

Energía Nuclear

Miguel Villaplana Pérez

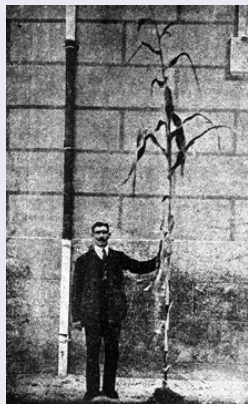
Miguel.Villaplana@ific.uv.es

Facultat de Física. Universitat de València

27 de enero de 2008

Energía nuclear y medio ambiente

Un buen comienzo



004428

AGUA DE VALDEMORILLO

Manantial LOS BARRANCOS
(Provincia de Madrid)

Bicarbonatado sódica, litúnea, variedad nitrogenada sulfúrica.

La más radiactiva del mundo: 50.000 voltios hora-litro.

Declarada de utilidad pública por Real orden de 19 de Noviembre de 1915.

Medalla de Plata en la Exposición antes al IX Congreso Internacional de Hidrología, Climatología y Geología.

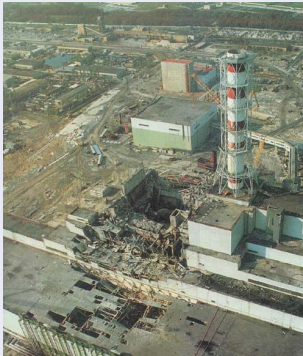
↑ Arriba En la década de 1910 balnearios y aguas minerales utilizan la radioactividad como reclamo publicitario. El Laboratorio de Radiactividad se labró un espacio institucional privilegiado ofreciendo certificaciones sobre la radioactividad de las aguas.

← Izquierda La radio-agricultura fue la línea de investigación principal del Laboratorio en la década de 1910.

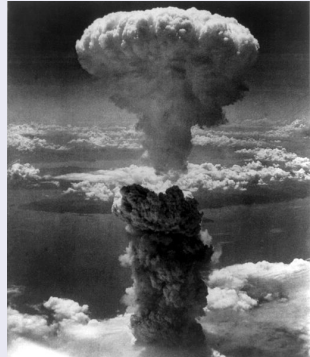
Energía nuclear y medio ambiente

La historia en contra

Chernobyl (1986)



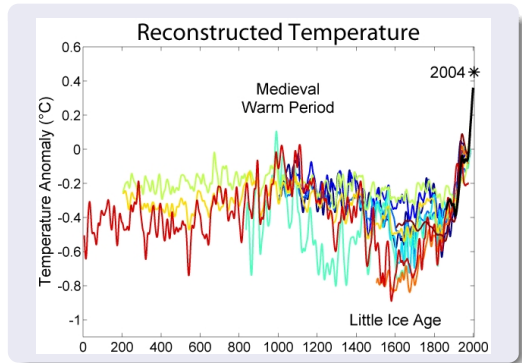
Hiroshima y Nagasaki (1945)



Energía nuclear y medio ambiente

Situación de emergencia planetaria

- Calentamiento global debido a la emisión de gases de efecto invernadero (CO_2)
- Fuerte dependencia de energías basadas en la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón)
- Demasiado pronto para las energías renovables: son caras y producen residuos
- La energía nuclear
 - Emite muy poco CO_2
 - Tratamiento de residuos
 - Futuro prometedor: reactores de IV Generación, fusión



Fisión Nuclear

Descubrimiento

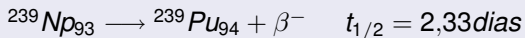
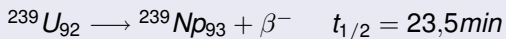
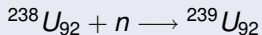
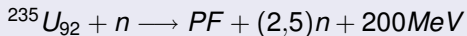
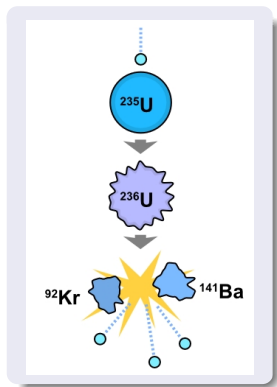
Otto Hahn, Lise Meitner y Fritz Strassmann (1938)

