

MÉXICO ANTE LA NUEVA PANORAMICA MUNDIAL EN FUSION NUCLEAR CONTROLADA

L. Meléndez, S.R. Barocio, E. Chávez Alarcón
Laboratorio de Física de Plasmas
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
lml@nuclear.inin.mx

RESUMEN Recientes estimaciones de prominentes analistas internacionales respecto al acelerado ritmo de consumo universal de energía, y a sus consecuencias, parecen estar influyendo las estrategias energéticas de la mayor economía del mundo. El enorme y ambientalmente aceptable potencial que ha venido prometiendo la fusión nuclear controlada parece estar recuperando una alta prioridad para el gobierno de los Estados Unidos quienes, desde su abandono en 1998, desean reincorporarse al proyecto tokamak internacional ITER. Un creciente número de países desarrollan la investigación en fusión nuclear controlada además de contribuir al esfuerzo ITER. El presente trabajo analiza la situación y perspectivas de México en dicho contexto.

INTRODUCCIÓN

Durante la mayor parte del siglo XX el petróleo ha sido la predominante fuente primaria de energía y se estima que continúe proporcionando un 40% del consumo mundial (Figura 1) hasta el año 2020 [1]. Junto con las otras dos grandes fuentes, gas natural y carbón, se seguirán consumiendo mayoritariamente, y con una aceleración prácticamente exponencial, combustibles no renovables. El consumo mundial proyectado de 1999 a 2020 contempla un 60% de aumento: de 382 cuatrillones (38.2×10^{16}) de BTUs a 612 cuatrillones (61.2×10^{16}) de BTUs. El consumo no es solo del mundo desarrollado: la proporción en el consumo de los países pobres va en aumento (Figura 2) junto con su crecimiento poblacional. La mitad del incremento proyectado en el consumo corresponde solamente a los países pobres de América Latina y Asia. Se espera que, hacia el año 2050, el 90% de la población mundial se ubique en los países pobres.

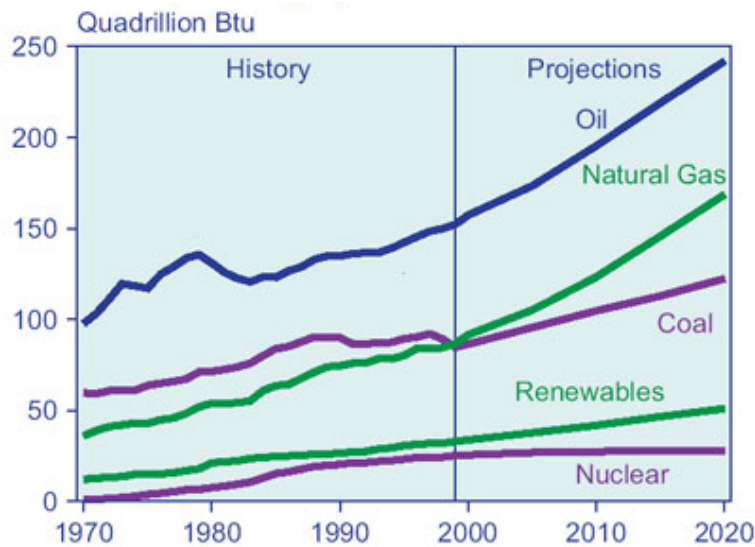


Figura 1. Consumo mundial de energía proyectado hasta 2020 [1]

