

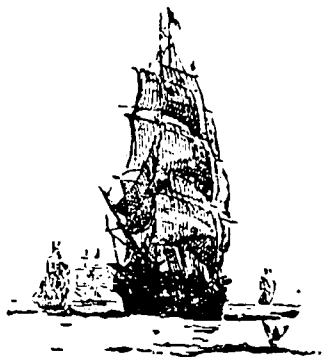
LOS CUATRO ORDENES  
DE LA RAZON

*Conferencia del doctor ABELARDO F. ROSSI*



POSIBILIDADES DE LA ENERGIA  
ELECTRONUCLEAR EN  
LA ARGENTINA

*Conferencia del ingeniero MARIO E. BÁNCORA*



Edición del Instituto de Publicaciones Navales

Buenos Aires

1965

# POSIBILIDADES DE LA ENERGIA ELECTRONUCLEAR EN LA ARGENTINA

Disertación del Ingeniero MARIO E. BÁNCORA

*Presentación del conferenciante por el  
vicealmirante Carlos A. Garzoni*

*El tema a desarrollarse en la sesión de hoy, con la que se clausura el ciclo 1964 del Instituto Naval de Conferencias, se refiere a las posibilidades de la energía electronuclear en la Argentina.*

*Entiendo que el tema tiende a satisfacer una curiosidad muy grande que existe entre quienes piensan en el futuro del país.*

*Ya hace años se propuso la instalación de una central eléctrica sobre la base de combustible nuclear y, por entonces, el balance económico que proporcionaban las soluciones no era satisfactorio. Pero este aspecto, así como el científico-técnico, que le da vida, ha evolucionado rápidamente y es muy probable que seguirá haciéndolo en forma tal que, entiendo, ha modificado el planteo, de manera que hoy ya es posible hablar en términos menos dubitativos sobre este problema tan importante. Y es claro, entonces, que el tema tenga una relevancia de excepción, por las implicancias políticas y sociales que las soluciones van a proveer.*

*En nuestro país el costo de la energía eléctrica es elevado y, además, la producción es insuficiente, con lo que se afecta el desarrollo.*

*Por otra parte, la cooperación internacional en estas cuestiones ha llegado a valores ponderables, según lo señala la Comisión Nacional de Energía Atómica, lo que se nota —dice— a través de la existencia y forma de actuar del Organismo Internacional de Energía Atómica.*

*Las condiciones especiales de nuestro país en crecimiento demográfico e industrial, hacen que el tema resulte particularmente interesante. Lo ha de tratar el señor ingeniero Mario E. Bâncora, graduado como tal en la Facultad de Ingeniería de Rosario de la Universidad Nacional del Litoral. También fue en Rosario donde cursó sus estudios secundarios, graduándose en ambos niveles con las más altas notas y, en virtud de ello, al obtener el título de ingeniero es*

*becado por el Instituto de Educación Internacional de los EE. UU. de N. A. para especializarse en física atómica en la Universidad de California.*

*Aquí comienza su carrera de investigador, que se desarrolla tanto en los Estados Unidos como en nuestro país. Detallar este aspecto de la actividad del ingeniero Bâncora nos llevaría mucho tiempo. Sin embargo, debo mencionar en particular, que su actividad científica le ha valido obtener la beca TECHNICAL AND SPECIALIZED PERSONNEL GRANT, del Departamento de Estado de los EE. UU. para visitar los laboratorios de física de las más importantes universidades norteamericanas.*

*Por brevedad sintetizo la brillante trayectoria de nuestro conferenciante de hoy, destacando que actualmente es Director de la Comisión Nacional de Energía Atómica, tareas que comparte con las cátedras en Universidades y además desempeñándose como miembro de la Comisión especial de la Alianza para el Progreso, para promover la programación y el desarrollo de la ciencia, la educación y la cultura.*

*He ahí el tema y nuestro conferenciante de hoy, de quien he omitido mucho de su actuación para aprovechar el tiempo en oír sus reflexiones.*

*Ingeniero Bâncora: mucho agradezco en nombre del Instituto Naval de Conferencias el que haya aceptado ocupar esta tribuna, que queda a su disposición.*

#### CONFERENCIA DEL INGENIERO MARIO E. BÂNCORA (\*)

Agradezco al almirante Garzoni sus generosas palabras y a la Comisión del Centro Naval la oportunidad que me brinda de usar esta prestigiosa tribuna.

Trataré de responder en la forma más concreta posible, para no abusar del tiempo que ustedes bondadosamente me dedican, a una de las preguntas que se nos formulan más a menudo. No me voy a ocupar, en cambio, de otra de ellas, que también se distingue por su frecuencia: el consabido chiste sobre cuándo hacemos la bomba atómica.

La pregunta es: ¿Tiene sentido en un país, donde existen —como en el nuestro— tantos problemas primarios sin resolver, ocuparse de energía atómica?

Y, ya entrando más en detalle, las preguntas concretas son: a) ¿es necesaria la energía atómica en la Argentina?; b) ¿es económicamente conveniente?; c) ¿hay peligro en su utilización?; y, finalmente, d) ¿qué tipo de planta debemos adoptar?

Trataré de responder a esas preguntas, que supongo existen en las mentes de ustedes, en ese orden y procuraré poner a vuestra disposición los hechos que abonan nuestro convencimiento de que en la Argentina la energía atómica no solamente es necesaria; no sola-

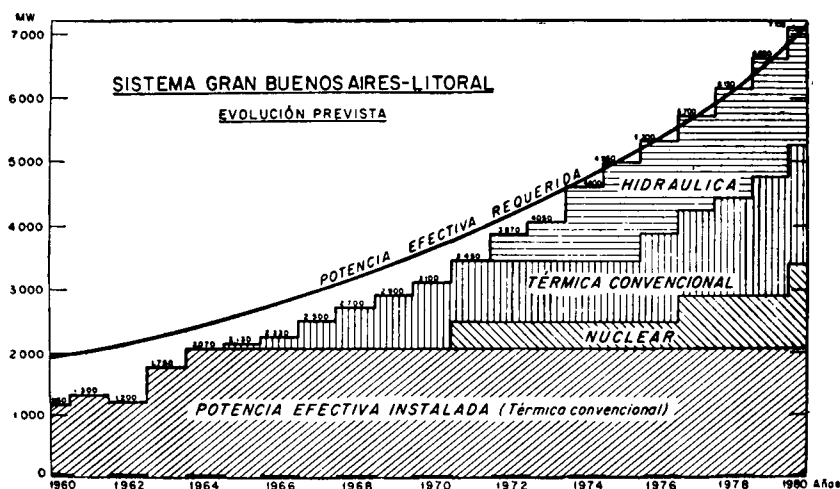
---

(\*) Texto obtenido de una versión grabada de su disertación.

mente es conveniente; no solamente no es peligrosa; sino que es absolutamente indispensable si queremos hacer de nuestro país la Nación que todos ambicionamos.

