

ITER. REACTOR EXPERIMENTAL DE FUSIÓN NUCLEAR

UN AGUJERO NEGRO EN LA ECONOMÍA ENERGÉTICA

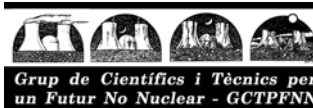
Septiembre 2003

	Introducción	2
	La falsa justificación del ITER como solución al cambio climático	3
	¿Cuánto cuesta el ITER?	5
<i>¿Qué se debería hacer con el presupuesto del ITER sin esperar a mitad de siglo?</i>	¿Qué es la fusión nuclear?	7
	Experiencias anteriores en la búsqueda de la fusión	8
	Las dos vías hacia la fusión	9
	La fusión 'lenta' o por confinamiento magnético	9
	REACCIÓN DEUTERIO-TRITIO	
	REACCIÓN DEUTERIO-DEUTERIO	
	La fusión 'rápida' con láseres	11
	Conclusión	13

Este documento no pretende analizar la candidatura de Vandellòs, sino mostrar la irracionalidad de un proyecto que es un agujero negro de recursos energéticos y económicos.

GREENPEACE

ECOLOGISTAS
en acción



wise

Introducción.

Tras el fracaso económico y tecnológico, y los graves problemas sociales, medioambientales y de estabilidad internacional, que ha supuesto la energía nuclear de fisión, la tradicional y conocida hasta ahora, el lobby nuclear temeroso de tener que afrontar su realidad de insostenibilidad, pretende engañar a la opinión pública con las supuestas maravillas de la energía nuclear de fusión, un experimento nuclear que lleva casi medio siglo intentando evolucionar consiguiendo únicamente ser un agujero negro de inversiones económicas.

ITER son las siglas en inglés de Reactor Experimental Termonuclear Internacional. Bajo estas siglas se reúne un programa de búsqueda internacional para demostrar la viabilidad científica y tecnológica de la fusión nuclear. A la vez, este experimento quiere proporcionar la información científica y tecnológica necesaria para el desarrollo de un reactor de fusión nuclear de demostración (llamado DEMO).

El experimento pretende conseguir mantener la fusión durante unos 100 segundos, para permitir que las partículas de Helio, resultantes de la reacción de fusión, sean la fuente dominante de calor y obteniendo una potencia de fusión del orden de 100 MW. Hoy ni siquiera se sabe si se podrá hacer funcionar de forma continuada. Uno de los objetivos del ITER es aprender a controlar el ciclo del tritio.

El gobierno del Estado español ha presentado la candidatura para alojar el reactor de fusión ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) en Vandellòs. La candidatura española tiene que competir con la presentada por Canadá (Clarington), Francia (Cadarache) y Japón (Rokkasho). Antes de la finalización del año 2003, se espera que la comisión formada por la Unión Europea, Rusia, Japón, Canadá, China y Estados Unidos (estos dos últimos incorporados en febrero de 2003) decida el emplazamiento final para albergar el proyecto.

Dentro de los movimientos políticos para conseguir que el ITER se quede en España, el presidente José María Aznar pidió, a mediados de diciembre del 2002, al presidente norteamericano George W. Bush, su apoyo a la candidatura española. EEUU se retiró del proyecto en 1999 y su regreso en febrero pasado ha coincidido con el aumento de las bazas españolas. El posible apoyo de EEUU a la candidatura española es parte de la nueva relación entre ambos países, una nueva relación surgida a raíz del apoyo de Aznar a la guerra por petróleo llevada a cabo por la política belicista de Bush. El voto norteamericano se prevé decisivo, sin olvidar el de los otros miembros del consorcio internacional que rige el megaproyecto.

Se preveía poder construir un reactor experimental de fusión a comienzos del siglo XXI y si tuviera resultados exitosos, entonces y sólo entonces se podría construir un prototipo de demostración de reactor de fusión termonuclear.

Esto se podría lograr, según los más optimistas, a finales de la primera cuarta parte del siglo XXI. Sólo entonces será posible hacer una valoración técnica y económica, es decir, de manera comercial, de esta nueva fuente de energía.

Sin embargo, no hace falta tener que esperar hasta mediados de siglo para garantizar el suministro de energía de la UE, y de hecho no podemos desperdiciar ese precioso tiempo. Disponemos de enormes posibilidades de reducir nuestro consumo de energía mediante medidas de ahorro y eficiencia energética, así como un amplio abanico de tecnologías basadas en fuentes renovables, limpias y con resultados reales (eólica, solar, biomasa...) a las que se debería desviar los fondos destinados al reactor de fusión para su crecimiento tanto en países industrializados como en desarrollo, creando la infraestructura adecuada y haciendo crecer las economías de los países más desfavorecidos. **Fortalecer las energías renovables y su transferencia de tecnología a países en desarrollo es una cuestión de justicia climática.**

Lamentablemente, con el apoyo de políticos como del ex-Ministro de Ciencia y Tecnología, D. Josep Piqué,

se ha dado la oportunidad de construir el reactor experimental de fusión termonuclear, ITER, resultando un agujero negro tanto de energía como de dinero. En Europa, este lobby político se agrupa hoy dentro de EURATOM – el tratado europeo de la energía atómica nacido para difundir la energía nuclear en Europa, que junto con la CECA (Comunidad Europea de Carbón y Acero), hoy ya inexistente, fueron los dos instrumentos en torno a los cuales nació la Unión Europea actual.

