

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

CENTRALES NUCLEARES
EN LA
ARGENTINA

*Extracto de la conferencia ofrecida por el señor Presidente de la CNEA,
Contraalmirante Oscar A. Quibillalt, en el Centro Argentino de Ingenieros*

BUENOS AIRES
JULIO 1972

"CENTRALES NUCLEARES EN LA ARGENTINA"

(Extracto de la conferencia ofrecida por
el señor Presidente de la C. N. E. A. ,
Contralmirante Oscar A. QUIHILLALT,
en el Centro Argentino de Ingenieros)

Buenos Aires, 18 de Julio de 1972.

"Quiero presentar ahora un panorama mundial sobre los reactores de potencia, haciendo uso de una serie de gráficos".

"El gráfico (Fig. 1) marca en abscisas los años 1960, 1970, 1980, 1990 y 2000 y la proyección esperada de evolución de la energía nuclear de potencia instalada. Esta no es una predicción mía, proviene del Organismo Internacional de Energía Atómica y ha sido aprobado por los representantes de todos los países".

"Estamos, a la altura del año 1970 y tenemos 20.000 MW nucleares instalados; para el 80 llegaremos a los 320.000 MW y, para el año 2000, serán 4.000.000 MW nucleares instalados".

"Para el año 2000, el 60% de la potencia eléctrica instalada en el mundo, de acuerdo a estas predicciones, será nuclear. La cifra llama realmente la atención. En el año 1970 estamos en el 2%, en el año 75 subirá al 6%, en el año 1980 llegará al 15% y, para el año 2000, habrá un 60% de potencia de energía nuclear".

"Nótese cómo ha ido evolucionando la situación (Fig. 2. a): en el año 1960, 5 países tenían 20 reactores con 1.250 MW; en 1965, 9 países tenían 65 reactores con 7.570 MW; en 1970, los países son 15, con 99 reactores y 20.000 MW; actualmente tenemos 24 países con 161 reactores y 56.000 MW nucleares instalados y, para el año 1977, habrá 175.000 MW con 316 reactores de 27 países".

"He señalado el año 1977 porque ya todos esos reactores están en construcción, de modo que éstas son cifras ciertas y la fuente de información es también el Organismo Internacional de Energía Atómica".

"Vemos, entonces, (Fig. 2. b) cómo sería al final del año 1977 la situación de los países que tienen reactores de potencia. Por supuesto, también acá se destaca netamente Estados Unidos con 122 reactores funcionando para ese año. El Reino Unido tendrá 44 reactores, Alemania 19, Japón 26, la Unión Soviética 31, etc. "

"En cuanto a tipos de reactores en operación o en construcción (Fig. 3), he dividido el cuadro en tres tipos fundamentales de reactores: reactores a Uranio natural, reactores a Uranio enriquecido, reactores de alta temperatura y el "fast breeder" o reproductor rápido componen el tercer tipo".

"Hay dos tipos de reactores a Uranio natural: el de agua pesada ("heavy water") o el a gas ("gas cooled"). Número de reactores: 29 en total. De agua pesada, hay 19 en operación y 10 en construcción. Y aún hay aquí una división por potencia: menos de 100 MW, prototipos, entre 100 y 300 MW, de 300 a 600 MW y de más de 600 MW. Así encontramos que, en reactores de agua pesada, hay bastantes prototipos: 9 en operación y 1 en construcción; entre 100 y 300 MW hay 7 construídos y 1 también en construcción; de 300 a 600 MW hay 3 en operación y 4 en construcción y, de más de 600 MW, no hay ninguno en operación y 4 que se están construyendo. Estos 4 son los reactores de Canadá, que utilizan agua pesada, y los 4 anteriores son: 1 de Canadá, 2 de India y el de Atucha".

"Los reactores "gas cooled", ingleses, fueron los primeros reactores que se pusieron en operación comercial, y ya no se construyen más. Los ceros que muestra el gráfico en el denominador (Fig. 3) indican que esta línea está muerta, que ha sido abandonada. De esta línea los ingleses pasaron a los reactores llamados "avanzados", substituyendo el Uranio natural por el enriquecido".