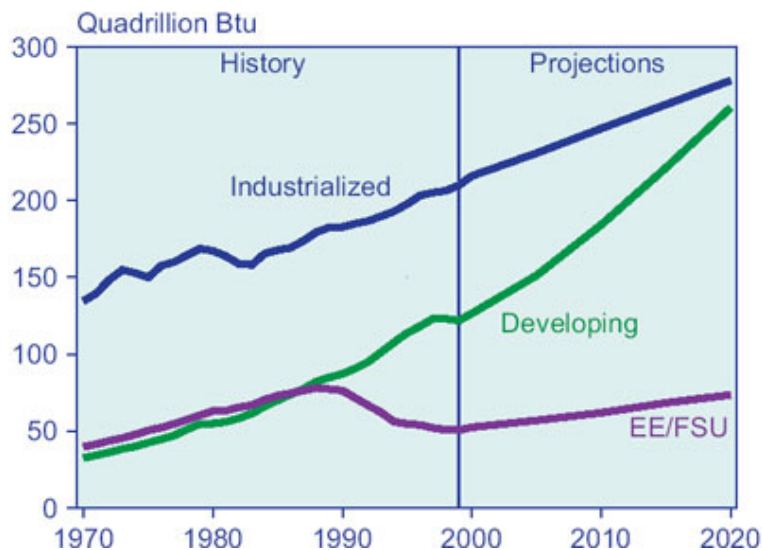


Figura 2. Consumo mundial de energía por regiones geográficas proyectado hasta 2020 [1]

De acuerdo a la estimación de la Agencia Internacional de Energía [2] las emisiones de CO₂, en gran medida responsables del calentamiento global, aumentarán para 2010 a 9 billones de toneladas, casi en un 50% con respecto a los niveles de 1993. El caos ambiental resultante no parece ser admitido por países desarrollados que no desean, y países pobres que no pueden, reducir sus emisiones, si bien estos últimos producen un 75% del total. Sin embargo, son asimismo países en desarrollo, de Asia, donde se encuentra la mitad del total mundial de nucleoelectricas en construcción: 8 en China, 4 en Corea del Sur, 2 en Taiwán y dos en la India. En consecuencia, la capacidad nuclear mundial de 350 gigawatts del año 2000 se espera que alcance 363 gigawatts en 2010 para declinar 359 gigawatts hacia 2020 [1].

Se espera que la generación de energías consideradas como limpias durante los próximos 20 años esté encabezado por los proyectos hidroeléctricos a gran escala en Asia tales como los de la presa de las Tres Gargantas en China (18 200 megawatts) o la presa de Bakun en Malasia (2 400 megawatts) cuyos procesos de construcción continúan a pesar de sus inquietantes riesgos ambientales.

LA ALTERNATIVA DE LA FUSIÓN

El interés tan grande que la fusión nuclear controlada ha despertado desde mediados del siglo XX se debe a que ésta sería la fuente de energía prácticamente inagotable, ambientalmente sana y accesible, dado que el agua sería su materia prima, a casi todos los países [2]. Es verdad que un metro cúbico de agua contiene 34 gramos de hidrógeno pesado (deuterio) que al fusionarse equivale a tres cientos mil litros de petróleo. Pero también es verdad que lo anterior ha continuado siendo cierto durante 50 años. La explotación comercial de la nucleoelectricidad de fusión ha estado obstaculizada por enormes retos tanto tecnológicos como teóricos e incluso políticos. Inicialmente parecía que si la tecnología de la bomba atómica se había transformado en el reactor de fisión, sería igualmente inmediato reconvertir la bomba de hidrógeno en un reactor de fusión. Entre otros métodos menos factibles, el confinamiento magnético del plasma (hidrógeno ionizado y por lo tanto eléctricamente cargado) dio lugar a un lento, si bien continuo, avance en el “campo de batalla” de la fusión controlada: el diagrama de temperatura del plasma VS densidad X tiempo de confinamiento (Figura 3). Así, para 1989, un nuevo régimen de alto confinamiento, denominado *modo H*, es descubierto en el proyecto alemán ASDEX dando lugar a un salto gigantesco en la investigación en la física de los tokamaks conocida como la tercera generación. En 1991, la obtención de energía de fusión nuclear controlada con base en una mezcla de deuterio y tritio es lograda por primera vez en el proyecto europeo JET, con sede en la gran Bretaña (Figura 4), hoy en día el mayor tokamak del mundo en operación, liberando 16 megawatts y consumiendo 25 megawatts. Como siguiente paso hacia la fusión comercial [3], resulta necesario desarrollar un reactor que emita más energía que la que consume y pueda producir una reacción autosostenida: un *plasma en combustión*. Una manera de lograrlo es mediante un reactor mas grande. En 1988 un grupo internacional de científicos concluyó el diseño del primer reactor tokamak experimental internacional (ITER) cuyo costo inicial, de 6 billones de dólares, atemorizó a algunos políticos. En un ambiente de enfrentamiento entre el presidente Clinton y el congreso Republicano, los Estados Unidos decidieron abandonar el proyecto en 1998, a pesar de un acuerdo previo entre los presidentes Reagan y Gorbachov. Con un presupuesto reducido a 3 billones, científicos de Japón, Rusia y Europa concibieron entonces la versión ITER-FEAT o *Tokamak Avanzado de Energía de Fusión* (Figura 5) el cual deberá ser suficiente para estudiar el plasma en combustión, produciendo 1500 megawatts netos [4]. Más aún, la investigación internacional en fusión concentró su atención en dos proyectos alternativos más: IGNITOR en Italia y FIRE en los Estados Unidos (Figura 6), con base en el concepto de aproximar las condiciones de combustión del plasma a partir de mayores energías concentradas en tokamaks de menor volumen.

