1984. Es un punto central del programa europeo de investigación sobre la fusión. Está ubicado en Culham, a las afueras de Oxford, en el Reino Unido.

Commissioned in 1984. Is a focal point of the European fusion research programme. It is located at Culham, just outside Oxford, in the UK.



### ITER

Cuando esté en operación será el dispositivo de fusión más importante del mundo. Más de la mitad de la Humanidad participamos en el proyecto. Está situado en Cadarache (Francia)

When it is in operation, it will be the world's largest fusion device. More than half of humanity is involved in the project. It is located in Cadarache (France).

# THE ROAD TO FUSION

## THE ROAD TO FUSION

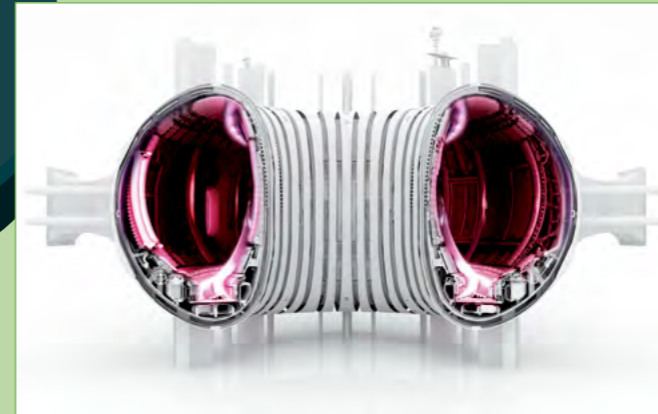
Since the mid-20th century, various strategies have been developed to obtain electricity from fusion energy, either by inertial or magnetic confinement. Research and technological developments have brought humankind within touching distance of the goal we aim to achieve by the middle of the 21st century.

