

COMISION NACIONAL DE INVESTIGACION  
CIENTIFICA Y TECNOLOGICA (CONICYT)  
Canadá 308, Casilla 297-V,  
Santiago, Chile

0032



SEMINARIO SOBRE LOS RECURSOS ENERGETICOS DE CHILE

Santiago de Chile, 16-19 Abril 1974

LA ENERGIA NUCLEAR COMO RESPUESTA A LA CRISIS ENERGETICA

Comisión Chilena de Energía Nuclear

Santiago de Chile, 1974

## I.- LA ENERGIA COMO FUENTE DE DESARROLLO.

La civilización depende en gran medida de la capacidad del hombre para transformar y controlar su medio ambiente natural y, por tanto, de los recursos energéticos a su disposición. Antes de la revolución industrial, el hombre se servía principalmente de sus propias manos y de sus animales domésticos, pero en el transcurso de los últimos dos siglos el ritmo de transformación del medio ambiente por obra suya se ha venido acelerando constantemente.

### La energía nuclear

La energía barata y abundante es premisa indispensable para el progreso industrial y un mejor nivel de vida. El consumo de electricidad per cápita ha pasado a ser uno de los más seguros índices del grado de desarrollo técnico de un país. Durante los próximos 30 años, el hombre consumirá tanta energía como la que ha gastado desde su aparición sobre la Tierra. El consumo de energía en el año 2000 será aproximadamente el cuádruple del correspondiente a 1970. En la mayoría de los países la producción de electricidad para sus usos domésticos, agrarios e industriales se duplica cada 10 años; en muchos de ellos el plazo de duplicación es todavía más corto. Sin embargo, incluso hoy en día 1.000 millones de personas, de los 3.000 millones a que asciende la población mundial carecen de electricidad; Asia, con la mitad de la población mundial sólo produce una décima parte de la electricidad generada en el mundo entero.

Por múltiples razones, el hombre tendrá que recurrir a la electricidad de origen nuclear para atender a sus necesidades de energía. En primer lugar, las reservas de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas) no son inagotables; representan así mismo valiosas materias primas para las futuras generaciones y no se deben consumir despreocupadamente. Los recursos mundiales de Uranio encierran, si se utilizan como combustibles para reactores de

tipo avanzado, más energía que la que suponen todas las reservas actualmente conocidas de combustibles fósiles. La fusión nuclear controlada, permitirá satisfacer las necesidades mundiales de energía por tiempo indefinido.

La radiactividad a la que el hombre está expuesto como consecuencia del desarrollo de la industria nuclear, incluida su rama principal, la producción de energía núcleo-eléctrica, representa sólo una parte muy pequeña de la radiactividad que recibe de fuentes naturales y de otras fuentes artificiales.

Las necesidades mundiales de energía se cuadruplicarán, dentro de los 30 años y, por razones evidentes, la energía nuclear cubrirá una proporción cada vez mayor de esas necesidades.

La energía nuclear, en vez de ser una de las principales causas de la contaminación del medio ambiente, servirá para reducirla a medida que vaya sustituyendo a otras fuentes de generación de electricidad como son el carbón y el petróleo.

No obstante es preciso prestar particular atención -y así se está haciendo- a diversos problemas, tales como los efectos térmicos de las centrales nucleares, el mejoramiento en el plano técnico y económico de los métodos de contención de los desechos radiactivos, y el comportamiento de las sustancias radiactivas en el mar y en los organismos marinos a fin de encontrar soluciones adecuadas para su evacuación sin riesgos en las aguas costeras o en los océanos.

Recientemente el interés de la opinión pública se ha centrado en la energía núcleo-eléctrica y en su influencia sobre el medio ambiente. Para comprender este problema, es necesario explicar lo que ocurre con el combustible tanto en el reactor como antes y después de pasar por él.

Las centrales nucleares utilizan

como combustible Uranio, en sus diversas formas. Después de su laboreo, el Uranio es sometido a varios procesos de concentración, refinado y transformación, con vistas a su empleo en un reactor. En el caso de las centrales modernas más utilizadas actualmente, aparte de los reactores de agua pesada y Uranio natural, es necesario también "enriquecer" ligeramente el Uranio natural, es decir, incrementar la razón entre su isótopo fisiónable (el Uranio-235) y su isótopo 140 veces más abundante (el Uranio-238). Hoy en día se efectúa ese enriquecimiento en un corto número de amplias y complejas plantas de difusión gaseosa, existentes en 5 países. Por lo general, el Uranio enriquecido producido por esas plantas se transforma químicamente en óxido en polvo con el que se fabrican elementos combustibles, es decir, se sintetiza, se comprime en forma de pastillas, y se reviste de un tubo metálico estanco a los gases. Varios de estos elementos combustibles se combinan en un conjunto que se carga en el reactor de potencia.

