

# LA ENERGIA Y LOS REACTORES "RAPIDOS"

Por JUAN MACHIMBARRENA AGUIREBENGOA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Siguiendo la línea mantenida en otros trabajos y publicaciones, el autor de este artículo se propone tan sólo divulgar temas que, aunque hayan sido planteados y conocidos ya por gentes especializadas, no han alcanzado en sus líneas generales la difusión que por su importancia merecen. Y no cabe duda que este asunto de la energía, en cuanto a su porvenir atañe, reviste para todos un extraordinario interés dadas las repercusiones que su mayor o menor abundancia y consiguiente coste pueden significar para la economía nacional.*

Es sabido que el porvenir energético de un país condiciona su futuro económico. El desarrollo más o menos acelerado de las bases con que cuenta para su crecimiento y expansión.

Resulta por ello de sumo interés llevar al conocimiento de los elementos rectores de toda sociedad económica o política una idea, si no exacta, por lo menos probable de los medios a su disposición en un porvenir no lejano para acomodarlos en lo posible al ritmo de su empresa. O bien, por el contrario, acompañar esta última a las posibilidades que al desarrollo de esos medios energéticos se prevean.

En estas líneas sólo pretendemos lanzar una ojeada al panorama que nos ofrece, respecto a lo apuntado, nuestro ámbito nacional.

Las disponibilidades que posee en toda clase de fuentes de energía. El balance actual entre la producción y el consumo y las variaciones que ha de experimentar el saldo resultante durante los próximos años.

Ahora que sobre el tapete internacional se forja una Europa unida a la que inexorablemente habremos de pertenecer, sería tal vez de un interés mayor extender este examen a ese más amplio marco. Determinar el actual balance energético de los países que hoy integran el Mercado Común e igualmente analizar sus probables fluctuaciones para deducir las consecuencias al respecto.

Si tal fuese nuestro empeño, desgraciadamente un sin número de incógnitas nos lo impedirían, y entre ellas el desconocimiento de datos verídicos sobre las fuentes de energía del Continente, sus consumos, las posibilidades de incorporación a Europa del gas y del petróleo norte-africano, así como la composición que ha de adoptar, en definitiva, la gran estructura económico-política en formación.

Por ejemplo, el ingreso o no de Inglaterra en la Comunidad podría alterar con su gran aportación carbonífera, por un lado, y por el enorme consumo que efectúa de energía, por otro, los resultados del balance, que a costa de grandes esfuerzos y dificultades llegásemos tal vez a obtener.

Así, pues, nos limitamos humildemente al vistazo que anticipamos. A la presentación del asunto dentro de nuestro marco peninsular y a la exposición de

soluciones que al grave problema que se vislumbra cabe ofrecer, entre las que figura como más destacada y convincente la de los reactores "rápidos", título con que se encabezan estas líneas.

La situación energética de España es, por desgracia, deficitaria y, lo que es peor, ha de seguir siéndolo de modo rápidamente creciente.

Ni que decir tiene lo que tal coyuntura representa de amenaza al precario equilibrio de nuestra balanza de pagos ante la perspectiva de un inminente desarrollo industrial, que para su puesta en marcha ha de ir exigiendo fuertes importaciones.

El consumo de energía, que viene experimentando un espectacular incremento en estos últimos años, ha de aumentar progresivamente, si la tan anhelada expansión económica tiene lugar. Ello agravará extraordinariamente nuestra situación deficitaria o, por el contrario, si tratamos de evitarla, frenará el auge industrial que tan vivamente deseamos y necesitamos.

A continuación se exponen, redondeando las cifras, las potencias tanto hidroeléctricas como térmicas instaladas a partir del año 1939 y las producciones obtenidas de ambas fuentes de energía.

## Potencias instaladas.

Años	Hidroeléctrica KW.	Térmica KW.	TOTAL KW.
1939	1 170 000	345 000	1 500 000
1950	1 700 000	650 000	2 300 000
1955	2 750 000	900 000	3 600 000
1960	4 599 000	1 960 000	6 550 000
1961	4 800 000	2 200 000	7 000 000

## Producción obtenida (en GWh.-millones de KWh.)

1939	2 850	267	3 100
1950	5 000	1 800	6 800
1055	9 300	2 900	12 200
1960	15 600	2 990	18 500
1961	15 800	4 800	20 600

Expuestos los datos estadísticos que nos informan sobre las producciones de energía habidas para atender al consumo del país durante la etapa transcurrida entre 1939 y 1961 (inclusive), vemos por de pronto el considerable incremento que ha tenido lugar.

Pero este notable aumento de la producción energética no ha podido verificarse con el exclusivo empleo de las fuentes vernáculas que, como antes se ha indicado, son ya deficitarias. Ha sido preciso importar algunas cuya naturaleza y cuantía exponemos en el siguiente cuadro referido como muestra, a la producción y consumo del año 1961, último del que hemos podido lograr auténticos y minuciosos datos.