- Bombardearon uranio con neutrones
- Esperaban elementos con $A \approx A_U$
- Encontraron Ba



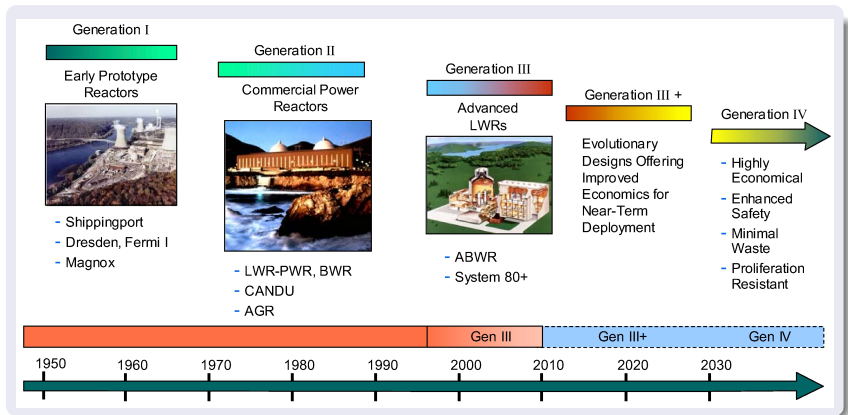
Fisión Nuclear

Reacción en cadena



Reactores Nucleares

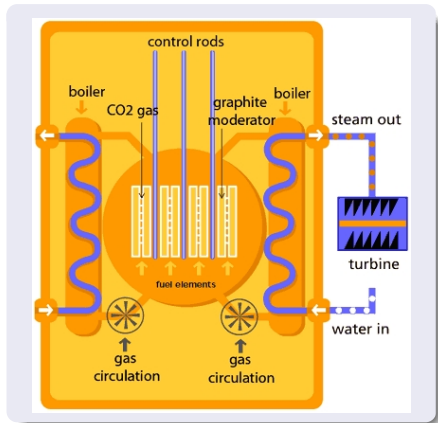
Evolución



Reactores Nucleares

Diseño básico

Fuel	Normalmente barras de UO_2
Moderador	Frena neutrones para favorecer la fisión.
Barras de control	Absorben neutrones para controlar la reacción.
Refrigerante	Líquido o gas que circula por el núcleo y se encarga de transferir el calor.



Reactores Nucleares

Modelos Actuales

Reactor type	Fuel	Coolant	Moderator
PWR	enriched UO_2	water	water
BWR	enriched UO_2	water	water
PHWR	natural UO_2	heavy water	heavy water
AGR	natural U (metal), enriched UO_2	CO_2	graphite
RBMK	enriched UO_2	water	graphite
FBR	PuO_2 and UO_2	liquid sodium	none

- Pressurised Water Reactor (PWR)
- Boiling Water Reactor (BWR)
- Pressurised Heavy Water Reactor 'CANDU' (PHWR)

- Gas-cooled Reactor (AGR)
- Light Water Graphite Reactor (RBMK)
- Fast Neutron Reactor (FNR)

Reactores Nucleares

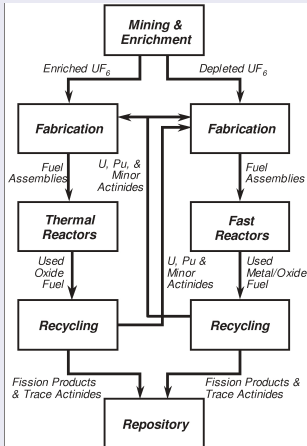
Plutonio

- ^{239}Pu se genera en reactores nucleares.
- 7-8 kg de plutonio sin quemar por tonelada de combustible gastado.
- ~ 25 % energía proviene del Pu.