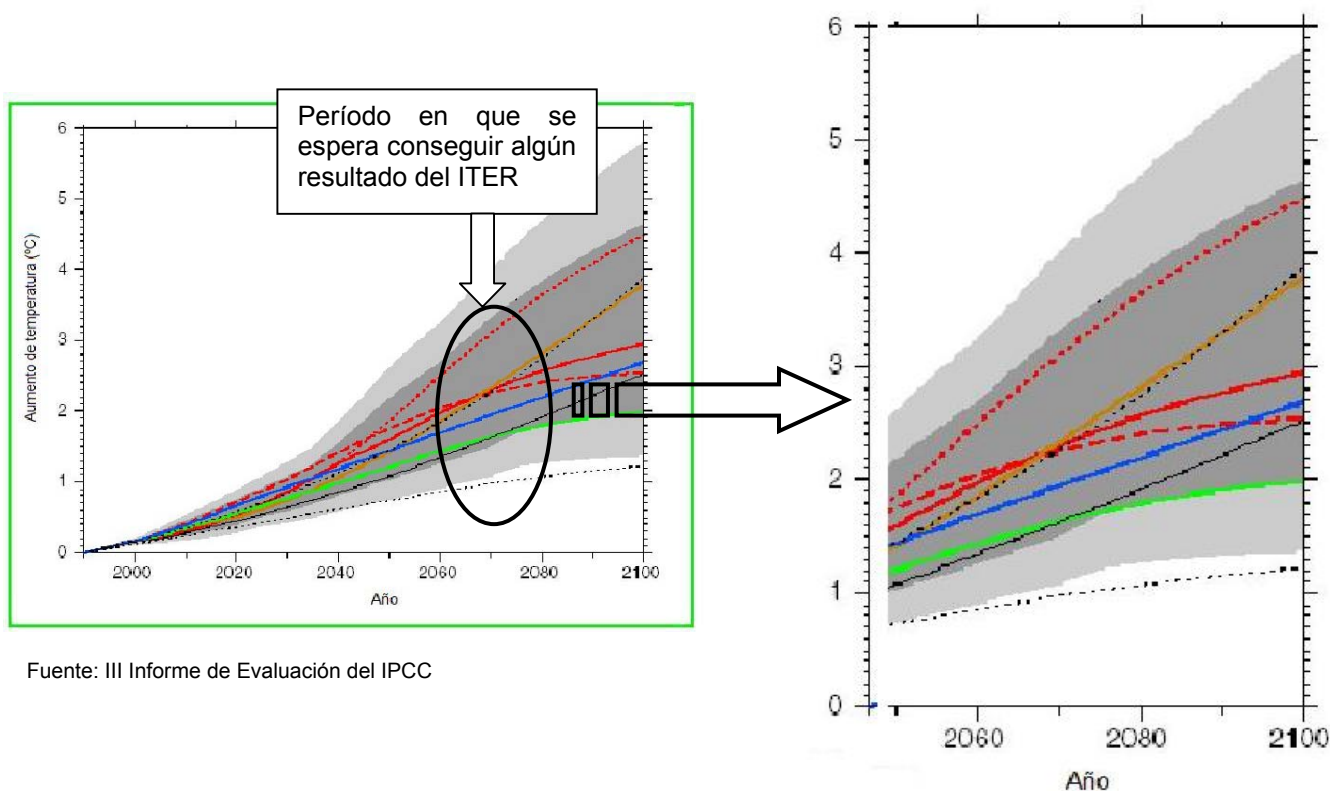
La falsa justificación del ITER como solución al cambio climático.

Este proyecto se excusa en la necesidad de obtener una fuente de energía que no emita gases de efecto invernadero, pero los políticos están frivolisando con el grave problema a nivel planetario que supone el cambio climático. Como indican los Informes de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), nos encontramos ante un grave problema generado por el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles por el ser humano.

Dentro de las previsiones realizadas por este grupo de expertos en cambio climático, el incremento de temperatura durante el próximo siglo podría situarse entre 1,4 y 5,8°C, así como producirse una subida del nivel del mar de entre 9 y 88 cm, dependiendo del escenario energético en que nos desarrollemos. Estas variaciones, junto con otros impactos provocados por el cambio climático, tendrán serias consecuencias sobre la vida en el planeta, consecuencias que estamos empezando a sufrir y que sufriremos más intensamente, con especial relevancia en los países en desarrollo.