Dentro del reactor, y como consecuencia de la fisión nuclear, se genera calor, el cual se emplea para transformar agua en vapor y accionar turbinas que producen electricidad.

En la actualidad existen los siguientes tipos de centrales nucleares:

AGR	Advanced gas-cooled graphite-moderated reactor
BHWR	Boiling heavy-water cooled and moderated reactor
BWR	Boiling light-water cooled and moderated reactor
FBR	Fast breeder reactor
GCR	Gas-cooled graphite-moderated reactor
HOM	Aqueous homogeneous reactor
HTGR	High-temperature gas-cooled graphite-moderated reactor
HWGCR	Heavy-water-moderated, gas-cooled reactor
HWLWR	Heavy-water-moderated, boiling light-water-cooled reactor

LGWR	Ligh-water-cooled, graphite-moderated reactor
OMR	Organic moderated and cooled reactor
PHWR	Pressurized heavy-water moderated and cooled reactor
PWR	Pressurized light-water moderated and cooled reactor
SGR	Sodium-cooled, graphite-moderated reactor
SZR	Sodium-cooled, zirconium-hydride-moderated reactor



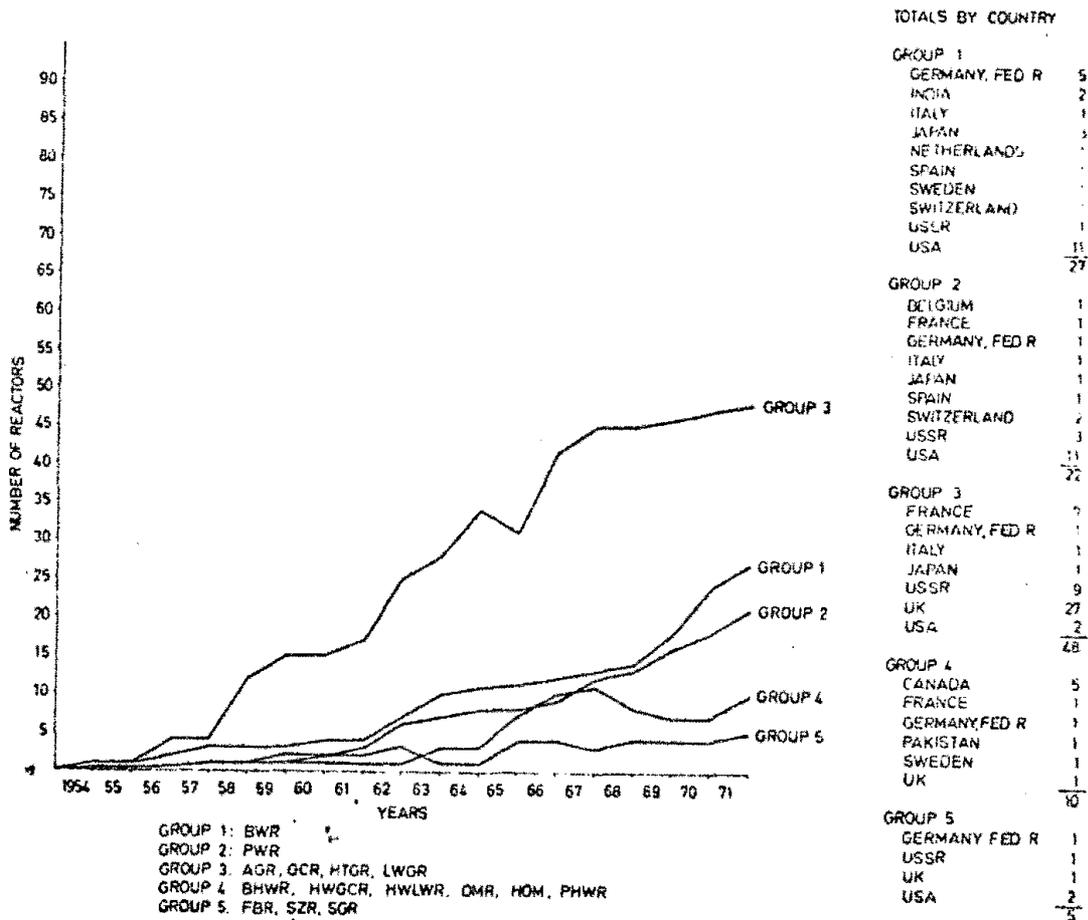
COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 189 D. SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 . CABLES: NUCLEARCHILE

II. - MERCADO NUCLEO-ELECTRICO MUNDIAL.

En los diagramas que siguen, tomados de informes oficiales del O. I. E. A., se puede observar la demanda creciente de centrales núcleo-eléctricas y su proyección futura. Esta demanda ha sido considerablemente superada debido a la crisis energética puesto que la información data de 1972.