Comencemos por considerar la situación energética argentina. Esa situación ha sido presentada recientemente a la Tercera Conferencia Internacional de Ginebra por el presidente de la Comisión Nacional de Energía Atómica, contraalmirante Quihillalt, en un trabajo del cual tengo varios ejemplares y que gustoso pondré a disposición de ustedes. Trataré de hacer un resumen del contenido de este trabajo en lo referente a la situación energética en la zona Gran Buenos Aires-Litoral.

El Cuadro N° 1 pertenece a dicha publicación y, en el mismo, se indica la evolución prevista del sistema Gran Buenos Aires - Litoral.



Cuadro N° 1

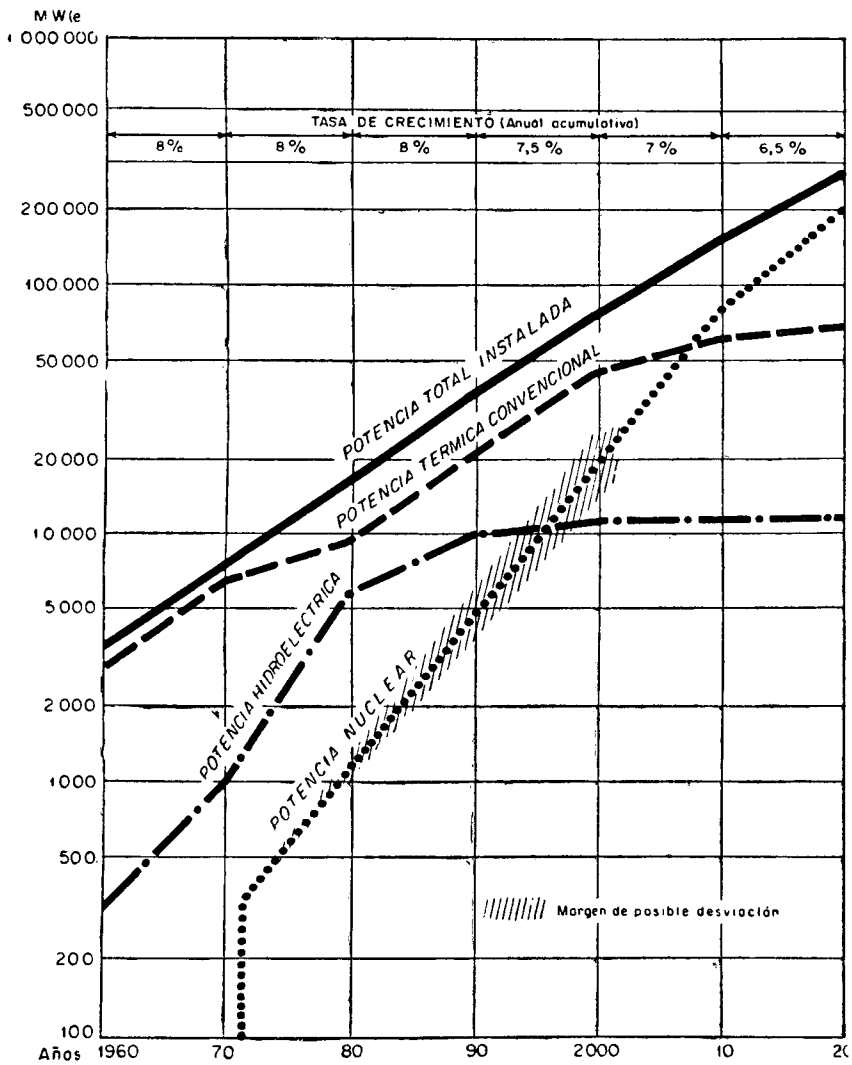
La razón de centralizarnos en este sistema es porque es el único cuya capacidad permite contemplar la instalación de un reactor. Desde el punto de vista económico, un reactor tiene que tener un tamaño mínimo y ese tamaño mínimo, naturalmente, tiene que estar conmensurado con las exigencias de la red. Dentro de las posibilidades argentinas, solamente en la zona del Gran Buenos Aires - Litoral hay una capacidad de carga que justifique la instalación de un reactor cuya potencia mínima —a los efectos de su uso económico— tiene que ser de 200.000 kilovatios. Existe, además, otro factor que es la necesidad de que haya un alto coeficiente de utilización de ese reactor, vale decir, que exista un factor de carga que sea, por lo menos, del 80 %. Esto significa que debe haber una extensa interconexión, una zona de influencia grande que posibilite el empleo casi constante de la plena potencia del reactor, y esa zona de influencia grande no existe, por el momento, en otras zonas del país. Por ello es que el gráfico del Cuadro se circunscribe a la zona de mayor

consumo, donde se puede ver que en el año 1964 nuestra capacidad instalada es de unos 2.000 megavatios. Actualmente, 2.000 megavatios es la potencia instalada en el mundo en materia de energía nuclear, es decir, que nuestra actual demanda de electricidad podría ser cubierta por las usinas de origen nuclear ya instaladas y en funcionamiento.

La curva del Cuadro en consideración, es la representativa de la potencia efectiva requerida, de la cual se ha previsto un incremento razonable, que es del orden del 8 % anual. Eso es, por otro lado, lo que la extrapolación de años anteriores nos permite establecer y además, es el crecimiento normal en todas partes del mundo, por lo menos en países que están razonablemente organizados. En ellos, la potencia eléctrica instalada se duplica cada 10 años; entonces, esta es la curva de nuestros requerimientos, pensando que nuestro país va a seguir la curva ascendente como es lógico esperar.

Como ustedes saben, la situación, hasta hace poco, era la de un déficit bastante considerable y esa situación ha sido corregida con la puesta en funcionamiento de las nuevas centrales. En el año 1964, toda la potencia efectiva instalada es de origen térmico; todavía no hay en la red otra fuente que no sea la del tipo convencional con combustibles fósiles. Siguiendo la línea representativa del Cuadro, se puede observar el enorme desequilibrio que se va produciendo entre lo que realmente necesitamos y lo que disponemos. Existe una serie de escalones que tendrán que ser cubiertos por la energía térmica convencional. Recién en el año 1972 se prevé la entrada en servicio de Salto Grande, por lo menos de sus primeros aportes, y aparece por primera vez la contribución de la energía hidráulica. Esta contribución de energía hidráulica, tomando su máximo (el problema de Salto Grande es que hay que compartir su energía con el Uruguay, de manera que tiene que haber una serie de ajustes bastante delicados), lo máximo que nosotros podemos esperar de sistemas de esa naturaleza, es del orden de unos 2.000 megavatios —eso tomando en consideración todo el aporte de origen hidráulico que puede recibir la red— y nos queda un tremendo déficit de energía con respecto a la que tenemos actualmente instalada, que lo deberemos cubrir con centrales de combustible fósil o con energía nuclear.