Las cantidades de los diversos combustibles utilizados se hallan representados por sus equivalentes en carbón y en millones de toneladas que designamos por M.T.C.:

Clase de combustibles	Producción nacional	Consumo
Hulla .....	12,0 M.T.C.	14,0 M.T.C.
Antracita .....	3,2 »	4,0 »
Lignito .....	2,8 »	2,9 »
Petróleo bruto .....	0,0 »	8,0 »
Hidráulico .....	15,0 »	15,0 »

De la simple inspección del cuadro deducimos que el balance producción-consumo durante el año 1961 arroja un déficit de combustible que ha sido, por tanto, necesario importar, equivalente a la friolera de diez millones de toneladas de carbón.

¿Qué va a ocurrir en el futuro y en qué cuantía va a crecer ese déficit? Veamos lo que al respecto nos dicen las previsiones formuladas por nuestros organismos oficiales más caracterizados.

Para adquirir una idea nos bastará referirnos a las fijadas para los años 1965 y 1975. Helas a continuación:

*Previsiones para 1965 en M.T.C.*

Clase de combustible	Producción nacional	Consumo
Hulla .....	13,3 M.T.C.	15,0 M.T.C.
Antracita .....	4,0 »	5,0 »
Lignito .....	3,4 »	3,3 »
Petróleo bruto .....	0,0 »	11,0 »
Hidráulico .....	25,0 »	25,0 »

*Previsiones para 1975 en M.T.C.*

Clase de combustible	Producción nacional	Consumo
Hulla .....	18,5 M.T.C.	24,0 M.T.C.
Antracita .....	5,5 »	11,5 »
Lignito .....	6,3 »	5,8 »
Petróleo bruto .....	0,0 »	24,0 »
Hidráulico .....	36,8 »	36,8 »

Ante estas previsiones no podemos menos de experimentar cierto sobrecogimiento. En efecto, el saldo de 1961, ya desfavorable en diez millones de toneladas de carbón (equivalente), alcanzará la cifra de 13,6 millones en 1965 para llegar al enorme déficit de 35,5 millones el año 1975.

Asusta pensar la sangría que las adquisiciones impuestas por ese déficit significarán para nuestra precaria balanza de pagos, de no hallarse medios de producción energética propios, o en otro caso, de importación, que resulten poco onerosos para nuestra economía nacional.

A pesar de todo, no creo debamos enfocar el porvenir con pesimismo. Si no el relevo absoluto, por lo menos una cooperación considerable han de lograr los combustibles hasta hoy utilizados con la energía nuclear, pronta a entrar en escena.

Funcionan ya en el mundo más de cuatrocientos reactores nucleares, y aunque no todos operan como centrales productoras de energía, los avances que en su perfeccionamiento y economía van consiguiendo, permiten asegurar para la presente década una amplia aplicación, que se estima llegará a suponer hasta un 80 ó 90 por 100 del potencial eléctrico necesario.

En las centrales térmicas nucleares los precios se acercan a las que consumen fuel-oil, bajando más rápidamente los costos a medida que suben sus potencias con relación a aquellas que utilizan el carbón.

Los reactores de agua ligera se consideran de gran aplicación en un próximo futuro, confiando que con ellos se podrán alcanzar potencias del orden del millón de kilovatios.

En Estados Unidos se proyecta una central de 480 000 KW. que entrará en servicio para 1967, y otra de 1 000 000 que se calcula funcionará para 1972. De una a otra los costos del KWh. se cree descenderán en la proporción de 5 a 4.

Entra en los planes de nuestro Gobierno la implantación de térmicas nucleares de unos 300 000 KW. de potencia, que proyecta instalar en el Ebro, el Tajo, el Alberche y en Entrepeñas y Buendía. La que en Castellón, en la proximidad de Peñíscola va a construirse, producirá dos mil millones de kilovatios hora.

Esto sentado, ¿podemos afirmar que llevándose a cabo en breve plazo el relevo de nuestras centrales térmicas por otras de tipo nuclear, el problema deficitario de energía que padecemos quedará definitivamente resuelto?

Según las prospecciones verificadas, se han localizado hasta ahora en la Península yacimientos de uranio, por valor de un centenar de millones de toneladas en carbón equivalente. Esto es bien poco cuando hemos visto que el déficit energético en 1975 se prevé será de 35,5 millones de toneladas de carbón y que hoy ya el balance producción-consumo se cierra con un saldo negativo que rebasa los diez millones.

Podrá, desde luego, importarse uranio para quemarlo en nuestras centrales nucleares. Con ello se ganará muchísimo en facilidad y economía del transporte, pues tan sólo cuarenta toneladas de ese material equivalen a un millón de toneladas de carbón.