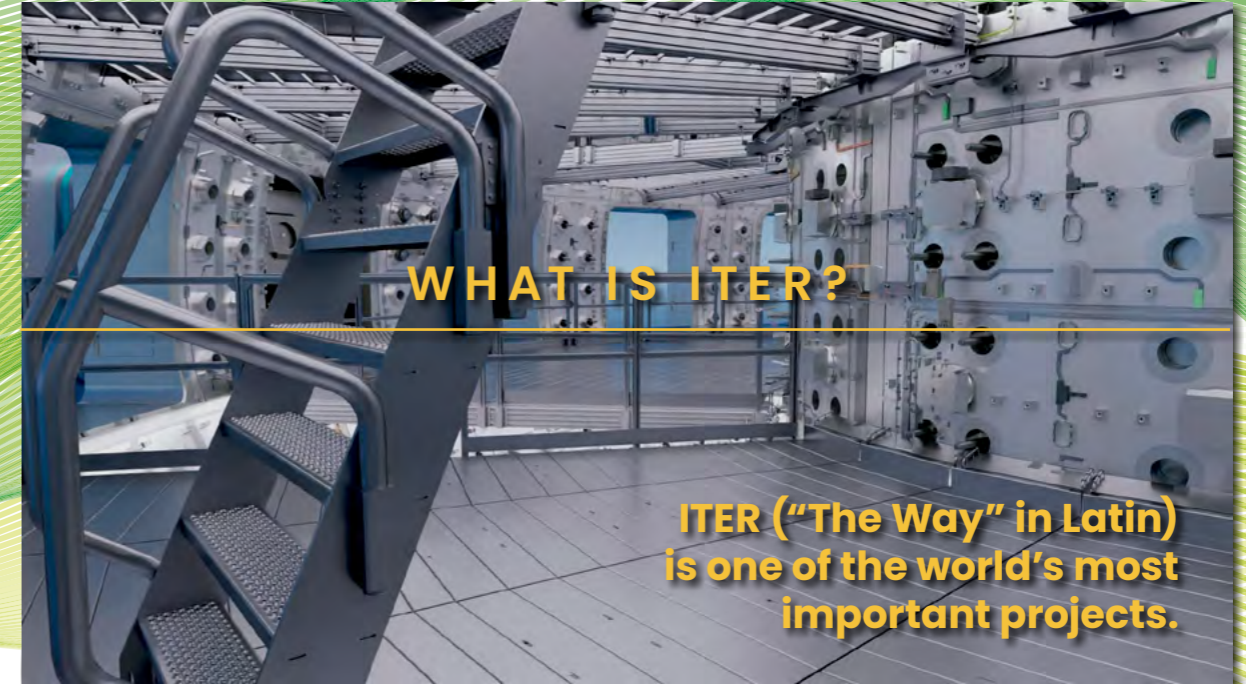
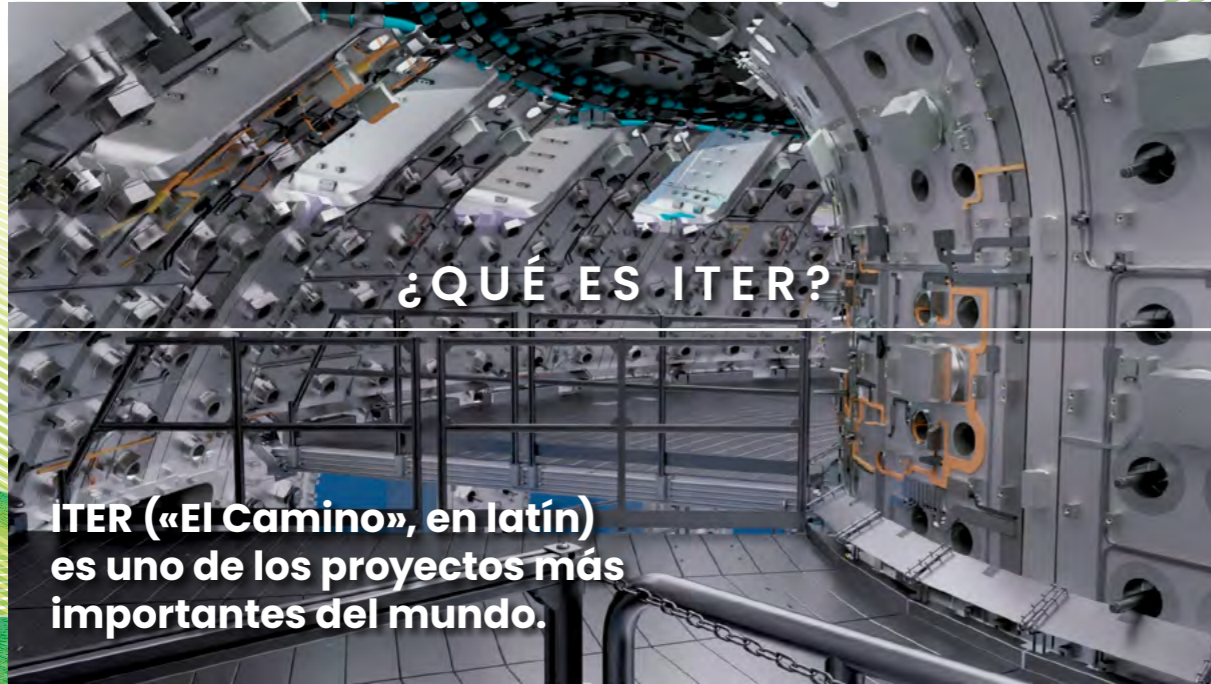
In the last 100 years, many projects, experiments, and devices have enabled us to make progress.

### DEMO

Será el paso siguiente a ITER y un "primer acercamiento" a un reactor comercial de fusión.

DEMO: it will be the next step after ITER and a "first approach" to a commercial fusion reactor.





En el sur de Francia, 35 naciones están colaborando para construir el tokamak más grande del mundo, un dispositivo de fusión magnética que ha sido diseñado para demostrar la viabilidad de la fusión como una fuente de energía a gran escala y libre de carbono, basada en el mismo principio que alimenta nuestro Sol y estrellas.

Las campañas experimentales que se llevará a cabo en ITER es crucial para avanzar en la ciencia de la fusión y preparar el camino para las futuras plantas de energía de fusión.

In southern France, 35 nations are collaborating to build the world's largest tokamak. This magnetic fusion device is designed to demonstrate the feasibility of fusion as a large-scale, carbon-free energy source based on the same principle that powers our Sun and stars.

The experimental campaigns to be carried out at ITER is crucial to advance fusion science and pave the way for future fusion power plants.