Usos del Pu

- Sustituir al ^{235}U en el combustible nuclear. La mezcla $\text{UO}_2 + \text{PuO}_2$ se llama combustible MOX y se está utilizando ya en reactores nucleares.
- Ser el combustible de los reactores rápidos, donde sólo se usaría el ^{239}Pu como combustible.

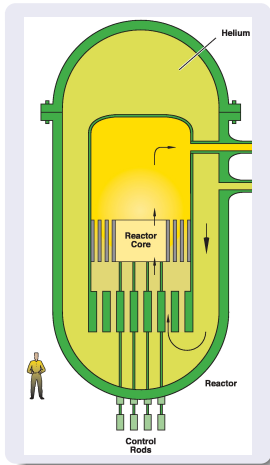
Reactores de IV Generación



- Sostenibilidad.
- Economía.
- Seguridad y confianza.
- Resistencia a la proliferación.

Reactores de IV Generación

Gas-Cooled Fast Reactor System



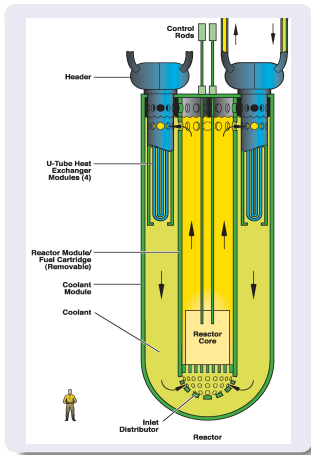
- Neutrones rápidos
- Ciclo cerrado de combustible on-site
- Previsto para 2025

Calificaciones

- Excelente Sostenibilidad
- Buena Seguridad, Economía y Antiproliferación

Reactores de IV Generación

Lead-Cooled Fast Reactor System



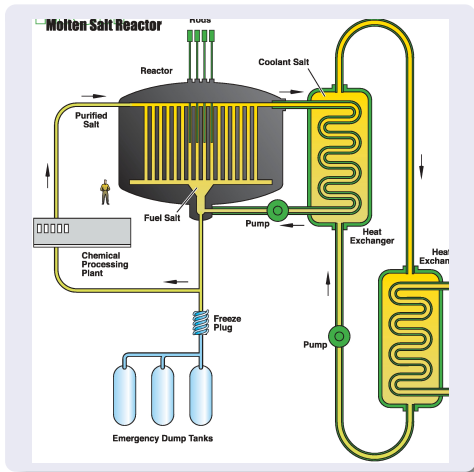
- Neutrones rápidos
- Ciclo cerrado de combustible on-site
- Núcleo de larga vida (10-30 años)
- Refrigerante prácticamente inerte
- Previsto para 2025

Calificaciones

- Excelente Sostenibilidad y Antiproliferación
- Bueno Seguridad, Economía.

Reactores de IV Generación

Molten Salt Fast Reactor System



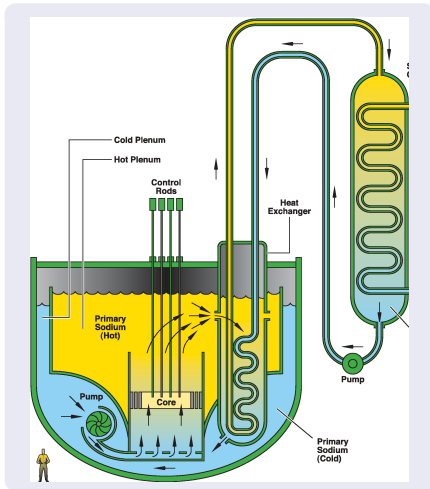
- Neutrones térmicos
- Ciclo cerrado de combustible on-site
- Combustible líquido
- Especialmente eficiente en la quema de residuos
- Previsto para 2025

Calificaciones

- Excelente Sostenibilidad
- Buena Seguridad y Antiproliferación
- Neutral Economía.