Bastaría, por tanto, con la importación desde ahora, de un cupo de cuatrocientas toneladas de uranio que aumentase anualmente hasta mil cuatrocientas veinte toneladas en 1975, para que térmicamente, al menos, el saldo energético resultase nulo.

Con todo, el problema de nuestra autonomía en esta materia no quedaría resuelto. Descontando las necesidades permanentes de combustible líquido, cuya sustitución por vapor o energía eléctrica no se vislumbra fácilmente por ahora, el hecho de quedar subordinados a las contingencias de regulación y restricciones que el mercado internacional pudiese imponer a la adquisición de material fisible, hace que el porvenir no se presente con excesivo optimismo.

Existe, sin embargo, una posible solución. Esta es importante y sirve para afianzar nuestra fe en el continuo progreso de la ciencia y en la superación por la inteligencia humana de cuantos obstáculos y limitaciones la Naturaleza parece divertirse en oponernos. Se trata de los reactores llamados "rápidos", o sea de centrales nucleares en las que el material utilizado sea absoluta y totalmente desintegrado. Aclaremos un poco la cuestión.

Llamemos "convencionales", por ejemplo, a los reactores que vienen instalándose y funcionando hasta la fecha, empleando el uranio como combustible nuclear. Este cuerpo simple que generalmente en forma de óxido se halla mezclado con otros en la pechblenda, uranita, etc., consta de los isótopos  $U_{92}^{238}$  y  $U_{92}^{235}$ , o sea de átomos que sólo difieren en el número de neutrones que su núcleo contiene. En este caso, tres.

La proporción en que se hallan los isótopos 235 en el uranio natural con relación a los de 238 de masa atómica, es de uno a ciento cuarenta aproximadamente.

Como es sabido, los neutrones que discurren por la atmósfera, de origen probablemente interestelar, gracias a perder su velocidad mediante el artificio de cuerpos moderadores (generalmente agua pesada o grafito), dejan de ser absorbidos en gran parte por los isótopos 238 para serlo más fácilmente por los 235, cuya "sección de captura" aumenta 10 000 veces cuando los neutrones adquieren velocidad moderada o térmica.

Y si el llamado "factor de multiplicación" rebasa la unidad, esto es, si los neutrones que brotan al romperse los átomos exceden en número (cosa que ocurre) a los neutrones atacantes, la desintegración en cadena es un hecho, y con ella la producción de enorme energía liberada, que dentro de los reactores

se traduce en una considerable elevación de temperatura.

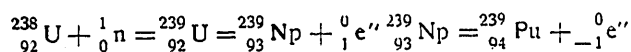
Esta forma de energía térmica es la que se aprovecha produciendo vapor en los convertidores para transformarlo generalmente en fuerza eléctrica.

No vamos a describir, por no hacer al caso, los elementos de que consta un reactor "convencional". Sus aparatos de regulación, refrigeración, reflectores, moderadores, protección, etc. Nos basta con lo expuesto para comprender que de un trozo más o menos grande de uranio natural, la desintegración no se origina más que en los isótopos 235, que solamente existen en la pequeña proporción antes indicada.

Para obviar ese grave inconveniente, se utiliza en muchos casos el llamado uranio enriquecido. Es preciso para ello separar los dos isótopos a fin de obtener el 235 aislado y poderlo utilizar solo (caso de la bomba de Hiroshima), o bien mezclarlo con el 238 en mayor proporción que la que el uranio natural comprende.

Pero esa separación, llevada a efecto principalmente con espectrógrafos de masa, es operación costosísima que sólo en fines militares puede lograr una justificación económica.

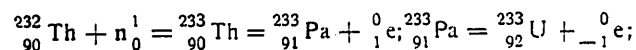
Por fortuna, y como premio sin duda a tenaces investigaciones, se descubrió en los reactores que el isótopo 238, tan abundante en el seno del uranio, en vez de comportarse como un lastre inerte, se convertía espontáneamente por una serie de reacciones en el cuerpo llamado plutonio  $Pu_{94}^{239}$ . La expresión de las transmutaciones, en virtud de las cuales por la absorción de un neutrón el uranio 238 se transforma en plutonio, es la siguiente:



El uranio 238 se convierte en el isótopo 239, que es inestable y se transforma en el neptunio (Np) con emisión de un electrón. El neptunio, por fin, se convierte en plutonio (Pu) con emisión, también, de otro electrón.

El torio Th, por la absorción, también, de un neutrón sometido a un parecido proceso, se trueca en el isótopo 233 del uranio.

Su expresión es:



En esta cadena de transmutaciones el torio 232 pasa a ser su isótopo 233, que luego con emisión de respectivos electrones se transforma en protactinio (Pa) y, por fin, en uranio 233, que es fisible como el 235.