## LAS FUTURAS INSTALACIONES DE FUSIÓN

### LA CENTRAL ELÉCTRICA DE DEMOSTRACIÓN: DEMO

La central de demostración (DEMO) será la sucesora de ITER. Con la transición de ITER a DEMO, la fusión pasará de ser un ejercicio impulsado por la ciencia y basado en laboratorios a un **programa impulsado por la industria y la tecnología**. Un criterio clave para DEMO es la producción de electricidad, aunque no al precio y las cantidades de las centrales comerciales. **Sentar las bases de DEMO es el objetivo del Programa Tecnológico de Fusión EUROfusion.**

Los actuales experimentos de fusión se diseñaron principalmente para investigar la física del plasma. Sin embargo, DEMO debe demostrar las tecnologías necesarias no sólo para controlar un plasma más potente que el que ha existido hasta ahora, sino también para **generar electricidad de forma segura y constante, así como para realizar un mantenimiento regular, rápido y fiable de la planta**. El diseño de una planta de este tipo debe tener en cuenta no sólo los requisitos físicos, sino también las limitaciones tecnológicas y de ingeniería.



## FUTURE FUSION FACILITIES

### THE DEMONSTRATION POWER PLANT: DEMO

The demonstration power plant (DEMO) will be the successor to ITER. With the transition from ITER to DEMO, fusion will move from a science-driven, laboratory-based exercise to an **industry- and technology-driven programme**. A key requirement for DEMO is electricity production, although not at the price and quantities of commercial power plants. **Laying the foundations for DEMO is the objective of the EUROfusion Technology Programme.**

Current fusion experiments are primarily designed to investigate plasma physics. However, DEMO must demonstrate the technologies needed not only to control a more powerful plasma than ever before but also to **generate electricity safely and continuously, as well as to perform regular, fast and reliable plant maintenance**. The design of such a plant must consider not only physical requirements but also technological and engineering constraints.



# IFMIF-DONES: EL ESLABÓN NECESARIO

## POR QUÉ IFMIF-DONES



Desde los inicios de los distintos programas que pretenden obtener electricidad a partir de la energía de fusión, la necesidad de contar con una fuente de neutrones para cualificar los materiales y otros componentes que se utilizarán en las futuras plantas de fusión ha sido ampliamente reconocida.

El programa de fusión se basa en tres pilares fundamentales: ITER, DEMO e IFMIF-DONES. Este último será una **instalación científica**

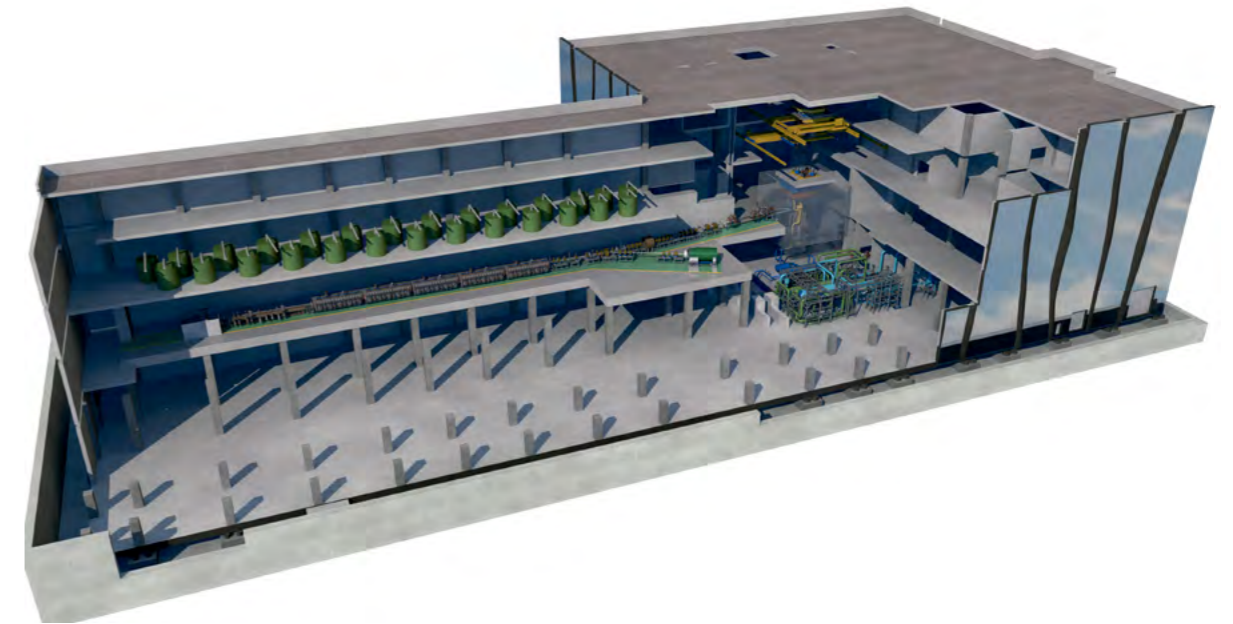
**internacional en la que se pretende generar una fuente de neutrones de cara al estudio de los materiales a usar en los futuros reactores de fusión.**

Esta instalación proporcionará a DEMO los datos necesarios sobre los materiales a usar para su construcción.