"En Uranio enriquecido hay tres tipos de reactores: los de agua hirviente ("boiling water"), los de agua a presión y los avanzados ingleses".

"Con respecto a los avanzados ingleses, hago notar que ellos pasaron de un prototipo a 5 reactores dobles, que hacen la cifra de 10 reactores, pero esta línea se espera tampoco seguirá. Es muy probable que los ingleses pasen al tipo de los reproductores rápidos "fast breeder".

"En los dos primeros tipos de Uranio enriquecido, de agua hirviente y agua a presión, los más comunes, es donde se ven las más altas cifras, 81 y 118 respectivamente. De agua hirviente hay 16 prototipos, más 4 de más de 100 MW, 9 de más de 300 MW y 7 reactores grandes, de más de 600 MW de potencia, de los que, además, hay 39 en construcción. Lo mismo ocurre con los de agua a presión, 61 en construcción; esto prueba la tendencia mundial al uso de Uranio enriquecido",

"Después tenemos los reactores de alta temperatura, los cuales todavía están en una etapa casi experimental. Los Estados Unidos han ordenado la construcción de 2 reactores (creo que hay ordenados 2 más todavía) y, estos 2 reactores grandes, están basados en un prototipo de 250 ó 300 MW".

"Es curioso cómo en Estados Unidos se decidió pasar, de un prototipo de 300 MW, a los reactores grandes, ya que estos reactores tienen 1.150 MW cada uno y es un tipo completamente nuevo. De modo que es un salto tecnológico importante pasar de 300 a 1.150 MW. Estados Unidos se decide a esto, pero se toma la precaución de que cada reactor lleve 2 turbinas, es decir, "cree en el reactor grande y no cree en la turbina"; es notable cómo ha cambiado la situación mundial".

"Están, además, los reactores "fast breeder". Son los reactores del futuro y la humanidad espera de ellos porque en todos los otros reactores, cuando se quema el Uranio, lo que se aprovecha de la energía contenida en ese Uranio es poco más del 1% en un pasaje de quemado en el reactor. Después, los venenos y demás, hacen que no se pueda mantener ese elemento combustible en el reactor. En cambio, en los reactores "fast breeder", en vez de aprovecharse el 1%, se va a aprovechar cerca del 50% pero, tienen que ser reactores muy grandes y los problemas tecnológicos de estos reactores son inmensos. Problemas de refrigeración a sodio, por ejemplo, y otros, se puede decir que todavía no están resueltos. Como puede verse en el gráfico (Fig. 3. -), no hay ningún reactor de este tipo de más de 600 MW en operación ni en construcción; de 300 MW hay 1 en operación y 1 en construcción; los demás son prototipos de menor potencia que recién se están haciendo".

"Esta es, en resumen, la situación mundial: hay en total 292 reactores en operación y construcción, de los cuales 138 están en operación y 154 en construcción".

"Veamos ahora qué espera Argentina para sus reactores de potencia. El gráfico (Fig. 4. -) muestra los planes de la Comisión, pero quien debe decidir a este respecto es la Secretaría de Energía. No obstante, lo que supone la Comisión es esto: para el año 2000 estarán instalados en la Argentina 100.000 MW. Esto depende de cómo le vaya al país. Si al país le va bien, esos 100.000 MW se podrán obtener cinco años antes y, si le va mal, cinco años después pero, como cifra, expresada en términos globales, podemos decir que en el año 2000 Argentina llegará a los 100.000 MW instalados".

"En cuanto a lo que creemos que va a ser la evolución de la energía nuclear eléctrica, pensamos, en forma muy modesta, que para el año 2000 podrá haber 30.000 MW nucleares instalados en la Argentina. Es decir, de los 100.000 MW totales, habrá 30.000 MW nucleares, 30.000 MW hidráulicos y el resto térmicos convencionales".

"Desde el punto de vista nuclear, podemos tener esperanzas que esto se eleve para el año 2000 pero, por ahora, ya tenemos, para estos años, bastantes problemas para tratar".