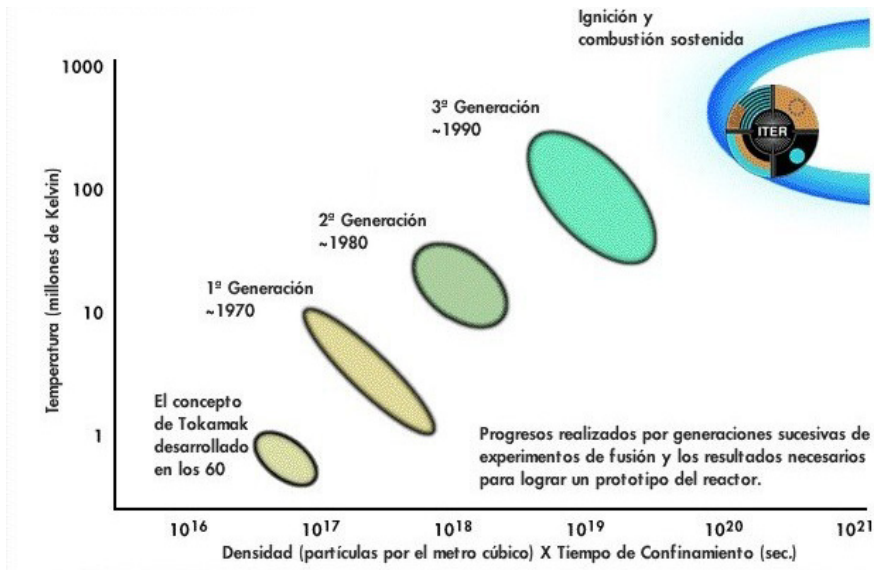


Figura 3 Evolución de la tecnología tokamak conforme se aproxima a las condiciones de nucleoelectricidad comercial

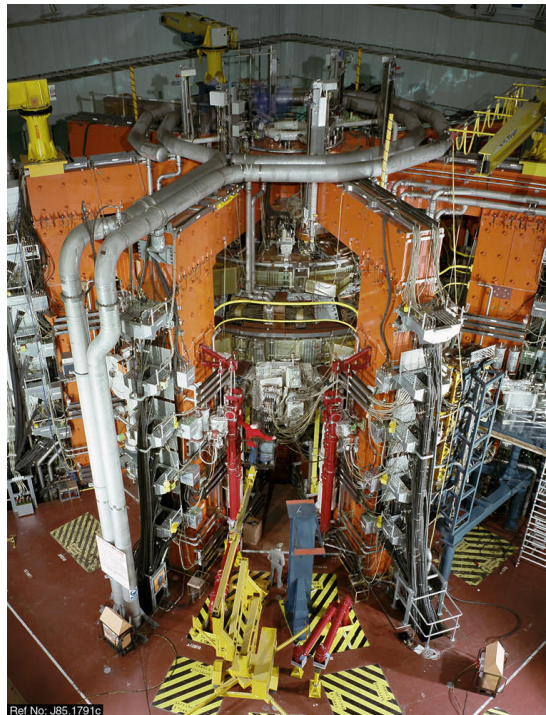


Figura 4 Aspecto general de JET, el mayor tokamak en operación del mundo, resultado de la cooperación de los países de la Unión Europea y situado en la Gran Bretaña.