Naturalmente, la elección final será efectuada en términos de conveniencia económica —a ese tema me voy a referir luego— pero se puede apreciar la enorme necesidad que existe de suplementar la línea de potencia instalada de que actualmente disponemos. Aquí se ha previsto que alrededor del año 1972 entre en funcionamiento nuestro primer reactor de potencia. De ese reactor, en este momento, se están comenzando a hacer los estudios de factibilidad y la fecha de puesta en funcionamiento está prevista así, por el hecho de que en cualquier país se necesitan, por lo menos, 5 años para instalar un reactor de esta naturaleza. Además, naturalmente, hay un período previo de estudios que hay que tener en cuenta, de manera que si queremos que este déficit esté aunque sea parcialmente cubierto en la próxima década, debemos empezar ahora y eso es lo que estamos haciendo.



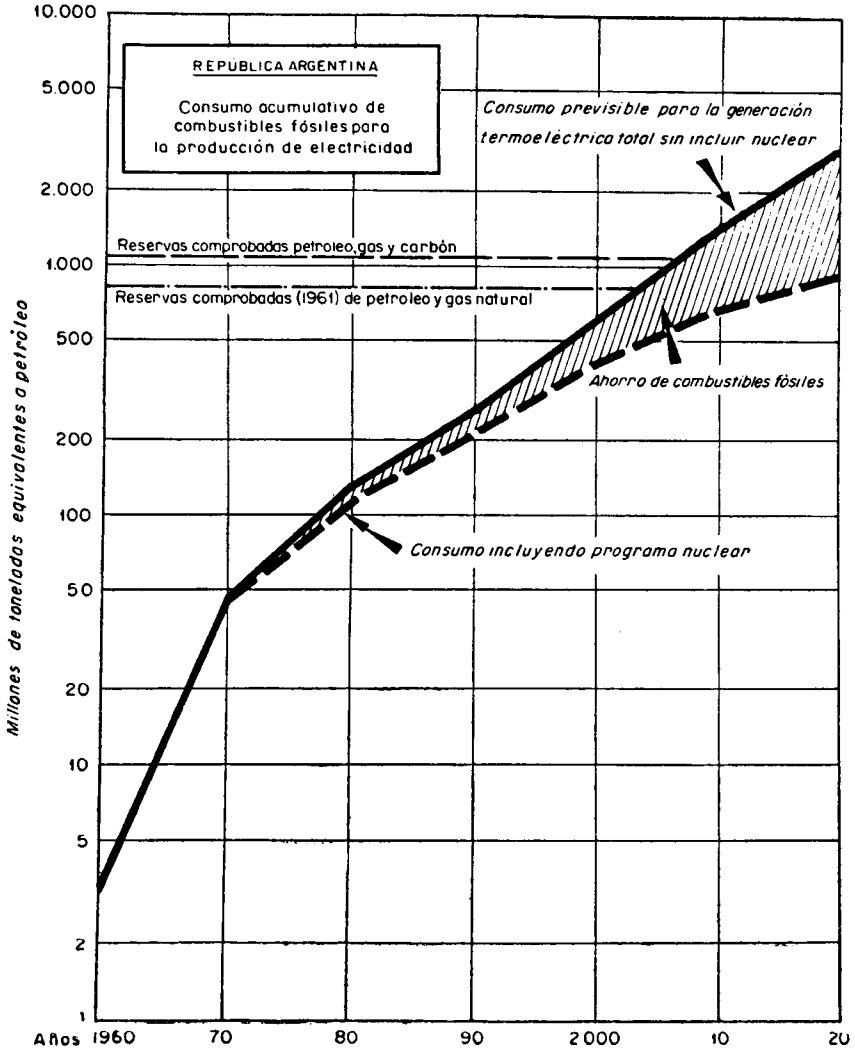
Cuadro Nº 2

A continuación me voy a referir al aspecto económico y, para ello, consideraremos el Cuadro N<sup>o</sup> 2, el cual contempla las necesidades de todo el país. Como se puede observar, tenemos una línea en lugar de una curva, debido a que es un gráfico semilogarítmico. Partimos desde 1960, con más o menos 3000 megavatios instalados y previendo una tasa de crecimiento que es del 8 %, 8 %, 8% y luego va reduciéndose al 7 1/2, 7 y 6 1/2, por lo cual ustedes ven el achatamiento de la curva. Esta es la curva de requerimientos; la línea de rayas representa la potencia térmica convencional y la hidráulica. Ahora: tomando en cuenta todo lo que el país puede producir, todas sus posibilidades económicas de explotación hidráulica, se ve que, inmediatamente, se alcanza un *plateau* del cual no podemos salir. La potencia máxima que el país puede esperar de todas sus fuentes hidroeléctricas es del orden de los 10.000 megavatios, exactamente 11.000 megavatios, y más allá no podemos pasar económicamente. El resto tiene que ser cubierto, ya sea por energía de tipo convencional o energía de tipo nuclear. Está indicado nuestro pronóstico con respecto a la energía nuclear: comienza en el año 1972 —digamos con un valor del orden de 350 megavatios— y luego se va duplicando con una tasa prudente de crecimiento, es decir, se va duplicando mucho menos rápidamente de lo que se prevé en otros países. Por ejemplo: si ustedes se fijan en la abcisa para el año 2000, tenemos que, para ese año, la energía de origen núcleo-eléctrico prevista es del orden de 20.000 megavatios, y esta cifra, con respecto a la total para el mismo año (80.000 Mw.) está considerablemente por debajo de lo que prevén países como los Estados Unidos, donde, para el año 2000, se considera que por lo menos el 50 % de su potencia total instalada va a ser de origen nuclear.

En el cuadro N<sup>o</sup> 3 se representan las implicancias de instalar energía nuclear frente a las de seguir con combustibles de tipo convencional. Las líneas finas horizontales, la de rayas entrecortadas (— — —) y la de rayas entrecortadas con puntos intercalados (— . — . —) representan nuestras reservas comprobadas, es decir, de la misma manera que tenemos un plafón en materia de energía hidráulica, también tenemos un plafón en materia de combustibles fósiles.

Realmente, si uno reflexiona un poco, resulta que nuestra generación y las que nos antecedieron están cometiendo un crimen de lesa humanidad, al quemar petróleo o nafta, por ejemplo, en una vuelta en automóvil. Este petróleo y sus derivados han tomado siglos, miles de siglos, en formarse, y en diez minutos se anulan y desaparecen para las generaciones futuras. En cambio, ese mismo petróleo puede usarse en otra línea de producción, como por ejemplo en la petroquímica, con una utilidad enormemente mayor y con un provecho enorme, porque no es reemplazable para estos fines y, en cambio, sí es perfectamente reemplazable para la producción de energía.

Dejando de lado esas consideraciones, vamos a ir al orden estrictamente económico, para ver cuál es la situación actual y futura. Como se ve en la parte superior del Cuadro N<sup>o</sup> 3, la línea de rayas finas representa nuestro plafón en materia de reservas comprobadas



Cuadro Nº 3

de petróleo, gas y carbón; y la línea de rayas finas con puntos intercalados representa nuestro plafón en materia de reservas comprobadas de petróleo y gas natural. Si no se toma ninguna previsión con respecto a la implementación de la producción de energía con combustibles fósiles mediante energía de tipo nucleoelectrónico, aproximadamente en el año 2000 —digamos 2005— estaremos al final de nuestras reservas. No está muy lejos 2005, señores, ¿y después? Estas ordenadas representan la diferencia en cambio de haber instalado energía nuclear en las proporciones previstas, lo que nos permite —además de un respiro considerable— el aprovechamiento mucho más racional de nuestras reservas.