"La Secretaría de Energía ha dado hace muy poco un gráfico que se refiere al Sistema Nacional Interconectado, mostrando la situación del Sistema para el año 1980 y señala: energía hidroeléctrica, en potencia, 5.400 MW (42%); térmica convencional 5.300 MW y nuclear 2.100 MW (17%), con lo cual llegamos a 12.800 MW para el año 1980".

"Según este plan, para el año 1980 ya estaríamos con el 17% de potencia nuclear instalada en el Sistema Interconectado. No hay que confundir con el por ciento correspondiente al total del país. Esto es "Sistema Nacional Interconectado".

"Y lo mismo en energía, acá vemos que en el año 1980, se llegará, con 4 reactores, a intervenir en un 30% de energía generada en el país. Por qué con 4 reactores, con 2.100 MW solamente, se obtiene el 30%? Porque, como los reactores nucleares deben trabajar siempre en base con un alto factor de carga, de 0,8, con sólo 2.100 MW pasamos al 30%".

"Estos 2.100 MW corresponden a los 300 de Atucha, más los 600 de Córdoba, (esperamos que a fin de año pueda llegarse al contrato, ya en este momento se han recibido todas las propuestas) y, el resto, corresponderán a dos reactores más, que podrían ser Bahía Blanca y Mendoza pero, todavía no hay nada definido y eso depende, como ya he dicho, de la Secretaría de Energía".

"Tomamos un módulo de 600 MW para los futuros reactores de esta década, porque para la siguiente pensamos que el monto debería aumentarse a 1.000 MW pero, para esta década, estando en el orden de los 6.000 MW de potencia instalada, puede andar perfectamente este módulo de 600 MW, cifra conveniente. No son las grandes centrales que se construyen en los Estados Unidos pero, de cualquier forma, esta central de 600 MW es razonablemente económica. Todos saben que si baja la potencia de la central nuclear, la economía sufre mucho".

"En el siguiente cuadro (Fig. 5. -) he separado los tipos de centrales: nuclear y convencional. En el tipo nuclear he puesto dos: de Uranio enriquecido y de Uranio natural y, en convencional, he puesto dos variantes: "A" y "B", digamos para simplificar, la barata y la cara".

"Inversión total (expresada en millones de dólares) tenemos: Uranio enriquecido 210 y Uranio natural 270. Claro que aquí están considerados unos 40 millones de dólares del agua pesada que requiere la carga de un reactor de Uranio natural de este tipo pero, se puede decir que el agua pesada no se consume sino que solamente hay pérdidas, de modo que, al final de los 30 años, quedaría la carga de agua pesada libre, aunque no puede afirmarse qué va a pasar al cabo de 30 años".