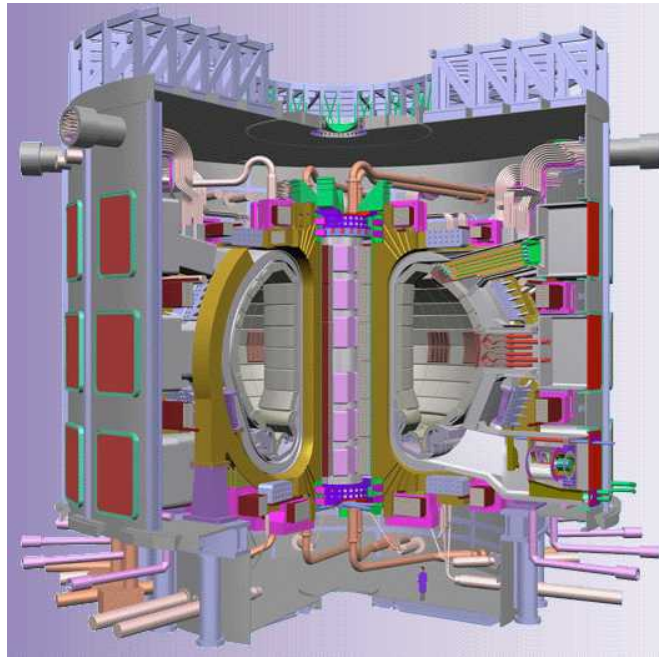


Figura 5 Concepto inicial de ITER, antes de 1998. Nótese la proporción del conjunto con respecto de una figura humana.

Three Options
(same scale)