A pesar de contar con el Protocolo de Kioto, único mecanismo internacional para hacer frente al cambio climático, que establece un objetivo de reducción del 5,2% de las emisiones de gases de efecto invernadero sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012, las emisiones de estos gases principalmente CO2, aumentarán en los países industrializados en un 17% en los próximos 10 años.

AUMENTO DE TEMPERATURA SEGÚN IPCC DEPENDIENDO DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS



Fuente: III Informe de Evaluación del IPCC

Las previsiones de evolución del proyecto experimental de fusión nuclear, según los más optimistas, es que para el año 2047 se podría iniciar la construcción del primer reactor de fusión nuclear comercial, que estaría acabado en el 2055, siempre y cuando todo vaya a la perfección y no se produzca ningún tipo de retraso. Esto significaría que la tecnología podría estar disponible para unos pocos países industrializados con un sistema energético completamente centralizado, y los problemas que este tipo de sistema conlleva, para finales de siglo.

En este escenario, de no haber tomado las medidas necesarias para hacer frente al cambio climático, nos podríamos encontrar en una situación de intensificación de los impactos del cambio climático, con tintes de irreversibilidad.

Comparativa temporal del aumento de temperatura frente a los hipotéticos avances en fusión nuclear

	2035	2045	2060	2100
Fases	Finalización del proyecto ITER	Inicio de construcción del primer reactor comercial (DEMO)	Finalización del primer reactor comercial	Tecnología disponible para unos pocos países
Aumento de la temperatura media del Planeta	0,4 - 1,5°C	0,7 - 2,4°C	0,8 - 3,2°C	1,4 - 5,8°C

Hay que tener en cuenta que un aumento de 2°C de la temperatura media global del planeta, tendría impactos irreversibles sobre la gran mayoría de los ecosistemas naturales, con las inevitables consecuencias sociales y económicas sobre los seres humanos que los habiten o dependan de ellos.

Evidentemente, el aumento de la temperatura dependerá del escenario energético en que nos desarrollemos, pudiéndose minimizar el impacto del cambio climático estabilizando la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera mediante políticas energéticas que nos permitan la sustitución de los combustibles fósiles por medidas de ahorro, eficiencia energética y energías renovables.

Necesitamos cambiar el sistema energético para hacer frente al cambio climático. En un escenario en el cual consigamos estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera de manera que minimicemos los impactos del cambio climático, la energía nuclear de fusión será completamente innecesaria. Para ello, es completamente necesario redirigir los fondos asignados para el ITER hacia soluciones reales y disponibles como las energías renovables para hacer frente al grave problema medioambiental, social y económico que supone el cambio climático.

¿Cuánto cuesta el ITER?

El ITER será una instalación experimental que trae asociada una descomunal inversión (o un enorme derroche, según como se mire). El descontrol sobre las inversiones necesarias ha quedado patente cuando primero se anunció una cantidad de 3.700 millones de euros en diez años y posteriormente se ha aumentado hasta 4.570 millones de euros. A ello hay que añadir los costes de operación y mantenimiento, estimados en unos 265 millones de euros anuales durante los 20 años de vida útil previstos. Se prevé un periodo de cinco años para el desmantelamiento de la instalación con un coste de entre 60 y 80 millones euros anuales, cifra estimativa que dependerá altamente del grado de conocimiento que se pueda adquirir y que previsiblemente será mayor. A estos costes habría que añadir los algo más de 3.000 millones de euros derivados de inversiones para infraestructuras (carreteras, servicios, tecnología).

La suma total es cercana a los 13.000 millones de euros (más de 2 billones de pesetas antiguas)

Esta cifra es un tanto incierta dado el carácter de tan a largo plazo del proyecto del reactor de fusión nuclear, pero sí es cierto, según expertos, que existiría una tendencia al alza del coste de inversión en estos reactores, que podría ser del orden del 90% del total. En un reactor de fisión esta tendencia alcista es del orden del 70% y en una central térmica de combustibles fósiles del 30%. A modo de comparativa, el coste de la inversión en energía eólica desde el 2002 hasta el 2020 podría descender un 39%.

Sin embargo, y a pesar de la necesidad de priorizar soluciones reales y disponibles actualmente para hacer frente al cambio climático, se dedica menos del 5% de los presupuestos de I+D del VI Programa Marco de la UE a energías renovables.

¿Qué se debería hacer con el presupuesto del ITER sin esperar a mitad de siglo?

Se pretende invertir 13.000 millones de euros en un proyecto de 100 MW que no garantiza sus resultados, en caso de tener alguno será a mitad de siglo, centraliza la generación de electricidad y no es una energía ni tan segura ni tan limpia como proclaman.