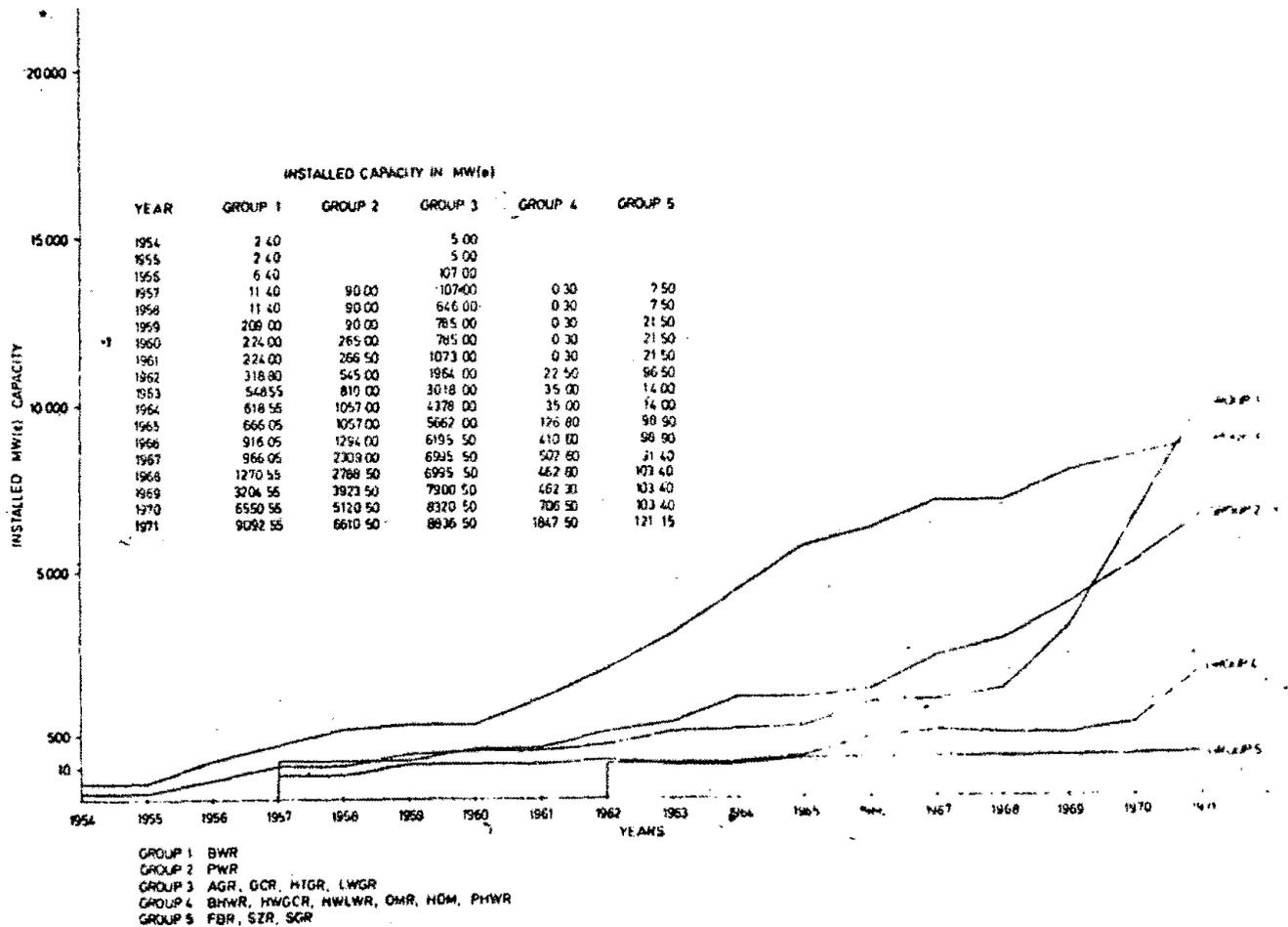
# COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 188 D. SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 . CABLES: NUCLEARCHILE

- 5 -

A partir de 1970, el grupo 3 se ha estabilizado en el número de reactores, en cambio los grupos 1 y 2 (Westinghouse y General Electric) suben casi exponencialmente sus instalaciones.