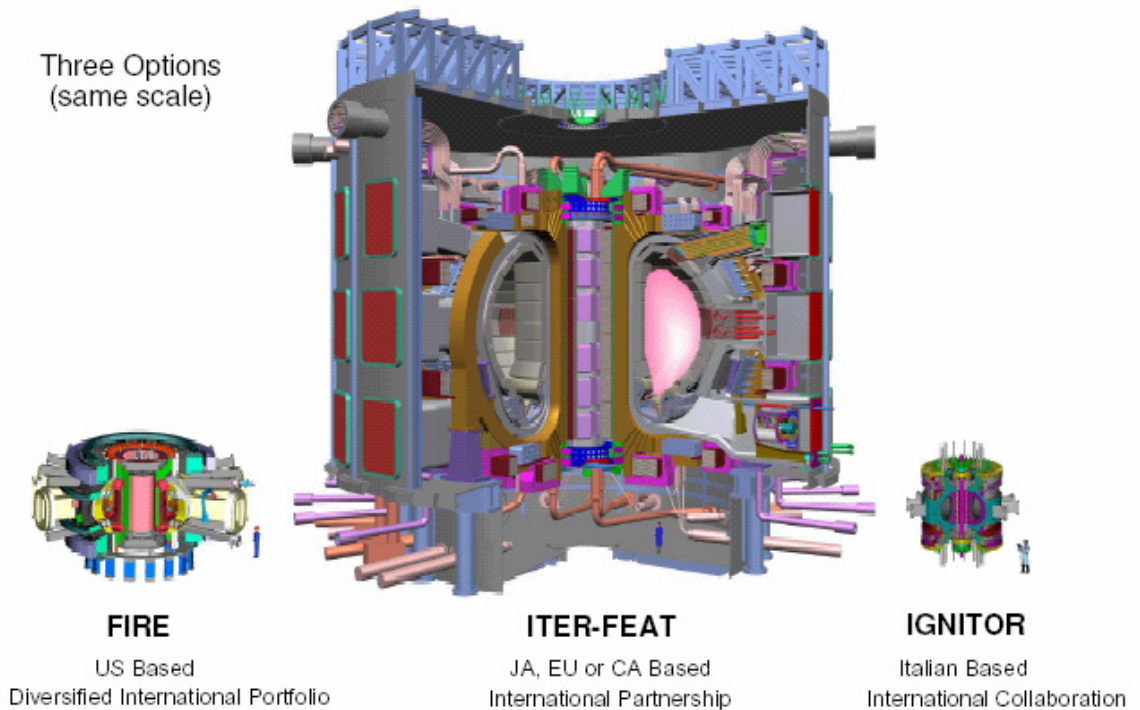


Figura 6 Concepto actual de ITER (ITER-FEAT) comparado con dos de los tokamaks más avanzados en la modalidad compacta (FIRE e IGNITOR).

LA PERSPECTIVA MEXICANA

En México, después de Brasil, se han dado los primeros pasos en Latinoamérica en el campo de la investigación y el desarrollo tecnológico en materia de fusión nuclear controlada. El interés por una *independencia energética nacional* de investigadores mexicanos del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares convergió, hacia 1983, en el diseño y construcción del primer dispositivo tokamak mexicano (Figura 7), denominado NOVILLO [5] el cual continuó evolucionando en los años subsiguientes. Entre otros logros del trabajo de investigación realizado se encuentra la operación de la máquina sin un sistema de preionización, lo cual presenta considerables implicaciones en el funcionamiento de los tokamaks más avanzados [6][7]. En febrero de 1999 la administración del ININ cancela, verbalmente, el proyecto tokamak arguyendo falta de presupuesto y el *fracaso de la investigación en tokamaks a nivel mundial*. La máquina fue readaptada para su uso en la investigación de materiales, con el fin de no ser desmantelada.

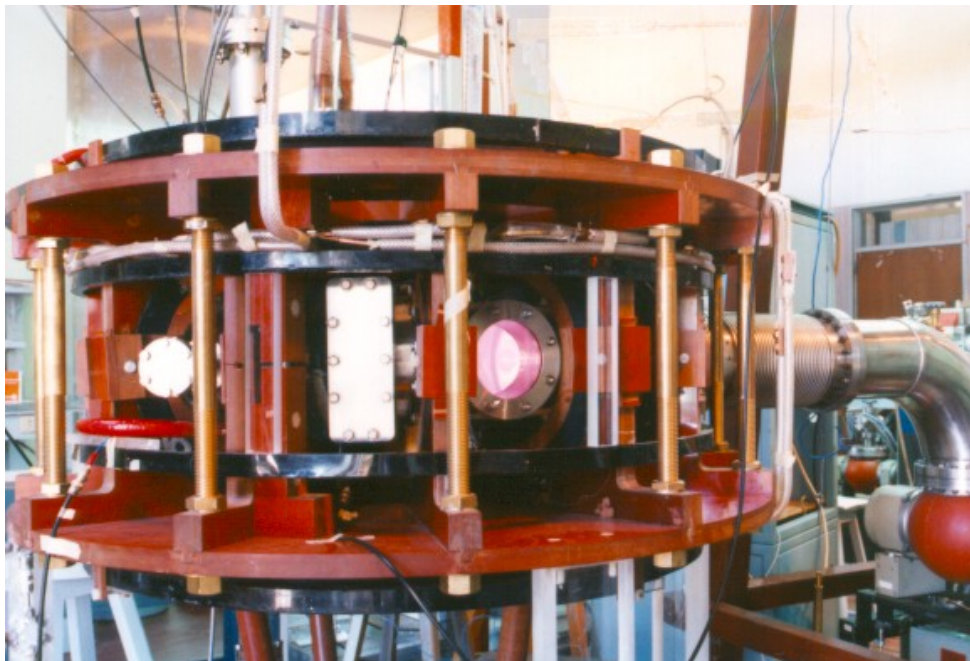


Figura 7. El pequeño tokamak NOVILLO es el único en Latinoamérica, con excepción de Brasil. Ha sido construido y perfeccionado íntegramente en México por investigadores y técnicos del ININ