Las alternativas para utilizar este dinero en tecnologías disponibles limpias, renovables y descentralizadas son enormes, reales y con resultados inmediatos y seguros. A modo de ejemplo, si la inversión del ITER se asignase a

- **Energía eólica.** Se espera que se instalen más de 16.000 MW en todo el mundo creando más de 300.000 empleos en un par de años. Se podría ayudar al desarrollo tecnológico de países en desarrollo en fuentes diversificadas y limpias: África podría instalar 25.000 MW para el año 2020 con el adecuado desarrollo de implementación de esta tecnología y la correspondiente generación de riqueza. (la diferencia de potencia corresponde a una reducción de los costes de instalación durante el período 2002-2020).
- **Ahorro y eficiencia energética.** Se podría conseguir un ahorro de 400 euros anuales sobre un edificio tipo en viviendas, comerciales y fábricas actualmente existentes, mediante medidas que faciliten la obtención de sistemas más eficientes. Esto significa que, después de 20 años, se conseguiría un ahorro acumulado superior a los 24.000 millones de euros, casi el doble de lo invertido en el ITER. Es decir, se tendría un beneficio económico y se reduciría el consumo de energía.
- **Solar.** Se podría proporcionar cocinas solares a 90 millones de hogares. Se podría proporcionar electricidad con paneles solares a más de 40 millones de hogares en países en desarrollo.

- **Microhidráulica.** Se podría instalar más de 4.300MW en plantas microhidráulicas (plantas entre 5 y 100 kW) en países en desarrollo.

Estos son algunos ejemplos de cómo se podría aprovechar ese dinero en tecnologías limpias, que crean riqueza y empleo, utilizan los recursos naturales y renovables haciendo frente al problema del cambio climático. Sin embargo, **en la UE sólo se destina un cinco por ciento del presupuesto de investigación al desarrollo de energías renovables.**

Las soluciones para minimizar el cambio climático pasan por las energías renovables, de tal manera que el sistema energético sea descentralizado con una generación distribuida. Para ello, se ha de replantear las infraestructuras para una mejor aceptación de las energías renovables en el sistema energético. Precisamente el ITER plantea todo lo contrario, ya que los altos costes de una generación de este tipo, en caso de conseguirse, obligarían a centrarse en grandes producciones de electricidad de manera completamente centralizada.

¿Qué es la fusión nuclear?

Actualmente, la fusión nuclear puede ser considerada como la fuente de energía más sofisticada, además de ser una a la que se dedica más esfuerzo científico. La alta complejidad de esta fuente de energía es tal que hasta el momento nadie ha sido capaz de demostrar su viabilidad tecnológica, habiéndose invertido grandes sumas de dinero, tiempo y esfuerzos. ni siquiera a nivel experimental.

Mientras que la fisión nuclear consiste, básicamente, en romper átomos pesados, la fusión nuclear trata de unir átomos ligeros. Tanto en un caso como en el otro hay un gran liberación de energía, debido a la pérdida de masa (1 gr. de masa convertido en energía equivale a la energía liberada por 22.000 Tm. de TNT cuando explota, 1 Tm. de TNT equivale a $4,1 \cdot 10^9$ julios).

Para conseguir esta fusión nuclear, o unión de átomos ligeros, hay que superar las fuerzas de repulsión (barrera de Coulomb) provocadas por el acercamiento de los núcleos de los átomos de los elementos ligeros con carga eléctrica positiva, dando como resultado un núcleo más pesado que cada uno de los núcleos fusionados. Una de las maneras de lograrlo es 'calentando', es decir, por agitación térmica; de ahí su nombre de fusión termonuclear.

Las temperaturas necesarias son del orden de centenares de millones de grados, dependiendo de los elementos que se quieran hacer fusionar:

Elementos a fusionar	Temperatura mínima
deuterio – tritio	45 millones de °C
deuterio – deuterio	400 millones de °C

Estas temperaturas sólo se logran de manera natural en los cometas, de hecho, la fusión protón-protón en el Sol se realiza a una temperatura de 15 millones de °C, más baja debido a la elevada densidad y la alta población de partículas. De forma artificial, se puede conseguir esta temperatura en el núcleo de una explosión nuclear: un ejemplo "exitoso" de la energía de fusión nuclear es la explosión de la bomba de hidrógeno o termonuclear, en la cual se logra la temperatura necesaria explosionando previamente una bomba atómica de Uranio 235 o de Plutonio 239.

Hace falta considerar que las temperaturas más altas logradas por el ser humano, sin suponer un riesgo ni atentar contra la vida de nadie, nunca han sobrepasado los 5.000 °C y se han logrado con energías renovables, concentrando los rayos del Sol como en el Horno Solar de Odeillo, en la Cerdanya Francesa.