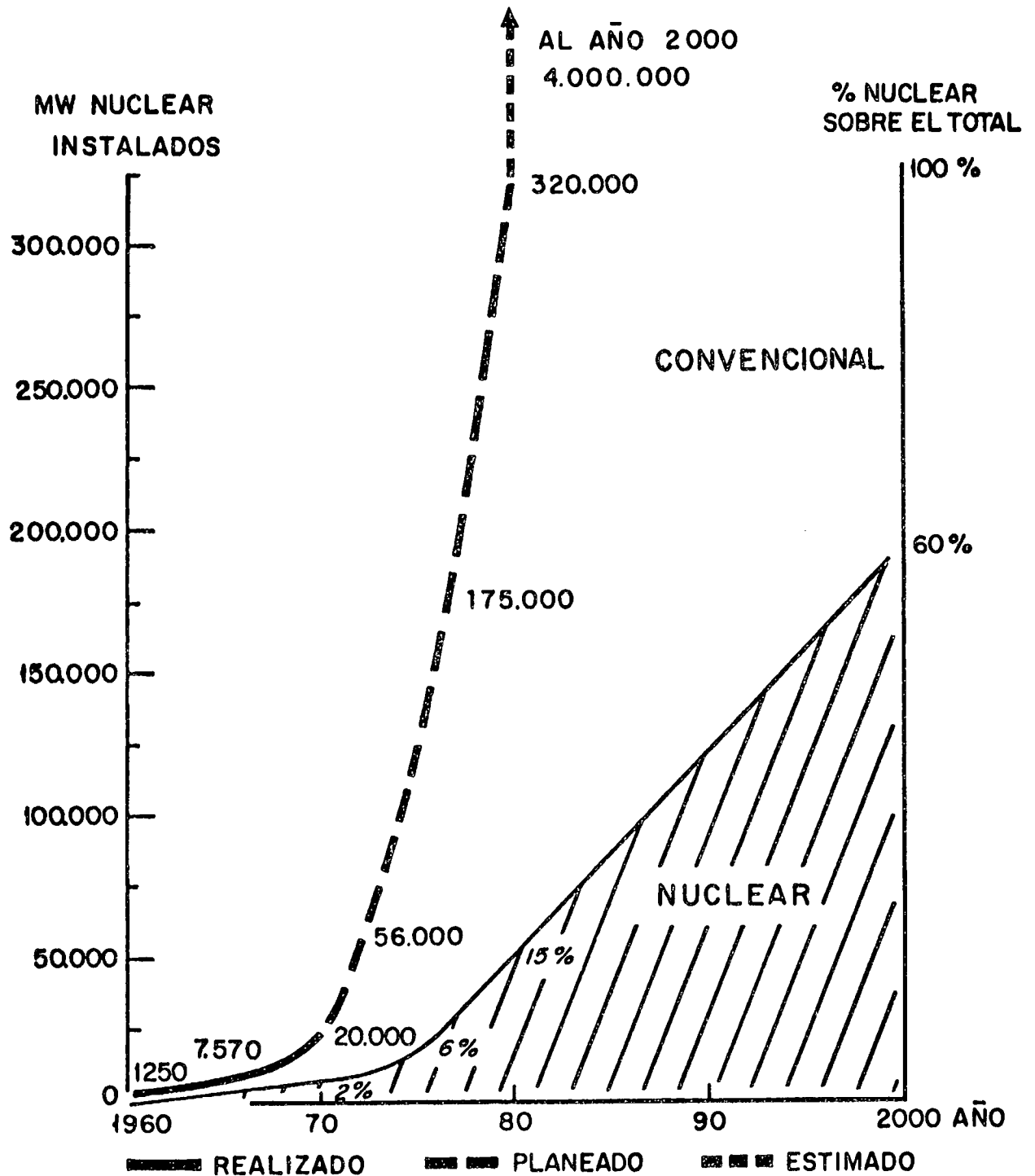
"En cambio, para una central del orden de los 600 MW, las convencionales tienen una diferencia en menos de la mitad de inversión total".

"En cuanto al costo anual de combustible, las cifras son las siguientes: Uranio enriquecido 6 millones de dólares, Uranio natural 4 millones de dólares y la convencional 22 millones de costo. En el término de 30 años, los costos ascienden a 180 millones de dólares para el tipo de Uranio enriquecido, 120 millones para Uranio natural y, para una convencional, el costo de combustible asciende a los 660 millones de dólares". (Fig. 5. -)

"El consumo anual de combustible es el siguiente: Uranio enriquecido 75 t, equivalentes a 205 Kg por día; Uranio natural 70 t, ó 192 Kg por día, de modo que no son muy grandes las diferencias. El consumo de una central convencional es de 880.000 t de "fuel-oil" y, por día, como es el caso de Córdoba, a donde hay que llevar el "fuel-oil" por ferrocarril, consume 50 vagones de 50 m³ más o menos. Estas son las exigencias de una central convencional de 600 MW en Córdoba." (Fig. 5. -)

"El consumo de combustible en 30 años sería: 2.250 t de Uranio natural, equivalente, para una central de Uranio enriquecido; 2.100 t para una central de Uranio natural y 26.400.000 t de "fuel-oil" para abastecer una central convencional". (Fig. 5. -)