Por ello, la construcción y puesta en marcha de IFMIF-DONES debe producirse lo antes posible.

# IFMIF-DONES: THE NECESSARY LINK

## WHY IFMIF-DONES



Since the beginning of the various programmes aimed at obtaining electricity from fusion energy, the need for a neutron source to qualify the materials and other components to be used in future fusion plants has been widely recognised.

The fusion programme is based on three main pillars: ITER, DEMO and IFMIF-DONES. The latter

will be an **international scientific facility that generates a neutron source to study materials for future fusion reactors.**

This facility will provide DEMO with the necessary data on the materials for its construction.

The construction and commissioning of IFMIF-DONES should therefore occur as soon as possible.





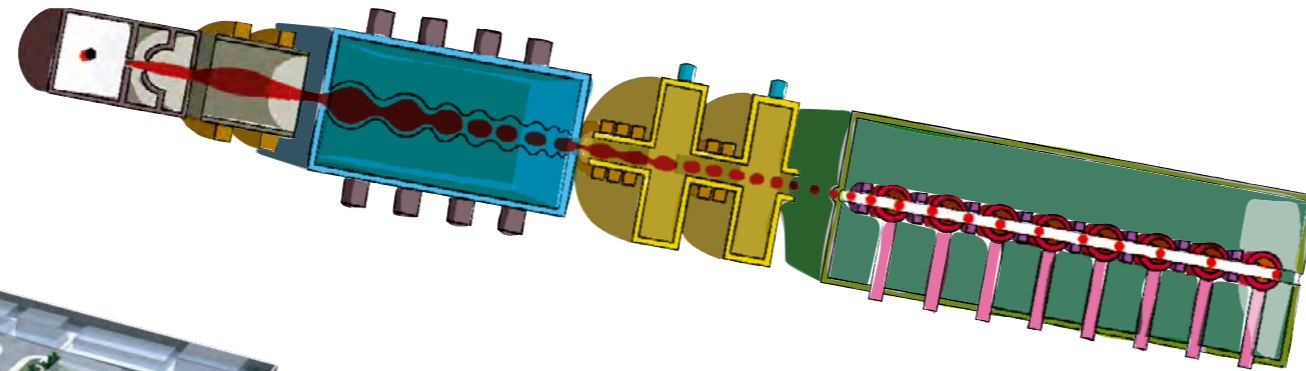
## QUÉ ES IFMIF-DONES

La Infraestructura Científica IFMIF-DONES será una instalación que contará con los edificios y sistemas necesarios para albergar y poner en funcionamiento una fuente de neutrones.

Estará basada en un conjunto de sistemas (Acelerador, Litio, Test...) con los que se conseguirá producir neutrones de alta energía, a una

intensidad y volumen suficientes con el que podrá simular el flujo de neutrones que se producirá en la primera pared de los futuros reactores de fusión.

### ACELERADOR ACCELERATOR



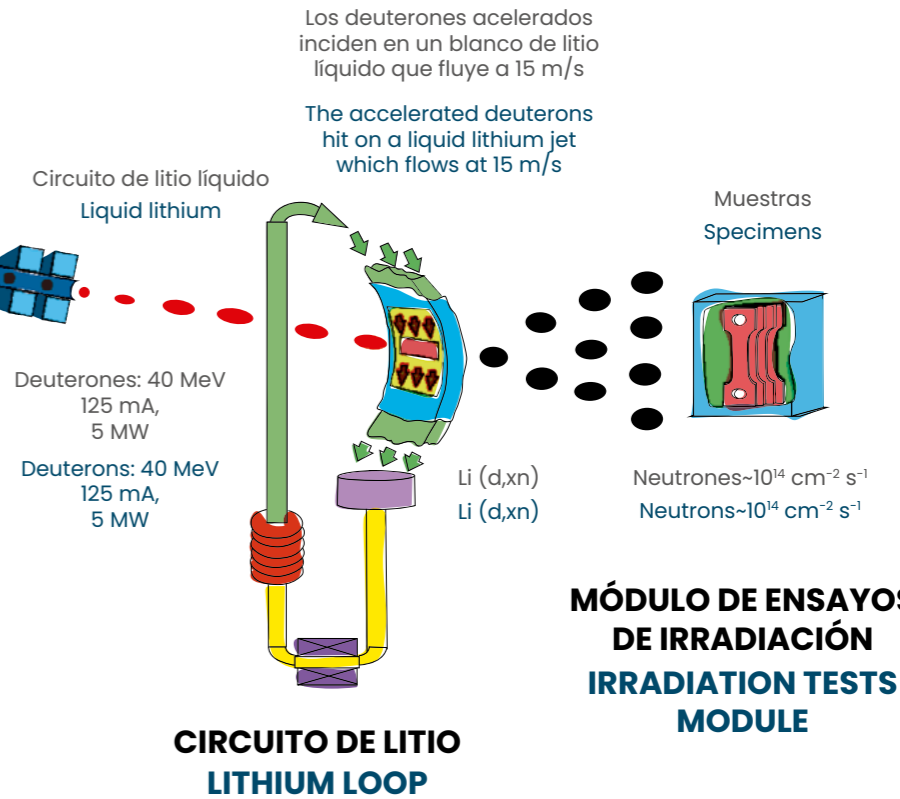
IFMIF-DONES será una instalación única a nivel internacional.