Además de la temperatura, hay otros parámetros importantes que juegan un papel clave en la física de la fusión nuclear:

1. La densidad de las partículas que reaccionen en el plasma (n).
2. El tiempo de confinamiento (t), tiempo durante el cual la reacción puede ser mantenida antes de que los productos se dispersen.

En 1957, el físico británico Lawson enunció el criterio que rige los mecanismos de la fusión nuclear: el producto de la densidad de partículas (n), por el tiempo de confinamiento (t) tiene que ser superior a un valor dado dependiendo de los elementos a fusionar:

- la fusión deuterio-tritio tiene que ser superior a 10^{14} partículas*segundo/cm³.
- la fusión deuterio-deuterio tiene que ser superior a 10^{16} part*seg/cm³.

El plasma, también denominado cuarto estado de la materia, no es más que la materia en un estado más o menos ionizado. Esto se logra aumentando la temperatura y tras pasar por los estados sólido, líquido y gaseoso.

Para que un reactor de fusión genere más energía que la que consume, el plasma tendría que permanecer confinado durante, al menos, dos segundos a 150 millones de grados centígrados y a una densidad de $2 \cdot 10^{14}$ partículas por cm^3 . Esta es la concreción del citado criterio de Lawson, para la reacción deuterio-tritio. Como se verá más adelante, se está todavía lejos de lograrlo, es decir, de demostrar la viabilidad de la fusión nuclear.

Experiencias anteriores en la búsqueda de la fusión.

La cuestión es saber si se ha logrado alguna vez reunir estos parámetros necesarios para la fusión en algún experimento para el control de la reacción de fusión nuclear, siendo de una primera generación:

- el Tokamak-10 soviético y el PLT americano de Princeton llegaron a un tiempo de confinamiento de una décima de segundo,
- El Ormak americano de Oak Ridge y el TFR francés de Fontenay-Aux-Roses sobrepasaron 10 millones de grados centígrados,
- En agosto de 1978 el PLT de Princeton llegó a sobrepasar 50 millones de °C, y el también americano Alcator logró que el producto de la densidad por el tiempo de confinamiento sobrepasara el valor de 10^{13} seg/ cm^3 .

Todos estos pueden ser considerados Tokamak de primera generación. La palabra Tokamak corresponde a las iniciales inglesas de 'toroidal magnética'.

Con respecto a la segunda generación de Tokamak's se pueden destacar los tipos siguientes:

- El americano TFTR (Tokamak Fusion Test Reactor) de Princeton,
- El europeo JET (Joint European Torus) construido en Culham, Gran Bretaña,
- El T-15 soviético,
- El JT-60U japonés.

Las máquinas de esta segunda generación de experimentos son más grandes que las de la primera generación, y estuvieron diseñadas a partir de los resultados logrados por el PLT (Princeton Large Torus) y por el TFR (Tokamak de Fontenay-aux-Roses). El objetivo era aumentar el tamaño de manera que se aumentase la densidad del plasma y sobre todo el tiempo de confinamiento, además de reducir la difusión del plasma hacia las paredes.

El mes de febrero de 1987, se hizo público que la máquina JET en Culham (Gran Bretaña) había logrado, a finales de 1986, confinar el plasma a una densidad de $5,5 \cdot 10^{19}$ partículas por metro cúbico y con una temperatura de 70 millones de °C durante 0,6 segundos, combinación que nunca había estado lograda por ninguna otra máquina. Es decir, se había logrado un récord, calculado de multiplicar la densidad del plasma (en partículas por metro cúbico), por el tiempo de confinamiento (en segundos) y por la temperatura (en keV), y resultando en un valor de $20 \cdot 10^{19}$ s.keV/ m^3 .

El TFTR (Princeton, EEUU) ha logrado temperaturas de 400 millones de °C, superiores a la necesaria para la fusión deuterio-tritio, pero durante tiempos muy cortos y con muy baja densidad, acercándose al Criterio

de Lawson . El diciembre de 1993, el TFTR produjo 5,6 MW en una reacción controlada de fusión, pero se había gastado mucha más energía en activar la reacción de fusión. Todavía hoy no se ha llegado al punto en que la energía generada sea superior a la energía invertida.

Desde 1991, se han producido de forma controlada algunos MW de energía de fusión en experimentos con la reacción deuterio-tritio, realizados en el JET (1,7MW en 1991) y al TFTR. En 1997, en el JET, se lograron 12 MW con un pico de 16,1 MW, pero para conseguir alcanzar la temperatura necesaria se necesitó alimentar la reacción con 25,7 MW.

El JET ha logrado más de 5 MW durante 5 segundos, con una producción de energía de 22 MJ, pero nuevamente necesitó una potencia de 24 MW para suministrar una energía de calentamiento de 120 MJ.

El ITER pretende ser la continuación de todos estos ingenios.