EVOLUCION MUNDIAL DE LA POTENCIA NUCLEAR INSTALADA



FUENTE : OIEA 1970

Figura 1

**ENERGIA NUCLEOELECTRICA
SITUACION MUNDIAL**

AÑO	NUMERO DE PAISES	NUMERO DE REACTORES DE POTENCIA	POTENCIA NUCLEAR INSTALADA (MW)
1960	5	20	1.250
1965	9	65	7.570
1970	15	99	20.000
1972	24	161	56.000
1977	27	316	175.000

FUENTE: OIEA

Figura 2a

AÑO 1977

NUMERO DE REACTORES DE POTENCIA POR PAIS

PAIS	NUMERO DE REACTORES DE POTENCIA	PAIS	NUMERO DE REACTORES DE POTENCIA
ARGENTINA	2	HOLANDA	3
AUSTRIA	1	INDIA	6
BELGICA	4	ITALIA	5
BULGARIA	2	JAPON	26
CANADA	9	MEJICO	1
COREA	1	NORUEGA	1
CHINA (Formosa)	2	PAQUISTAN	1
CHECOESLOVAQUIA	1	REINO UNIDO	44
ESPAÑA	8	REP. FED. ALEMANA	19
ESTADOS UNIDOS	122	SUECIA	9
FRANCIA	11	SUIZA	5
GRECIA	1	U. R. S. S.	31

FUENTE: OIEA

Figura 2b

TIPOS DE REACTORES EN OPERACION O EN CONSTRUCCION

TIPO DE REACTOR	Nº	EN OPERACION EN CONSTRUCCION	POTENCIA EN MW			
			MENOS DE 100	101- 300	301- 600	MAS DE 601
<u>URANIO NATURAL</u>						
AGUA PESADA (HWR)	29	$\frac{19}{10}$	$\frac{9}{1}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{0}{4}$
GAS (GCR)	29	$\frac{29}{0}$	$\frac{8}{0}$	$\frac{7}{0}$	$\frac{12}{0}$	$\frac{2}{0}$
<u>URANIO ENRIQUECIDO</u>						
AGUA HIRVIENTE (BWR)	81	$\frac{36}{45}$	$\frac{16}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{7}{39}$
AGUA A PRESION (PWR)	118	$\frac{39}{79}$	$\frac{14}{0}$	$\frac{6}{0}$	$\frac{10}{18}$	$\frac{9}{61}$
AVANZADO (AGR)	11	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{10}$
<u>URANIO (Y TORIO)</u>						
ALTA TEMPERATURA (HTR)	7	$\frac{5}{2}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{2}$
<u>URANIO Y/O PLUTONIO</u>						
REPRODUCTOR RAPIDO (FBR)	17	$\frac{9}{8}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{0}{0}$
TOTALES	292	$\frac{138}{154}$	$\frac{58}{4}$	$\frac{26}{7}$	$\frac{36}{27}$	$\frac{18}{116}$