Esa es la situación de necesidad en que nos encontramos, situación de necesidad que, por otra parte, existe en todo el mundo. Las reservas de combustible de tipo convencional en el mundo, se calculan en el orden del equivalente a  $3\frac{1}{2}$  billones de toneladas de carbón, es decir,  $3,5 \times 10^{12}$ . Esto es todo lo que disponemos, de acuerdo a nuestro conocimiento actual en materia de combustibles fósiles en nuestro planeta. Para el consumo actual nos alcanza para unos 700 u 800 años, y eso no parece demasiado desesperado, pero, si se tiene en cuenta que el consumo se está duplicando, además, cada 10, la situación está lejos de ser brillante. Si, en cambio, añadimos los recursos actuales conocidos de uranio, esta cifra se multiplica por un factor dos o tres, es decir, la energía que podemos producir usando el uranio es dos o tres veces superior a la energía que podemos producir usando los combustibles fósiles y si, además todavía, se agrega el torio —las reservas controladas de torio— la cifra es 10 a 20 veces mayor, con lo cual la humanidad tiene un respiro lo suficientemente grande como para que entren en juego otros tipos de fuentes de energía, como por ejemplo, el deuterio contenido en el agua de mar que, en una reacción termonuclear, nos puede producir energía en magnitudes enormemente mayores que las de los combustibles convencionales y aun de la energía de fisión nuclear.

De todas maneras, la situación en el mundo es tal que ya hoy día hay naciones que están pensando muy seriamente en términos de efectuar sus instalaciones totales de energía usando, preponderantemente, energía de origen nuclear. Un ejemplo interesante es el caso de la India. La India, que tiene un problema que, afortunadamente, no lo tenemos nosotros —ahí existe el problema del hambre, de la gente que muere de hambre todos los días en las calles— y, sin embargo, en la India se están instalando ya tres reactores y se comenzó esto hace bastante tiempo, por la filosofía base de que ninguna energía —como lo ha dicho su presidente de Energía Atómica— es más cara que no tener energía. A cualquier costo, la energía tiene que estar disponible para el desarrollo.

Esto lo ejemplifica claramente la situación de los Estados Unidos que, con el 6 % de la población mundial, consume el 33 % de su energía total y eso les da a ustedes una idea de por qué, entre otras cosas, están los Estados Unidos en la situación de privilegio en que se encuentran. El consumo *per cápita* de un norteamericano es del orden de 6 toneladas de carbón por año, mientras que el consumo

*per cápita* en Asia es de 0,1 toneladas de carbón, 60 veces menor. Naturalmente, eso hace una fuerte diferencia en cuanto a las posibilidades de progreso de un país.

A continuación, vamos a ver el aspecto económico: dejemos un poco de lado el aspecto de la necesidad, que si no está suficientemente ejemplificada tendré mucho gusto en ampliar detalles a posteriori.

¿Cuánto cuesta instalar una central nuclear? Depende, naturalmente, del tipo de central nuclear que se desee instalar. Se trata de una tecnología que está en desarrollo; hay varias alternativas y, consecuentemente, también hay varios precios para cada filosofía de reactores. Últimamente, y esto es muy reciente, se han dado precios que equivalen a los precios de una central convencional en cualquier parte del mundo.

Esta afirmación está ejemplificada dramáticamente por la *Jersey Electric and Power Company*, de New Jersey, en los Estados Unidos. Esta es una compañía particular que está instalando en Oystercreek, cerca de Atlantic City, una central nuclear por cuenta propia, sin recibir recursos del gobierno ni subvenciones de ninguna naturaleza, porque el estudio económico que ha realizado le ha permitido comprobar que los costos de energía, producida por esos medios, son inferiores a cualquier otro que se pueda instalar en la zona, donde el costo del petróleo en usina es la mitad del nuestro.

Para ser precisos: la central de Oystercreek, instalada por la *New Jersey Electric and Power Company*, es una central que está programada inicialmente para 500 megavatios eléctricos. En estas condiciones, esta central ha costado 132 dólares por kilovatio instalado; ese es precio firme, cotización dada por la *General Electric*. No para ahí la cosa: se prevé que esta central va a poder dar 600 megavatios en lugar de los 500, y si da efectivamente, como se prevé, los 600 megavatios eléctricos con la misma instalación, el costo de la central se reduce a 110 dólares por kilovatio instalado. Este es el precio de cualquier central convencional de esa potencia.

¿Cuánto cuesta la electricidad producida por esta central? Si se toma sobre la base de los 500 megavatios, el Kilovatio-hora producido va a estar alrededor de los 4,2 milésimos de dólar por Kilovatio-hora, y si llega a los 600, va a estar en 3,8 milésimos de dólar por Kilovatio-hora. El costo del petróleo en la zona de Atlantic City, donde está instalada la central o (mejor dicho, no voy a hablar del costo del petróleo porque, en realidad, ellos usan con preferencia el carbón, por ser más barato), de manera que voy a hablar en términos de equivalencia térmica. El costo del equivalente de carbón en la zona es del orden de 25 centavos —0,25 de dólar— por millón de B.T.U.

Con estos precios se ha llegado a la conclusión de que una central convencional del último modelo posible de este tamaño instalada en los Estados Unidos, donde los precios de instalación siempre son inferiores, produce energía más cara y cuesta más que una central atómica instalada en el mismo lugar, donde el precio del combustible es el indicado. Este precio del combustible equivale, expresándolo en petróleo, a menos de 10 dólares por tonelada de petróleo.

¿Cuánto nos cuesta a nosotros el petróleo en usina? Bueno: es uno de los secretos mejor guardados; no podemos dar cifras que sean demasiado certificables, pero nuestras averiguaciones nos permiten afirmar que en ningún caso el precio es menor de 20 dólares. De 20 a 25 dólares es nuestro precio del petróleo puesto en usina, exactamente el doble. ¿Cuánto nos cuesta a nosotros la energía generada, en estos momentos, por una central relativamente moderna? No hablemos del promedio de las que están instaladas, porque hay algunas que merecen, desde hace rato, la jubilación. La central de San Nicolás está produciendo energía a una precio de 15 a 17 milésimas por Kilovatio-hora.

¿Cuánto nos cuesta una central de último modelo de tipo convencional? De nuevo éstos son datos que hemos podido obtener con dificultades y no son oficiales, pero en la Central Costanera, que todavía no se ha terminado de instalar, el costo del kilovatio instalado ha sido de 270 dólares. Es decir, que está costando más del doble de lo que cuesta la de Oystercreek y está produciendo energía, o va a producir energía, alrededor de 3 veces el costo de la producción de la de Oystercreek.