Reactores de IV Generación

Sodium-Cooled Fast Reactor System



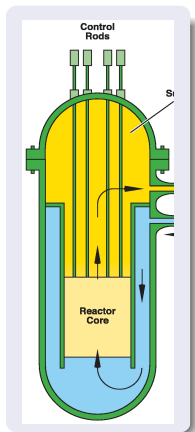
- Neutrones rápidos
- Ciclo cerrado de combustible on-site
- Eficaz en el tratamiento de actínidos
- Previsto para 2015

Calificaciones

- Excelente Sostenibilidad
- Buena Seguridad, Economía y Antiproliferación

Reactores de IV Generación

Supercritical-Water-Cooled Reactor System



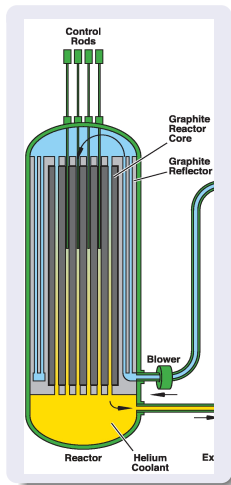
- Neutrones rápidos(térmicos)
- Ciclo cerrado(abierto) de combustible
- El refrigerante no cambia de fase en el reactor
- Previsto para 2025

Calificaciones

- Excelente Economía y Sostenibilidad
- Bueno Seguridad y Antiproliferación

Reactores de IV Generación

Very-High-Temperature Reactor System



- Neutrones térmicos
- Ciclo abierto de combustible
- Alta eficiencia en la producción de hidrógeno
- Previsto para 2020

Calificaciones

- Excelente Economía y Seguridad
- Bueno Antiproliferación
- Neutral Sostenibilidad

Reactores de IV Generación

Thorio como combustible nuclear

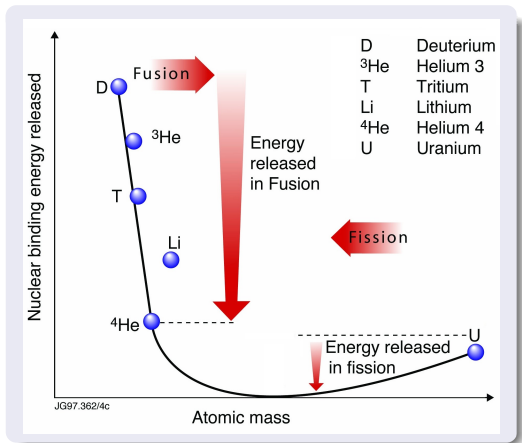


- El Th es un material no fisionable
 - Es más abundante, más eficiente y más seguro que el uranio
 - Los reactores que usan thorio producen menos plutonio
-
- ${}^{233}\text{U}$ produce más neutrones que el ${}^{235}\text{U}$ y el ${}^{239}\text{Pu}$
 - Su sección eficaz de absorción de neutrones varía menos con la temperatura y con la energía de los neutrones.

Contenido

- 1 Energía nuclear y medio ambiente
 - Antecedentes
 - Situación de emergencia planetaria
- 2 Fisión Nuclear
 - Fisión Nuclear
 - Reactores
- 3 Futuro de la energía nuclear
 - Reactores de IV Generación
 - **Fusión**
- 4 Conclusión

Fusión



- En una reacción de fusión, dos núcleos atómicos ligeros se funden para formar otros más pesados liberando grandes cantidades de energía.
- Esta es, por ejemplo, la fuente de energía de las estrellas.

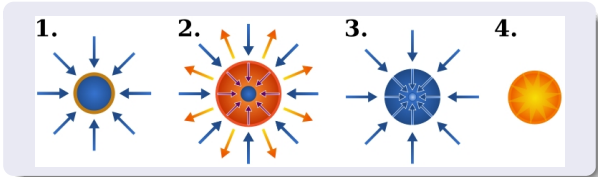
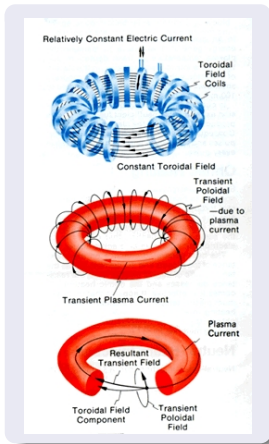
Fusión