También aquí se observa el mayor auge de los reactores de los grupos 1 y 2. Esto se debe especialmente a sus mayores densidades de potencia y potencias específicas, como se indica en el cuadro siguiente.

A la hoja N° 6



COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 106 D - SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 - CABLES: NUCLEARCHILE

- 6 -

T A B L A 3.1

DENSIDADES DE POTENCIA Y POTENCIAS ESPECIFICAS

INSTALACIONES	Densidad Potencia kWt/l	Potencia Específica kWt/kg. U
REACTORES		
GCR (GRAFITO-GAS)	0,8-1,2	2,8 - 3,6
AGR (AVANZADO DE GAS)	3,2-4,0	12 - 14
HTGCR (ALTA TEMPERATURA)	6,0-6,5	52 - 56
PWR (AGUA A PRESION)	124,0 - 130,0	36 - 38
BWR (AGUA EN EBULLICION)	45 - 50	21 - 23
HWR ( AGUA PESADA)	10 - 12	18 - 20
RAPIDO	250	200
CALDERA DE VAPOR (CONVECCION NATURAL)	05	--
CALDERA DE VAPOR (CONVECCION FORZADA)	10,0	--
CAMARA COMB. TURBINA GAS DE UN AVION.	44,0	--



# COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 843 - CASILLA 168 D - SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 - CABLES: NUCLEARCHILE

- 7 -

## Ubicación geográfica de las Centrales Nucleares de Potencia

De acuerdo con informaciones proporcionadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica, el número de centrales en operación en 1972, es de 152 y se distribuyen geográficamente como se indica en los gráficos siguientes :

### NUCLEAR POWER PLANTS IN CANADA AND THE UNITED STATES OF AMERICA

#### CANADA

- 1 • Des Joachim (Ont.) - NPD
- 2 • Douglas Point\* (Ont.)
- 3 • Pickering\* (Ont.) (4 un., 2 in operation)
- 4 • Gentilly\* (Que.)
- 5 • Douglas Point (Ont.) - BRUCE (4 un.)