Ahora no quiero dar lugar a que se piense que, como estoy incurso en las generales de la ley, favorezco a la parte nuclear. No es estrictamente cierto que la misma central de Oystercreek puesta acá nos costaría a nosotros lo mismo. Desgraciadamente, siempre nos cuesta más. Hay un factor misterioso, o no tan misterioso (conocemos por lo menos muchas de sus causas), que hace que los precios suban acá. Tomemos el caso de la India. Resulta que en la India, en Tarapur, se está instalando una central por el mismo contratista que instala la central de Oystercreek. Es más chica, porque la central de Tarapur tiene 380 megavattios frente a los 500 o 600 que tiene la de Oystercreek. A pesar de ser el mismo contratista (la *General Electric*, para más datos) la central de Tarapur en la India, sale el doble, por Kw. de lo que cuesta la de Oystercreek. Razones: el menor tamaño; cuanto menor es la potencia, tanto mayor son los costos por kilovatio instalado, y, luego, los problemas que los indios tienen y que, desgraciadamente, nosotros en gran parte compartimos.

Pero, señores, el doble de 132 es 264 y con 264 estamos en el mismo orden de magnitud del costo de la Central Costanera. En cambio, la producción de la energía en la India o en el Canadá o en cualquier otra parte del mundo, por un reactor nuclear una vez instalado, cuesta aproximadamente lo mismo. La producción de energía, entonces, sigue siendo tres veces más baja en términos de costos. Voy a referirme luego a esta circunstancia, cuando entremos a ver qué tipo de reactor puede ser aconsejable, porque existe un problema, y es el hecho de que Oystercreek usa un combustible enriquecido que solamente puede ser proporcionado por los Estados Unidos o por Rusia, o bien por el Organismo Internacional de Energía Atómica, al que, a su vez, se lo suministran los Estados Unidos. Teóricamente, Inglaterra podría proporcionar algo y Francia también, pero prácticamente la posibilidad para nosotros está representada por los Estados Unidos.

Últimamente —hace de esto unos 15 días— han salido precios firmes, ofrecidos por la *General Electric*, para este tipo de central y la cotización es 117 dólares, precio fijo por kilovatio instalado incluyendo el terreno (para una central de 600 Mw), cosa que muchos europeos inclusive dudan como precio comercial; dicen que pierden plata. Ahora, eso no es problema nuestro, evidentemente, pues se trata de una cotización en firme dada por la *General Electric*, impresa, como cualquier vende cualquier otro artículo de stock.

Vamos a ver ahora el tercer aspecto: el aspecto del peligro nuclear. Desgraciadamente, cada vez que se toca este tema aparece en la mente de la gente la imagen del hongo nuclear, la bomba, etc. Ya me referí a ello anteriormente.

Sin embargo, confundir un reactor con una bomba es, más o menos, como confundir un explosivo con un combustible. No hay ningún problema, ningún peligro de una explosión nuclear con un reactor. Es decir, de una explosión que pueda compararse ni aun remotamente al efecto de una bomba. Un reactor está construido de tal manera que lo peor que le puede suceder es que se fundan sus elementos combustibles y haya una cierta liberación de isótopos radioactivos, en el caso del accidente máximo posible. En los Estados Unidos se han hecho experiencias tratando de hacer explotar un reactor y lo único que se ha conseguido es que se fundiera su núcleo, de manera que peligro de explosión no hay.

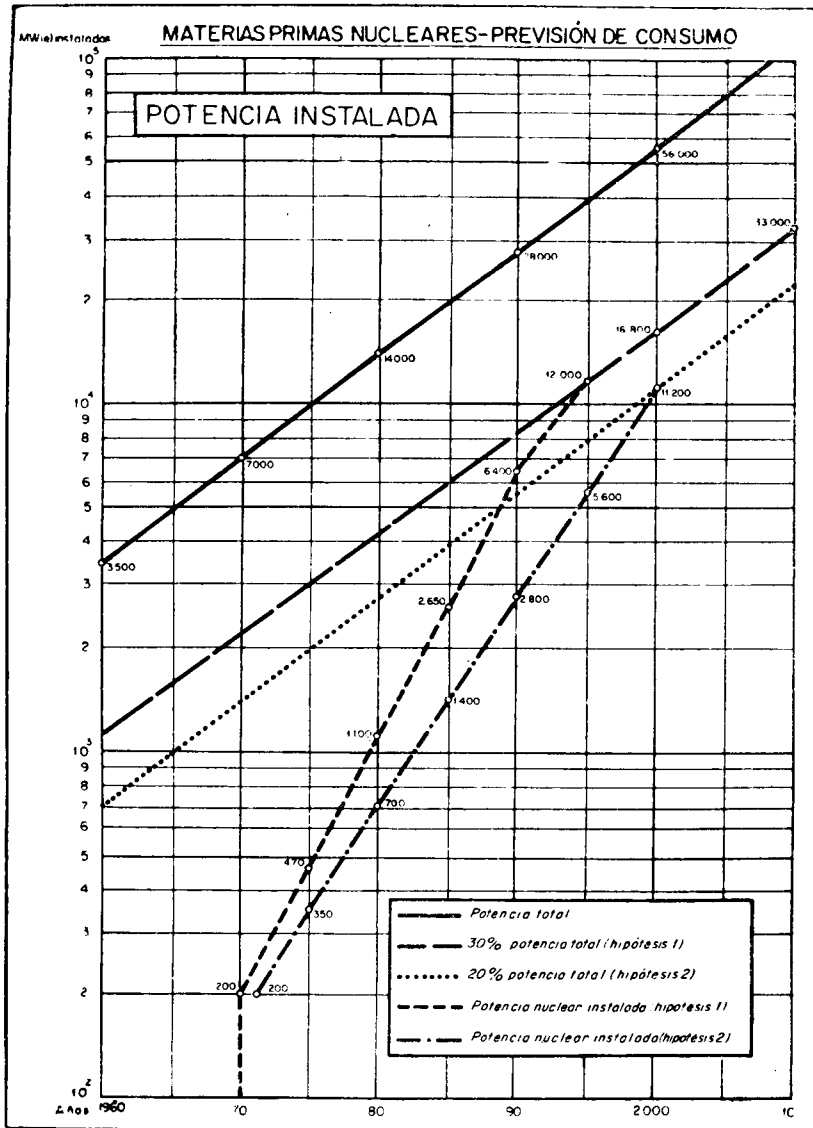
Vamos a ver el otro peligro: el peligro de radiaciones. Sobre esto también se ha exagerado bastante, sobre todo a raíz de un accidente desgraciado, que ocurrió en Inglaterra, con la estación de producción de plutonio de Windscale, que fue una de las primitivas. Allí hubo, en un momento determinado, una cierta liberación de productos de fisión, que fue vastamente publicada en todos los diarios del mundo. Es el único caso que se conoce y, en una central moderna, casi imposible de que eso suceda. ¿Cómo se compara esta situación, desde el punto de vista de la salubridad, con la situación que producen las usinas que queman combustible convencional? En primer lugar, la industria del carbón, sobre todo, es una de las industrias que tiene la historia de accidentes que es, quizá, una de las peores. Hace ya 22 años que se está trabajando en reactores y, durante todo ese tiempo, han muerto seis personas por accidentes de tipo nuclear. En la industria del carbón han muerto más de 20.000 en todo ese tiempo. Digamos que eso es un riesgo ocupacional, ¿cuál es el riesgo para la gente que tiene instalada en su ciudad una usina convencional, frente a una usina de tipo nuclear? En primer lugar, tenemos un problema por el humo, problema que ha sido muy serio en ciertas zonas, como por ejemplo en Los Angeles, en los Estados Unidos, y todavía más serio en Londres. Con lo que ellos llaman el *smog*, en Londres, solamente en diciembre del año 1952 fallecieron 4.000 personas a raíz de ese problema, y la cosa se repitió en 1962, después de una enorme cantidad de medidas de precaución; entonces las medidas de precaución hicieron que en lugar de 4.000 murieran 750. Pero eso, concierne solamente al efecto inmediato. Se calcula que en los Estados Unidos solamente —y estos son datos de la oficina de salubridad de los Estados