## WHAT IS IFMIF-DONES

The IFMIF-DONES Scientific Infrastructure will have the necessary buildings and systems to house and operate a Li-d neutron source.

It will be based on a set of systems (Accelerator, Lithium, Test...) to produce high-energy neutrons

at a sufficient intensity and volume to simulate the neutron flux that will be produced in the first wall of future fusion reactors.



IFMIF-DONES will be an internationally unique facility.





## CÓMO ES EL ACELERADOR DE PARTÍCULAS



IFMIF-DONES cuenta entre sus equipos con una máquina única en el mundo: un **acelerador de partículas muy especial, uno de los más potentes del mundo**. Será un dispositivo de forma lineal que utilizará campos electromagnéticos para acelerar muchas partículas cargadas (deuterones) a altas velocidades.



El acelerador de partículas que hay en IFMIF-DONES producirá un haz de deuterones de 125 mA, acelerando hasta 40 MeV de energía. Ese haz impactará sobre una cortina de litio de 25 mm de espesor, que estará fluyendo a 15 m/s.



El choque de los deuterones y la cortina de litio creará la magia: generar un gran número de neutrones que irradiarán las muestras de materiales ubicadas inmediatamente detrás de dicho blanco. **Aceleramos partículas para crear neutrones.**



## HOW DOES THE PARTICLE ACCELERATOR LOOK?



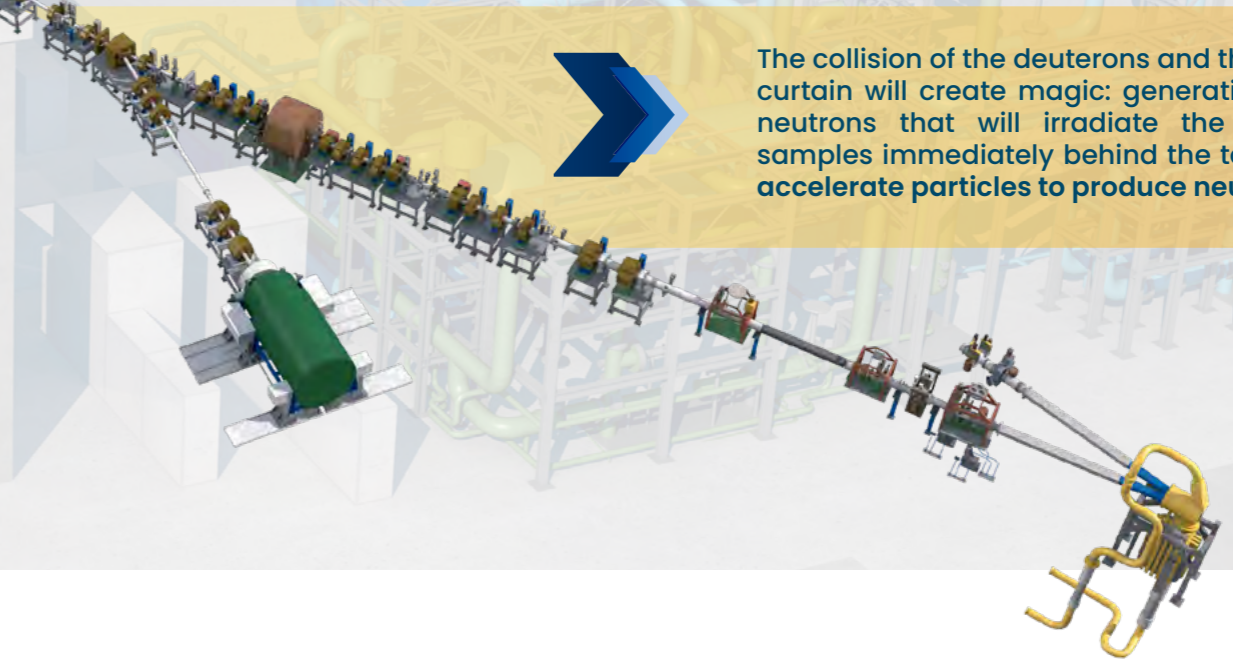
IFMIF-DONES has among its equipment a machine that is unique in the world: an **exceptional particle accelerator, one of the most powerful in the world**. It will be a linear-shaped device using electromagnetic fields to accelerate many charged particles (deuterons) to high speeds.