Reacciones de fusión

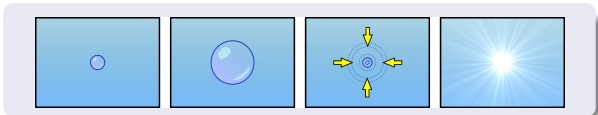
Reaction		Ignition Temperature		Output Energy
Fuel	Product	(millions of °C)	(keV)	(keV)
$D + T$ 	${}^4\text{He} + n$ 	220	20	 17,600
$D + {}^3\text{He}$ 	${}^4\text{He} + p$ 	350	30	 18,300
$D + D$ 		400	35	 ~4,000
		400	35	 ~4,000

Fusión

Métodos



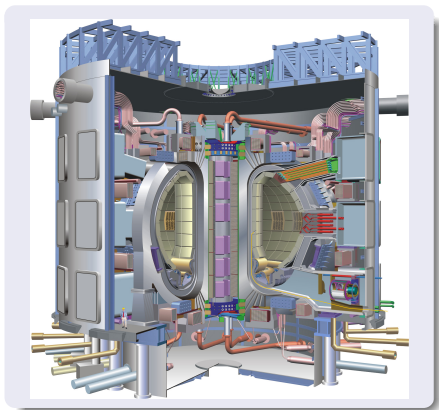
↑ Arriba Inertial confinement fusion
← Izquierda Magnetic confinement fusion (Tokamak)
↓ Abajo Bubble fusion (Sonoluminescencia)



Fusión

Proyecto ITER

- Producir más de lo que se consume ($Q = 10$)
- Implementar y testear tecnologías y procesos necesarios para futuras centrales
- Desarrollar métodos para la obtención de Tritio



Conclusión

- Junto con las energías renovables, la fusión es la fuente de energía limpia y segura que nuestra sociedad necesita.
- Mientras llegan, estamos obligados a convivir con los reactores de fisión.
- Es por eso que debemos apoyar el desarrollo de nuevos reactores más seguros y eficientes si queremos mantener el estilo de vida actual.

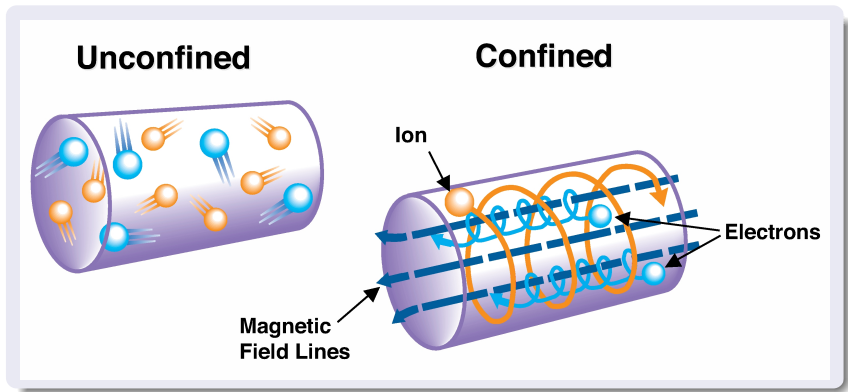
Referencias

- <http://www.world-nuclear.org>
- <http://www.gen-4.org>
- <http://www.cea.fr>
- <http://www.iter.org>
- <http://www.iea.org>
- <http://ific.uv.es/~mivipe>



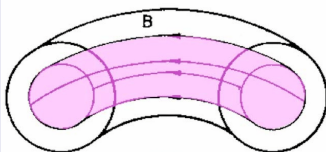
Fusión

Confinamiento magnético

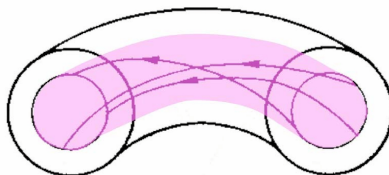
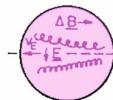


Fusión

Confinamiento magnético



Pure toroidal field



Toroidal plus poloidal field