Las dos vías hacia la fusión

Para llegar al criterio de Lawson se puede hacer por dos caminos: la llamada fusión 'lenta' y la fusión 'rápida'.

La fusión 'lenta' o por confinamiento magnético

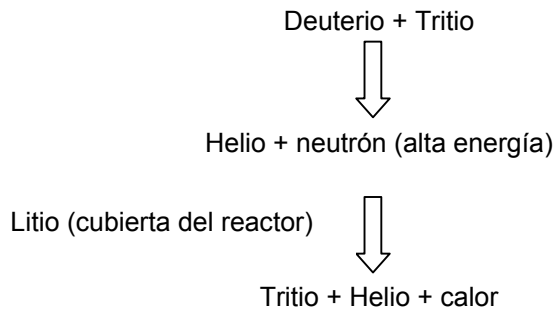
Denominada de esta manera porque los tiempos de confinamiento son relativamente grandes, del orden de un segundo. Por lo tanto, la densidad de plasma en este caso tiene que ser del orden de 10^{14} partículas por cm^3 . Para lograr estos tiempos de confinamiento, hace falta conseguir campos magnéticos en torno a los cuales las partículas cargadas circulan como "*mariposas atraídas por la luz*".

La máquina JET de Culham (Reino Unido) pertenece a este tipo de artefactos. Está formada por un toroide, que es un anillo de acero inoxidable con una sección en forma de 'D'. El tamaño de la máquina viene dado por las dimensiones y por el peso de este componente básico. El diámetro exterior del toroide es de 5,92 metros y el peso de 100 Tm. Los primeros experimentos con el JET se realizaron con hidrógeno gaseoso. Posteriormente se han utilizado también dos isótopos del hidrógeno, el Deuterio y el Tritio, puesto que la fusión de los dos núcleos de estos elementos parece ser la más factible de las opciones que hay en la actualidad.

Teniendo en cuenta que en este escrito no se pueden tratar a fondo todos los aspectos y todos los problemas que presenta la fusión termonuclear, nos limitaremos a plantear algunos, principalmente en la reacción Deuterio-Tritio por su menor dificultad técnica, aunque hablaremos brevemente de la reacción Deuterio-Deuterio.

REACCIÓN DEUTERIO-TRITIO

La reacción del Deuterio con el Tritio da lugar a la formación de Helio y a la producción de un neutrón muy energético (neutrón rápido con una energía de 14,1 MeV) que contiene el 80% de la energía liberada. Estos neutrones tan energéticos a través de reacciones con las paredes de la estructura del reactor termonuclear, producen respetables cantidades de materias radiactivas (productos indirectos de la fusión, no productos directos como al caso de la fisión). Estos neutrones rápidos son frenados por una cubierta de Litio que captura una parte de su energía. El Litio absorbe los neutrones transformándose en Tritio (reacción Litio-neutrón con formación de Helio y Tritio así como la emisión de calor – 4,8 MeV).



La fusión Deuterio-Tritio tiene que hacer frente a tres problemas ambientales que no se deben minimizar: la manipulación de cantidades respetables de Tritio (material radioactivo), la radiactividad inducida en la estructura del reactor y los residuos radioactivos generados.

En unas condiciones normales de operación, la amenaza más grave parece estar asociada con el peligro de liberación de Tritio. Aunque la cantidad de Tritio implicada en la reacción es solamente de unos pocos gramos (menos de un miligramo por m³), hay que tener en cuenta que en el recubrimiento de Litio del reactor habrá entre 1 y 10 Kg. de Tritio.

Si trasladamos estos resultados a un hipotético reactor de 1.000 MWe, querría decir una radiactividad equivalente entre 10 y 100 millones de Curies (1 Curie equivale a la radiactividad de un gramo de radio, es decir, $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegraciones por segundo). Además, Las paredes metálicas calientes del reactor se embeben de Tritio, posibilitando y facilitando la emisión al exterior de este pequeño elemento radioactivo.

Un reactor termonuclear en funcionamiento normal tiene dos vías de difusión del Tritio hacia la atmósfera:

1. A través del circuito de refrigeración de Litio,
2. A través del circuito de refrigeración para la extracción de calor y producción de energía (por difusión a través de las paredes del intercambiador de calor).

Evidentemente, no existe ninguna normativa que limite las emisiones de Tritio a la atmósfera procedentes de los reactores termonucleares dada la inexistencia de éstos. No obstante, si se aplicara la normativa vigente en EE.UU. sobre las liberaciones de Tritio procedente de los reactores de fisión de agua ligera (a presión o a ebullición), la difusión del Tritio (procedente de la cubierta de Litio y procedente de los circuitos de cambio de calor) sería del orden del 99'999 %. Reducir estas fuentes podría ser técnicamente factible, pero volvemos a la pregunta de siempre: ¿con qué coste económico?