The particle accelerator at IFMIF-DONES will produce a 125 mA beam of deuterons, accelerating up to 40 MeV of energy. This beam will hit a 25 mm-thick lithium curtain, flowing at 15 m/s.



The collision of the deuterons and the lithium curtain will create magic: generating many neutrons that will irradiate the material samples immediately behind the target. **We accelerate particles to produce neutrons.**





## IFMIF-DONES: IMPORTANCIA EN OTRAS ÁREAS CIENTÍFICAS

Además de su aportación para el desarrollo de la fusión como fuente de energía, **IFMIF-DONES también será muy relevante en otras áreas de investigación y del conocimiento** que podrían beneficiarse de su tecnología: Medicina, Física de partículas, Física básica, industria, etc.

Sirva como ejemplo el nuevo marco de I+D+i que IFMIF-DONES proporciona sobre la producción de radioisótopos para facilitar tanto el **diagnóstico médico como el tratamiento del cáncer y enfermedades cardiovasculares**.

Por ello, la construcción y puesta en marcha de IFMIF-DONES debe producirse lo antes posible.

### APLICACIONES POTENCIALES

- ▶ Medicina
- ▶ Industria
- ▶ Física de partículas
- ▶ Física básica.



## IFMIF-DONES: IMPORTANCE IN OTHER SCIENTIFIC AREAS

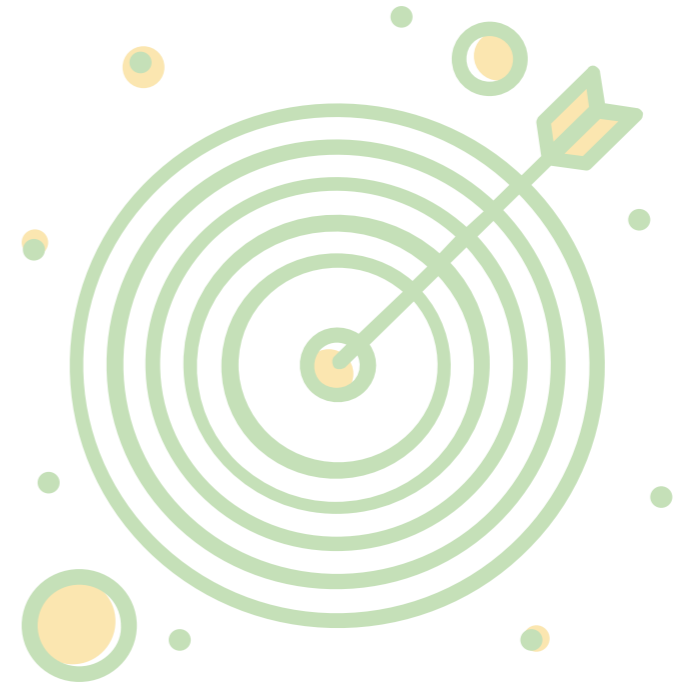
In addition to its contribution to the development of fusion as an energy source, **IFMIF-DONES will also be very relevant in other areas of research and knowledge** that could benefit from its technology: medicine, particle physics, essential physics, industry, etc.

An example is the new R&D&I framework provided by IFMIF-DONES on producing radioisotopes to facilitate **medical diagnosis and the treatment of cancer and cardiovascular diseases**.

IFMIF-DONES should, therefore, be built and put into operation as soon as possible.

### POTENTIAL APPLICATIONS

- ▶ Health sector
- ▶ Industry
- ▶ Particle Physics
- ▶ Basic Physics.





THE KEY  
TO  
THE FUTURE