Unidos— por irritaciones pulmonares, cánceres y demás, provocados por el humo, 20.000 personas anualmente fallecen debido al efecto de esta emanación, principalmente por efecto del anhídrido sulfuroso que, inevitablemente, producen los combustibles convencionales. Es muy difícil estimar cuál es la incidencia genética de todos estos derivados de petróleo quemados y que constantemente estamos inhalando, pero se puede con toda seguridad afirmar que de bueno no tiene nada. No termina ahí la historia; no es solamente el problema del *smog*, que ha llegado a que se prohíba, por ejemplo, en el área de Los Angeles, la instalación de centrales de energía por medios convencionales. Curiosamente el problema de la radiación, es todavía peor en el caso de los combustibles convencionales que en una usina nuclear, y ese es un hecho poco conocido. Según cálculos de Merrill Eisenbud, quien es profesor de la Universidad de New York y especialista en *Health Physics*, una central térmica de 1.000 megavatios produce una radioactividad ambiental por las cenizas y por el desprendimiento de productos radioactivos gaseosos en los combustibles, del orden de 6 milicuries por año. Estos 6 milicuries por año se deben al radio 226, al radón 222, al plomo 214, al bismuto 214 y al potasio 40, todos radioelementos que se encuentran en los combustibles convencionales. Esto parece poco, pero la efectividad de estos 6 milicuries, comparada con los productos que puede liberar un reactor nuclear, que son fundamentalmente en términos de gases: criptón y yodo, equivalen a 1.500 curies de criptón 85 y a 1,2 curies de yodo 131. Es decir que desde el punto de vista de la radioactividad —sin hablar de los problemas químicos producidos por el humo— resulta ser que una central de tipo convencional es más peligrosa, desde el punto de vista de la salud, que una central nuclear.

Yo no tendría problemas en tener mi casa cerca de una central nuclear moderna y si los tendría de vivir cerca de una central convencional, aun suponiendo que esa central tenga las mejores prácticas posibles en términos de remoción de residuos sólidos de humo.

La conveniencia existe del lado de la energía nuclear, hasta tal punto que no hay ninguna duda de que en el futuro, en el centro de las ciudades, no se va a permitir la instalación de fuentes de energía eléctrica convencional y sí se van a instalar, porque son completamente seguras, fuentes de energía nucleoelectrica. Eso por lo que hace a la salud y seguridad.

Vamos ahora a la parte más difícil del problema: qué reactor instalamos. Como ya he dicho, eso es parte de un estudio que se inicia ahora, donde hay que recopilar una cantidad más grande de datos, y dentro de un año esperamos dar a conocer las conclusiones y poder definir claramente cuál es el rumbo en que se va a embarcar el país, pero, en líneas generales, la situación es la siguiente: de la multiplicidad de reactores que existen, se pueden establecer dos tipos fundamentales: aquellos que están alimentados por uranio natural, vale decir, de composición isotópica normal y aquellos que están alimentados por uranio enriquecido. El enriquecer uranio



Cuadro Nº 4

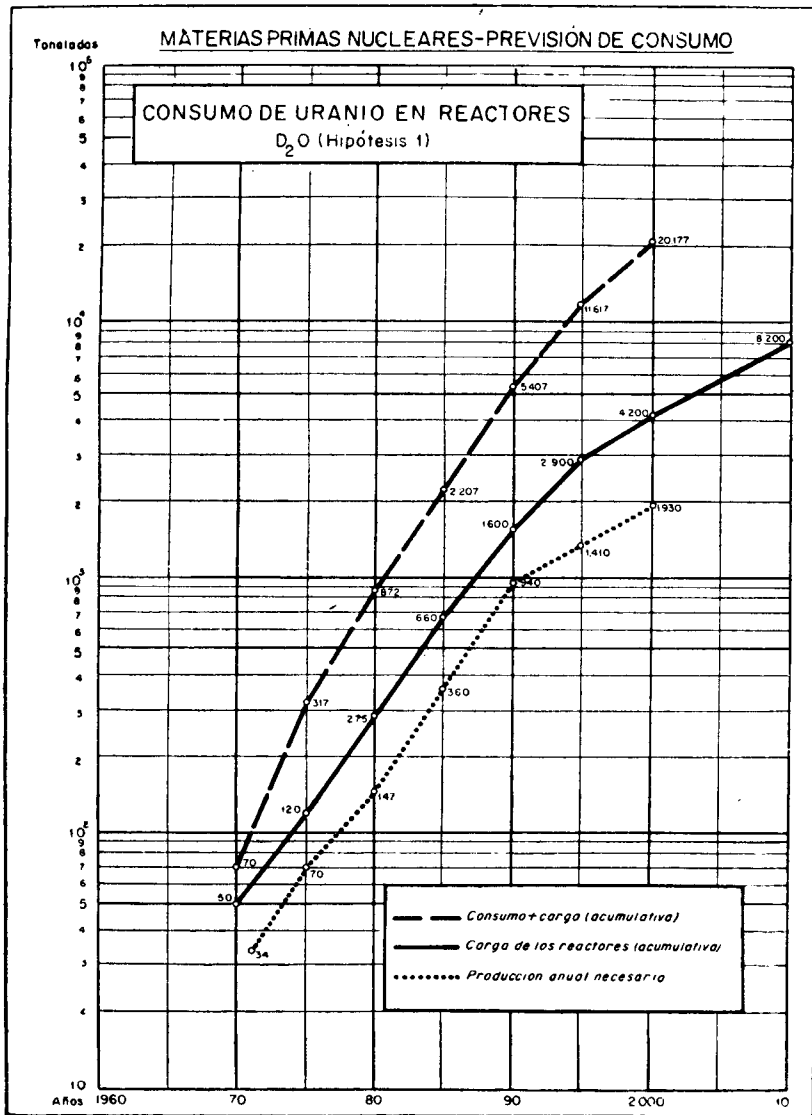
está totalmente fuera de nuestras posibilidades. Como dato, la central de separación de los norteamericanos, que está en Oak Ridge, consume anualmente tanta electricidad como toda Francia para producir la separación. Ahora, si nosotros tenemos justamente problema de déficit energético, está totalmente fuera de la cuestión embarcarnos en un problema de esa magnitud (aparte del costo). En los Estados Unidos, el costo no importó porque era un problema de tipo bélico y ahora ya tienen la instalación, pero otra cosa es pensar en instalarla. Como se sabe, han habido intentos, de parte de Francia, de construir su propia instalación de enriquecimiento, y también de parte del Reino Unido, pero lo han logrado a precios que no resultan competitivos con respecto a los que pueden ofrecer los Estados Unidos.