Con respecto a la radiactividad inducida, se podrían lograr niveles comprendidos entre 1 y 10 mil millones de Curies para un reactor de 1.000 MWe, lo cual no es nada despreciable. Evidentemente no hay que tener en cuenta únicamente la cantidad de radioactividad sino también su naturaleza y la vida media de la radiactividad inducida. Esto depende, fundamentalmente, de los materiales estructurales escogidos para servir de contención a la cubierta de Litio. Si se hicieran con aleaciones de Vanadio, los tiempos de 'control' de la radioactividad sobre los materiales utilizados serían relativamente cortos (unos 10 años). Si fueran aleaciones de acero al níquel, subiríamos a medio siglo. Y si escogiéramos materiales a base de Niobio (Nb) no habría ninguna diferencia respecto de los actuales reactores de fisión.

El rendimiento energético final de la fusión termonuclear, en caso de poder reunir las condiciones necesarias, sería muy poco superior al 30%. Este rendimiento es el correspondiente a un ciclo térmico convencional como el de las actuales centrales térmicas, tanto de carbón y petróleo como nucleares de fisión. Tampoco supone una mejora en la eficiencia de los sistemas de generación de electricidad.

El litio es la base de esta reacción, del cual se obtendría el Tritio, un isótopo radioactivo del Hidrógeno no existente de forma natural en la biosfera (es un emisor de radiación Beta de 12,36 años de vida media). Por lo tanto, la propaganda de “energía ilimitada” que se asocia a la fusión nuclear es simplemente un engaño, puesto que las reservas de Litio en la superficie de la Tierra son parecidas a las del Uranio, con lo cual, tienen también un futuro limitado. Las fechas estimativas de finalización de las reservas con una explotación rentable de estos materiales son de unos 500 Años de Litio y de 50 de Uranio.

REACCIÓN DEUTERIO-DEUTERIO

La reacción Deuterio-Deuterio, defendida por unos como una fuente inagotable de energía – puesto que no dependería del Litio y en la naturaleza existe 1 átomo de Deuterio por cada 6.670 átomos de Hidrogeno -, hoy por hoy no pasa de ser una simple ilusión reservada a los científicos más soñadores, puesto que para lograr la fusión de dos átomos de Deuterio se necesitan temperaturas del orden de 400 millones de °C, (dependiendo de los otros dos factores: densidad de partículas y tiempo de confinamiento) mientras que la fusión Deuterio-Tritio requiere del orden de 45 millones de °C. Esta puede parecer una mínima diferencia sobre el papel, pero no en el laboratorio. El producto del tiempo de confinamiento por la densidad de partículas necesitaría ser 5 veces más grande que los soñados hoy.

La fusión termonuclear de dos átomos de deuterio ni siquiera se ha logrado en un reactor experimental de laboratorio y si ya actualmente hay graves problemas con los materiales estructurales de los reactores nucleares de fisión, por el momento son inimaginables los problemas referentes a los hipotéticos materiales estructurales que intervendrían en la construcción de un reactor de fusión.

Las hipotética ventajas de los reactores termonucleares de fusión que según los más optimistas eran enormes respecto los reactores de fisión, se han ido erosionando con el tiempo, puesto que se han presentado muchas dificultades prácticas. Expertos como Michel Grenon, que no puede ser tildado de veleidad ecologista, ha escrito textualmente: “*es imposible decir las perspectivas de futuro que tiene la fusión nuclear.*”

Así mismo, se generarán una gran cantidad de residuos de media y baja actividad de vida larga (miles de años). A pesar de que actualmente se está centrando el debate en los residuos de alta actividad, seguimos teniendo graves problemas con los de menor actividad, siendo el ITER otro foco de generación de este tipo de residuos. Actualmente no hay soluciones técnicas y económicamente viables, por no hablar de la aceptación social, que garantice el control de la contaminación de los residuos radioactivos durante los miles de años necesarios para reducir su peligrosidad.

La fusión “rápida” con láseres

Se denomina fusión ‘rápida’ debido a que el tiempo de confinamiento es del orden de los nanosegundos (la milmillonésima parte del segundo). Como consecuencia, la densidad de partículas del plasma tiene que ser del orden de 10^{23} partículas por cm^3 . Este hecho corresponde a los denominados sólidos superdensos, que existen sólo en un estado transitorio durante fracciones de segundo y que necesitan gigantescas cantidades de energía instantánea – del orden del Teravatio (mil millones de KW) – para su creación e ignición, energía que sólo los láseres, no existentes todavía, quizás algún día pudieran suministrar.

Los trabajos sobre la fusión nuclear “lenta” se iniciaron aparentemente durante los años 50, rodeados por el secreto que rondaba sobre la bomba de hidrógeno.