FUENTE: POWER REACTORS '72 - WORLD DIRECTORY

Figura 3

ARGENTINA EVOLUCION DE LA ENERGIA NUCLEAR

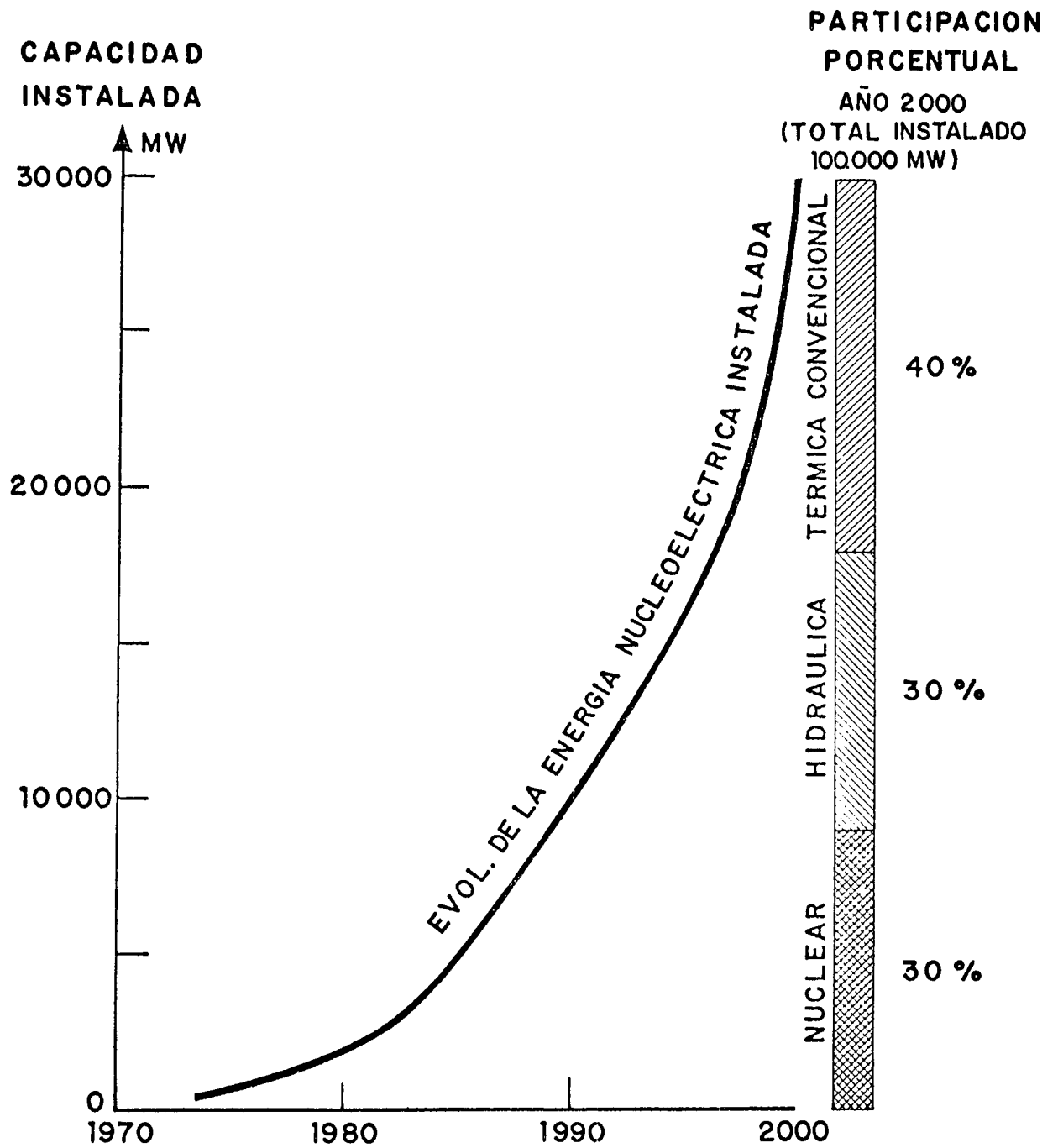


Figura 4

CENTRAL DE 600 MW

	NUCLEAR		CONVENCIONAL	
	URANIO ENRIQUECIDO	URANIO NATURAL	VARIANTE A	VARIANTE B
INVERSION TOTAL (MILLONES DE U\$S)	210	270	110	130
COSTO ANUAL DE COMBUSTIBLE (MILLONES DE U\$S)	6	4	22	
COSTO DE COMBUSTIBLE EN 30 AÑOS (MILLONES DE U\$S)	180	120	660	
CONSUMO ANUAL DE COMBUSTIBLE	75t URANIO NATURAL EQUIVALENTE (POR DIA: 205Kg)	70t URANIO NATURAL (POR DIA: 192 Kg)	880.000 t FUEL-OIL (POR DIA: 50 VAGONES DE 50 m ³ c/u)	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN 30 AÑOS	2.250 t URANIO NATURAL EQUIVALENTE	2.100 t URANIO NATURAL	26.400.000 t FUEL-OIL	

PRODUCCION ANUAL DE PETROLEO EN EL PAIS (AÑO 1971) = 24.500.000 m³
 IMPORTACION (AÑO 1971) = 2.500.000 m³
TOTAL = 27.000.000 m³

FUENTE: OIEA-SEEM

Figura 5