Entonces, la situación es la siguiente: si nosotros queremos ser independientes en el problema de nuestro suministro energético, parecería así, a *prima facie*, que no hay ninguna duda con respecto a que debemos decidirnos por un reactor alimentado a uranio natural. Dentro del uranio natural tenemos dos líneas probadas: la línea inglesa, donde el moderador usado es grafito y el refrigerante gas; y la línea canadiense, donde el refrigerador usado es agua pesada y el moderador también agua pesada. También en esta elección no tenemos grandes dudas. Ahora vamos a considerar varios cuadros, en los cuales veremos la demanda de combustible de cada tipo de reactor.

El Cuadro N<sup>o</sup> 4 representa la evolución prevista de la energía nuclear en nuestro país, y se muestra con dos hipótesis: una, la optimista —hipótesis 1— la cual supone que se alcanzará el 30 % de la potencia total instalada; otra, la pesimista —hipótesis 2— que supone que se logrará el 20 % de la potencia total instalada. El Cuadro N<sup>o</sup> 5 y el Cuadro N<sup>o</sup> 5' muestran, dentro de cada una de las dos hipótesis, la provisión de combustible por medio de agua pesada.

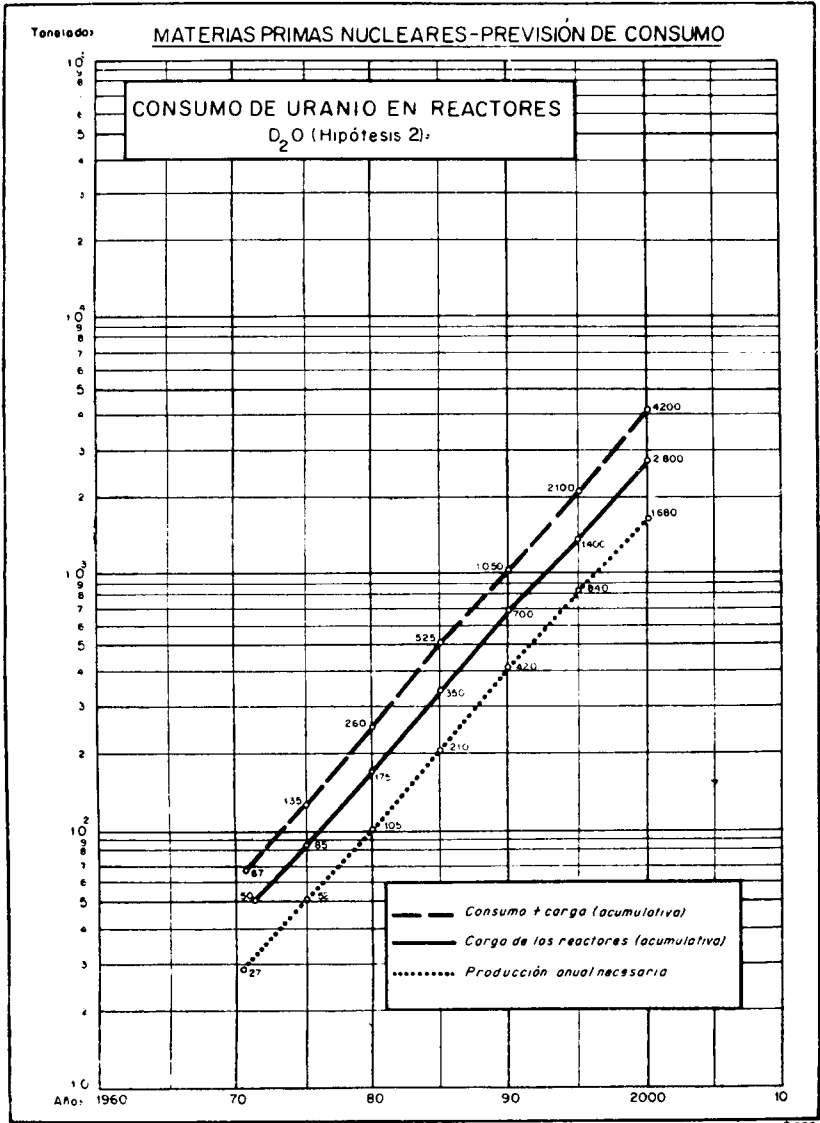
El Cuadro N<sup>o</sup> 6 y el Cuadro N<sup>o</sup> 6' muestran, dentro de cada una de las hipótesis, la provisión de combustible por medio de grafito. Si seguimos las líneas de rayas ininterrumpidas (—) de los cuatro últimos cuadros (5, 5', 6 y 6'), vemos lo referente a la carga acumulativa en los reactores para mantener el ritmo de duplicación previsto en energía atómica. Y si en los mismos cuadros observamos las líneas de puntos (. . . . .), vemos la producción que se requiere para mantener el recambio de combustible que es indispensable efectuar, más cierto *stock* que, naturalmente, es necesario tener. Así llegamos a las líneas de rayas entrecortadas con puntos intercalados (—.—.—) de los referidos cuadros, por medio de los cuales se muestra el consumo acumulativo en el caso de la hipótesis 1 y en el caso de la hipótesis 2.