Los trabajos en torno a la fusión nuclear ‘rápida’ con láseres se iniciaron en 1972 y, a diferencia de la fusión ‘lenta’ - que en las Conferencias de Ginebra de 1955 y 1958 logró un cierto grado de colaboración internacional – continúa rodeada de una atmósfera de discreción y de secreto por causa, sobre todo, de su potencial militar.

Los reactores de fusión a base de láseres son, de hecho, 'microbombas' de hidrógeno. La enorme cantidad de energía de los láseres de gran potencia son concentrados en un punto microscópico donde hay Deuterio y Tritio que implosiona, logrando una fenomenal superdensidad (10^{31}). Posterior a una implosión, se da una explosión en la que la energía requerida para la implosión tiene que ser liberada en una fracción de tiempo muy pequeña – una cien mil millonésima de segundo (una centésima parte de nanosegundo – 10^{-11} seg)– mientras existe el supersólido y antes de que la materia se disperse. Así se habla de la 'inercia' del glóbulo implosionante, y por esto se denomina confinamiento inercial, a causa de este tipo de fusión nuclear.

Parece que por el momento no existe ningún láser capaz de hacer pasar estos proyectos a su fase experimental. Tampoco se ha conseguido determinar el ritmo en qué pueden hacerse las microexplosiones y como se tienen que mantener para producir energía útil.

Conclusión

¿Puede suceder lo mismo con la fusión termonuclear que lo que ha ocurrido con la fisión nuclear?

Los reactores nucleares civiles han servido de coartada para los programas de armamento nuclear, tal y como predijeron, hace más de 50 años dos técnicos americanos, uno de Gulf y otro de Westinghouse:

“Es altamente probable que las centrales nucleares no tengan la oportunidad de probar que son económicamente competitivas. Debido al interés militar en la energía nuclear y los necesarios controles gubernamentales que se deriven, por muy buena que sea la explotación de las centrales nucleares estará ligada a la producción y procesamiento de combustible nuclear con fines militares, con el resultado que el coste de la parte nuclear de la central no refleje su verdadero coste . . . Aunque el coste de la energía nuclear parece no competitivo por ahora, lo que es cierto es que las centrales nucleares se construirán”.

La industria nuclear para la generación de electricidad creció gracias a las enormes ayudas económicas recibidas. Gran parte de los fondos recibidos para la investigación y el desarrollo de esta tecnología ha venido de la mano de los intereses militares, que posteriormente ha facilitado la transferencia de tecnología para usos civiles, ahorrando a la industria una gran cantidad de fondos para la necesaria I+D de cualquier tecnología.

A pesar de que nos quieren vender la fusión nuclear como carente de problemas de proliferación de armas nucleares o de materiales estratégicos, la fusión por láser podría ser el camino más corto hacia la bomba de hidrógeno según ha manifestado el mismo Michel Grenon. Hoy en día la fusión inercial es ya tecnología de doble uso militar-civil para desarrollo de bombas de todos los tamaños (estratégicas, tácticas y de teatro).

Es cierto el deuterio, litio y helio no son radioactivos, pero igualmente cierto es que la reacción de fusión se realiza entre el deuterio y el tritio, y el tritio sí es radiactivo.

Por lo tanto un reactor de fusión, además de ser una fuente de tritio, producirá residuos contaminados con tritio y producirá materiales activados radiactivamente por los neutrones rápidos generados por la reacción de fusión. Por lo tanto, es un engaño manifestar que un reactor de fusión no producirá residuos radiactivos. También en el caso de un supuesto accidente en un reactor de fusión, se podría liberar tritio al entorno.

Por lo tanto se tendrá que disponer barreras de contención para evitar la liberación de tritio al medio ambiente, tanto en funcionamiento normal como caso de accidente, cosa muy dificultosa dada la propiedad del tritio de pasar a través de paredes metálicas a alta temperatura. Dado que el tritio es químicamente equivalente al hidrógeno, se puede reemplazar en el agua y en toda clase de hidrocarburos y, por lo tanto, contaminar radiactivamente las cadenas alimentarias en el caso de su difusión al atmósfera. La absorción de alimentos y agua contaminada con tritio por parte de organismos vivos es un peligro a tener en cuenta y a no despreciar.

Hoy en día, mientras tenemos tecnologías limpias y renovables (eólica, solar, biomasa...) y un alto potencial de ahorro y eficiencia energética para hacer frente al cambio climático y combatir la pobreza, nos encontramos con un proyecto de fusión nuclear cuyos primeros resultados experimentales se verán dentro de 20 ó 30 años en caso de que todo vaya perfecto y con una inversión inicial de 13.000 millones de €. Su primera experiencia comercial se hará en el último tercio de siglo dando una forma de energía completamente centralizada y al alcance de unos pocos países, y con riesgos de liberación de tritio (material radioactivo) a la atmósfera...***¿no es un agujero negro de energía y dinero?***