Del conocimiento de estos resultados nació la concepción de los reactores llamados "breeders" o auto-regeneradores. Quemando en ellos el uranio natural o el torio sin perjuicio de aprovecharse la energía nuclear propia de los reactores convencionales, por

la rotura del isótopo 235 del uranio o 232 del torio, se conseguiría el plutonio o el uranio 233.

Con estos dos cuerpos utilizados como primeras materias combustibles en una central nuclear, ya podríamos aspirar a la desintegración total. Al aprovechamiento completo del material por la fisión de todos sus átomos.

Esta es, pues, la base en que se fundan los reactores "rápidos". Con ellos, puesto que nuestras disponibilidades de uranio natural se cifran en un centenar de millones de toneladas de carbón equivalente, la energía nuclear en potencia con que contamos ascendería, al ser multiplicada por 140 (relación entre los isótopos 238 y 235), a una reserva de 14 000 millones de toneladas de equivalente en carbón.

Ni que decir tiene que con tal providencial solución, desaparecerían por muchísimo tiempo todas las inquietudes que en punto al porvenir de la energía nos amedrentan, y con razón.

Ignoramos si en la península existen yacimientos de torio y en qué cuantía, pero con sólo el plutonio que extrajésemos de nuestras centrales nucleares de tipo convencional lograríamos el aprovechamiento integral de nuestras disponibilidades, con lo que el problema energético en el futuro podríamos considerarlo satisfactoriamente resuelto.

A título de información exponemos las diferencias principales que caracterizan a unos y a otros tipos de reactores y que son en resumen los siguientes:

a) Los "convencionales" funcionan con un combustible como es el uranio natural, en que el isótopo 238 no fisible predomina sobre el 235. En cambio, los "rápidos" queman el uranio 235 fisible totalmente desprovisto del 238, o también el plutonio aislado, o el uranio 233 (obtenidos del torio), ambos igualmente fisibles.

b) Los neutrones reducen su velocidad en los convencionales por el empleo de materiales moderadores (agua pesada, ligera o en ebullición, grafito, etc.), mientras que en los rápidos los neutrones actúan a su velocidad de llegada al reactor.

c) El llamado "factor de conversión", relación de la energía obtenida a la potencial del combustible, es en los reactores convencionales incluso en los enriquecidos, menor que la unidad (0,07 con uranio natural), llegando a superarla en los rápidos mediante la envoltura del combustible por un recinto de materiales llamados fértiles.

d) En los reactores convencionales más modernos, se utilizan como refrigerantes el anhídrido carbónico, el agua ligera o en ebullición que sirve de

moderador, así como líquidos orgánicos. En los rápidos la refrigeración corre a cargo de metales líquidos como el sodio o con mezcla de potasio para bajar su punto de fusión.

Supera, como hemos indicado, la unidad el "factor de conversión", en los reactores rápidos, merced a la zona llamada fértil o "blankit" con que se rodea en ellos el combustible objeto de la fisión total.

Esa zona está constituida por materiales denominados "fértiles", como son el uranio 238 o el torio 232, que recogen los neutrones rápidos fugitivos del núcleo combustible y se transforman por las reacciones que antes detallamos en plutonio o en uranio 233.

El control de la desintegración en cadena ya se comprende ha de ser pieza fundamental en los reactores rápidos. Hay que tener presente que reactores de uranio 235 o de plutonio son en principio bombas como las que fulminaron Hiroshima y Nagasaki en las terribles jornadas de agosto de 1945.

Sin embargo, no parece difícil que las mismas barras de boro o cadmio que regulan el factor de multiplicación en los reactores convencionales puedan asimismo detener la proliferación de neutrones en los rápidos, graduando y repartiendo en el tiempo la tremenda energía que, de ser liberada en el acto, originaría los devastadores efectos ya conocidos.

Surge, sin embargo, una duda que el lector probablemente concretará en la pregunta siguiente: ¿Qué tiempo habrá de transcurrir para que los reactores rápidos funcionen normalmente?

Se cree por los especialistas, que antes de 1980 esos reactores, ya bien probados y a punto, entrarán a participar como eminentes productores de energía en la red de centrales nucleares, que mucho antes de esa fecha estará ya en corriente servicio.

Por ahora continúan los ensayos, principalmente en Inglaterra, Estados Unidos, Francia y suponemos que también en Rusia.

Mientras tanto no se perderá el tiempo, pues las grandes centrales nucleares, para satisfacer nuestras acuciantes necesidades de energía, servirán para crear al propio tiempo plutonio combustible, básico para los futuros reactores rápidos.

Todo parece, pues, invitarnos al optimismo.

El uranio y el torio abundan en la tierra mucho más que el oro, la plata o el bismuto, y de propina, para un futuro más lejano, nada nos impide vislumbrar otra nueva fuente de energía más considerable, inagotable y económica que todas las precedentes: la fusión del hidrógeno.