Con la hipótesis 1, nosotros llegamos a que en el año 2000, necesitaremos 20.000 toneladas de uranio, en el caso de agua pesada; para la hipótesis 2, en el mismo caso, necesitaremos 4.000 toneladas. Para grafito, en el mismo año y en la hipótesis más optimista, en lugar de necesitar 20.000 toneladas, vamos a necesitar 45.000 toneladas, lo que, naturalmente, representa un programa mucho más

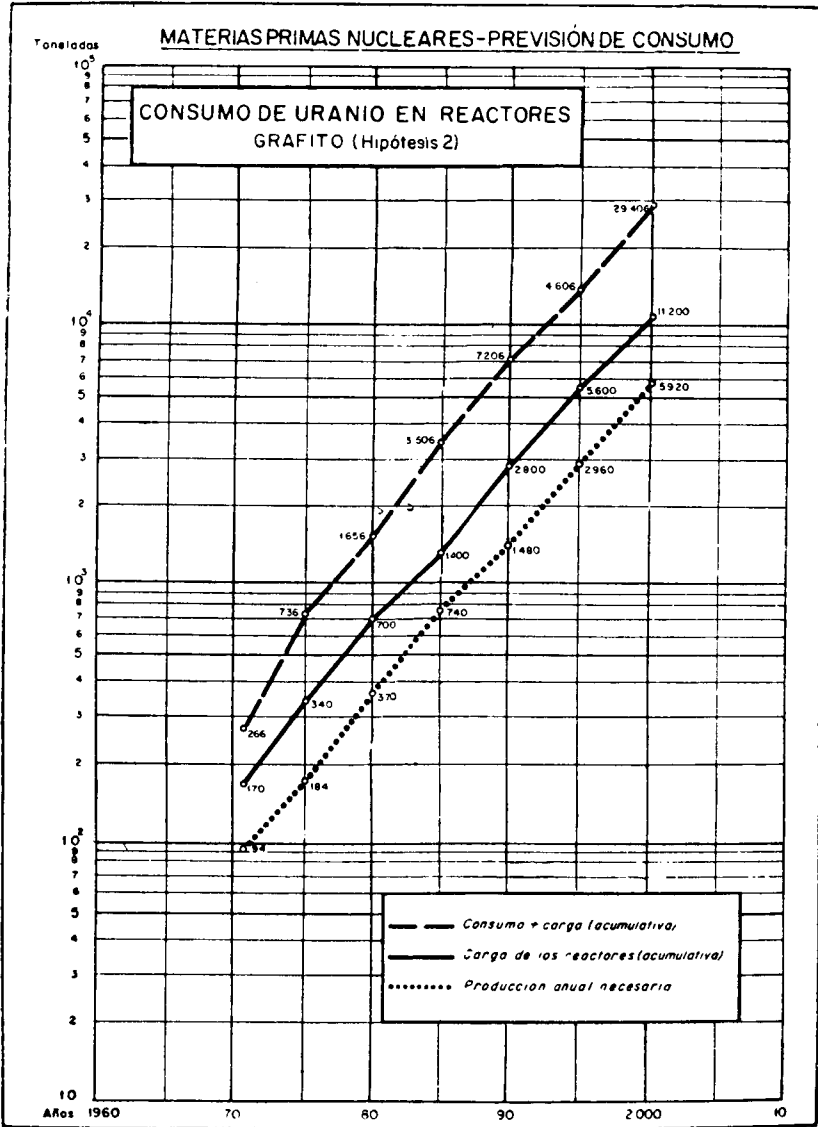


Cuadro Nº 5

PI-Nº 0090



Cuadro Nº 5'



Cuadro Nº 6

PI-Nº 0049

aprovechar el plutonio producido en el mismo reactor para enriquecer ese reactor. De esa manera, nosotros tendríamos una relativa independencia en el problema, porque, si bien usamos un reactor enriquecido, lo podríamos llegar en principio a operar natural, que luego enriqueceríamos nosotros. Esta es la línea sueca. Existe otra línea, todavía más interesante, que es, indudablemente, la línea del futuro, y es la de los reactores reproductores, es decir, reactores diseñados de tal manera que producen más combustible del que consumen. Como todos producen plutonio, se pueden disponer las cosas de tal manera que haya una especie de blindaje de uranio, y, en ese uranio, se vaya produciendo plutonio simultáneamente con el funcionamiento normal del reactor. Se puede llegar así a que se produzca más plutonio que el consumido, con lo cual, naturalmente, ese reactor ya después proporciona su propia carga o una carga para otro. Esta es una idea que, indudablemente, representa la línea del futuro. Incidentalmente, los cálculos que establecen las reservas mundiales del orden de 10 a 20 veces mayores que las reservas de tipo convencional, se basan siempre en reactores de este tipo, denominado *Breeders*.

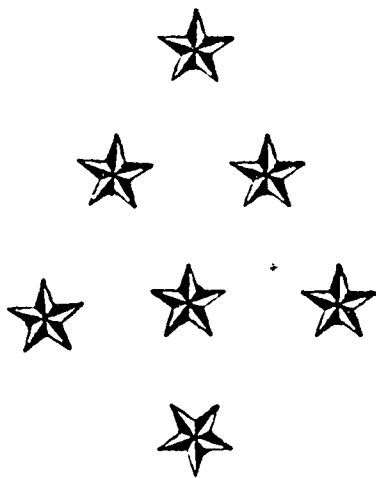
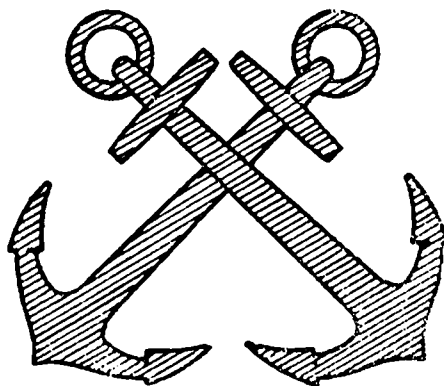
No hay ningún reactor que en este momento esté funcionando y produciendo energía eléctrica con estas características. Evidentemente, nosotros no vamos a ser los que se van a embarcar en un problema de experimentación, cuando está en juego la inversión que representa un reactor de esta naturaleza, pero, indudablemente, ésta es la solución del futuro.

A esa solución del futuro nuestro país no puede sentarse a esperarla, porque nuestros problemas son candentes ya. Como se puede apreciar, esta última parte no es tan simple de dilucidar; es todavía bastante más compleja de como la he presentado, porque hay demasiadas otras variantes y hay problemas, inclusive, que escapan a la competencia de un organismo técnico. Es necesario realizar el estudio de factibilidad, que en este momento estamos comenzando, pero es necesario realizarlo cuanto antes, porque, en el año 1972, señores, la Argentina necesita tener un reactor de potencia en funcionamiento.

MARIO E. BÁNCORA

LIBROS DEL  
INSTITUTO DE PUBLICACIONES NAVALES

- EL MAR EN UN CONFLICTO FUTURO, del contraalmirante de la armada francesa R. de Belot.
  
- POLITICA MILITAR Y SEGURIDAD DEL ESTADO, del profesor de la Universidad de Princeton de los EE. UU. de N. A. William W. Kaufmann.
  
- PROBLEMAS DE RELACIONES INTERNACIONALES, de los profesores de la Universidad de Boston de los EE. UU. de N. A. Andrew Gyorgy y Humbert S. Gibbs.
  
- ESTRATEGIA Y PODER MILITAR, del capitán de navío A.R.A. Fernando A. Milia.
  
- ECONOMIA, GUERRA Y LOGISTICA, del contraalmirante de la armada de los EE. UU. de N. A. Henry E. Eccles (en preparación).
  
- CURSILLO CONSTITUCIONAL, del capitán de corbeta auditor A.R.A. Héctor Jorge Escota (en preparación).



INSTITUTO NAVAL DE CONFERENCIAS

FLORIDA 801

BUENOS AIRES

REPUBLICA ARGENTINA