En noviembre de 2002 el vocero de la presidencia de los Estados Unidos en materia de ciencia y tecnología, Dr. John Marburger [8], declara que la Administración Bush respalda el concepto de generación de energía eléctrica a partir de fusión nuclear. Considera que entre más pronto se transite de un programa de ciencia de fusión a otro de ingeniería de máquinas de fusión, más fácil resultará crear las condiciones económicas para la implementación de la energía de fusión. Añade que los necesidades de energía y los asuntos ambientales de los Estados Unidos no son distintos a los de los países de la Unión Europea, del Reino Unido así como de países como Japón o Corea, y *todos estos países están interesados en la generación basada en la fusión*. A continuación, cita al Secretario de Energía, Abraham, como que: “el Presidente está ansioso de acelerar la energía de fusión como una fuente realista de energía. Estamos comprometidos en una seria consulta, aquí en Estados Unidos y alrededor del mundo, acerca de cómo seguir un programa de fusión de la mejor manera posible. El Presidente Bush está particularmente interesado en *el potencial del esfuerzo internacional conocido como ITER y nos ha pedido considerar seriamente la participación norteamericana*”. Se añade una cita al comunicado conjunto de los Presidentes Bush y Putin de mayo de 2002 como que: “Promoveremos una mayor expansión de contactos en áreas de cooperación tales como ciencias naturales y sociales así como en *áreas de investigación básica como la energía de fusión y la física de altas energías*.” Declara el Dr. Marburger: “Estoy convencido de que no existe una vía previsible hacia la fusión práctica sin un experimento de plasma en combustión... *la comunidad de fusión de los Estados Unidos necesita el acceso a un experimento de plasma en combustión*”. Y añade: “Los participantes en ITER tienen programado alcanzar un consenso con respecto a una locación preferencial, los arreglos para compartir costos y un Director General *para abril de 2003*.”

ALGUNAS CONCLUSIONES

Es crucial el contribuir, como es el caso de Brasil, al inicio a una generación de experimentos de plasmas en combustión por el bien de la presente y futura calidad de vida humana, tanto en los países desarrollados como, principalmente, en los países en desarrollo

El mantenimiento de una política mexicana generalizadamente hostil a la investigación en fusión nuclear controlada resulta un error cada día más costoso, que se traducirá en una mayor dependencia de nuestro país.

Existe el riesgo de que el apoyo financiero de los Estados Unidos se concentre únicamente en ITER provocando desinterés en proyectos alternativos como FIRE o IGNITOR los que representan importantes estrategias enteramente distintas y posiblemente complementarias entre sí.

El éxito de proyectos como FIRE o IGNITOR demuestra que la investigación en fusión nuclear desarrollada en tokamaks de volumen compacto y menor costo, frecuentemente esféricos, no es un obstáculo para el avance de esta tecnología. Baste mencionar los proyectos [9] TUMAN-3M y GLOBUS-M de Rusia, HT-7 de China, ISTTOK de Portugal, TCABR y ETE de Brasil, COMPASS y MAST de Gran Bretaña, TS-3 de Japón, SPHERA de Italia, ROTAMAK-ST de Australia, y muchos otros más.

REFERENCIAS

- International Energy Outlook 2002*. Report#:DOE/EIA-0484(2002) Department of Energy, USA
- L. Meléndez, S.R. Barocio, E. Chávez Alarcón Memorias del Simposium Técnico Científico XIV Congreso Nacional Extraordinario. SUTIN (2001) p. 69
- K. Tokimatsu *et al.* Nuclear Fusion **42** (2002) p. 1289
- L. M. Ariza *Scientific American*, March 2000 p. 19
- J. Ramos *et al* Revista Mexicana de Física **29** No. 4 (1983) p. 551
- L. Meléndez *et al* Proc. VIII LAWPP (1998) IV-8.1
- L. Meléndez *et al* IEEE Transactions on Plasma Science V 28, No. 5 (2000) p.1676
- J. Marburger National Research Council Burning Plasma Assessment Comitee. *Remarks*. November 2002.
- E. Azizov *et al* Nuclear Fusion **42** (2002) p. 1168