#### USA

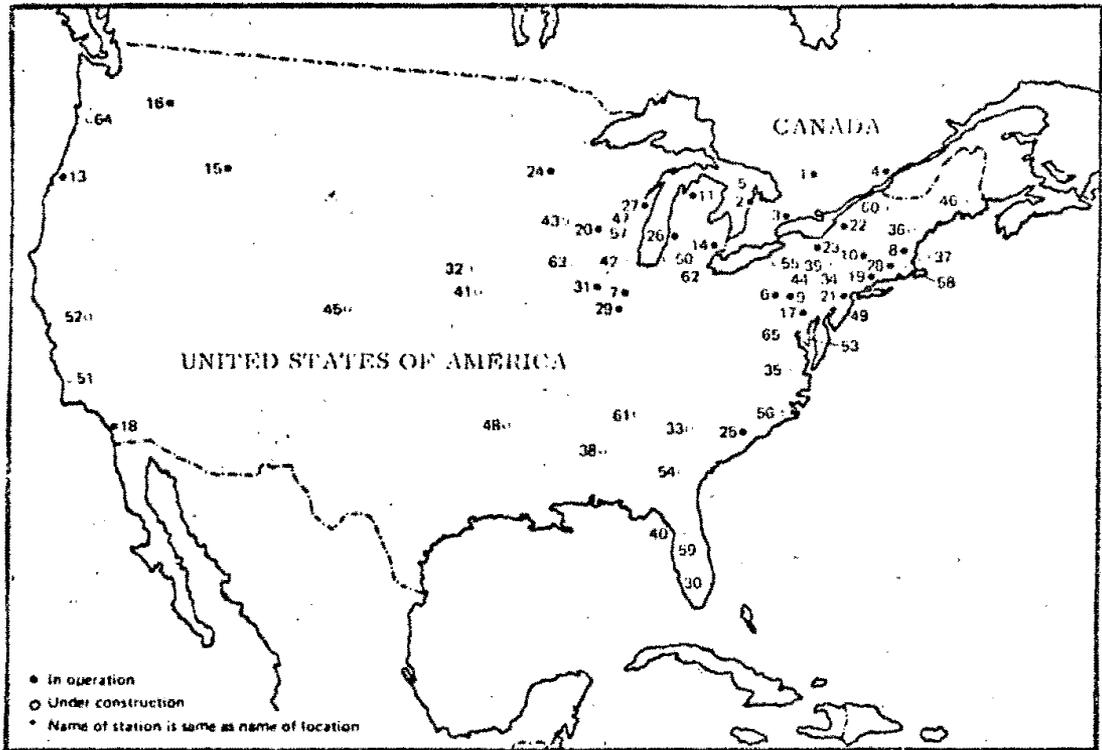
- 6 • Shippingport\* (Pa.)
- 7 • Morris (Ill.) - DRESDEN (2 un.)
- 8 • Rowe (Mass.) - YANKEE
- 9 • Saxton\* (Pa.)
- 10 • Indian Point\* (N.Y.) (3 un., 1 in operation)
- 11 • Big Rock Point\* (Mich.)
- 12 • Elk River (Minn.) - EHR (Shutdown, removed from map)
- 13 • Eureka (Calif.) - HUMBOLDT BAY
- 14 • Lagoona Beach (Mich.) - ENHICO FERMI-1
- 15 • Tusho Falls (Illa.) - EBR-2
- 16 • Richland (Wash.) - N-REACTOR
- 17 • Peach Bottom\* (Pa.) (3 un., 1 in operation)
- 18 • San Clemente (Calif.) - SAN ONOFRE
- 19 • Haddam Neck (Conn.) - CONNECTICUT YANKEE
- 20 • Genoa (Wis.) - LACDWI
- 21 • Toms River (N.J.) - OYSTER CREEK
- 22 • Scriba (N.Y.) - NINE MILE POINT
- 23 • Ontario (N.Y.) - R.E. GINNA
- 24 • Monticello\* (Minn.)
- 25 • Hartselle (S.C.) - H.B. ROBINSON
- 26 • South Haven (Mich.) - PALISADES
- 27 • Two Creeks (Wis.) - POINT BEACH-1 (2 un., 1 in operation)
- 28 • Waterford (Conn.) - MILLSTONE-1 (2 un., 1 in operation)
- 29 • Morris (Ill.) - DRESDEN (1 un.)
- 30 • Turkey Point\* (Fla.) (2 un.)
- 31 • Cordova (Ill.) - QUAD CITIES (2 un., 1 in operation)
- 32 • Fort Calhoun\* (Nebr.)
- 33 • Seneca (S.C.) - OCONEE (3 un.)
- 34 • Indian Point\* (N.Y.) (2 un.)
- 35 • Gravel Neck (Va.) - SURRY (2 un.)
- 36 • Vernon (Vt.) - VERMONT YANKEE
- 37 • Plymouth (Mass.) - PILGRIM
- 38 • Decatur (Ala.) - BROWNS FERRY (3 un.)
- 39 • Peach Bottom\* (Pa.) (2 un.)
- 40 • Red Level (Pa.) - CRYSTAL RIVER (1 un.)
- 41 • Brownville (Nebr.) - COOPER
- 42 • Zion\* (Ill.) (2 un.)
- 43 • Red Wing (Minn.) - PRAIRIE ISLAND (2 un.)
- 44 • Goldsboro (Pa.) - THREE MILE ISLAND (2 un.)
- 45 • Plattville (Colo.) - FORT ST. VRAIN
- 46 • Wiscasset (Maine) - MAINE Yankee
- 47 • Carbon (Wv.) - KEWAUNEE
- 48 • Landon (Ark.) - ARKANSAS-1
- 49 • Salem\* (N.J.) (2 un.)
- 50 • Bridgman (Mich.) - D.C. COOK (2 un.)
- 51 • Diablo Canyon\* (Calif.) (2 un.)
- 52 • Clay Station (Calif.) - RANCHO SECO
- 53 • Lusty (Md.) - CALVERT CLIFFS (2 un.)
- 54 • Baxley (Ga.) - E.L. HATCH
- 55 • Shippingport (Pa.) - BEAVER VALLEY (2 un.)
- 56 • Southport (N.C.) - BRUNSWICK (2 un.)
- 57 • Two Creeks (Wis.) - POINT BEACH-2
- 58 • Waterford (Conn.) - MILLSTONE-2 (2 un.)
- 59 • Fort Pierce (Fla.) - HUTCHINSONS ISLAND
- 60 • Scriba (N.Y.) - JAMES A. HERTZBERGER
- 61 • Daisy (Tenn.) - SEQUOYA-1 (2 un.)
- 62 • Oak Harbor (Ohio) - DAVIS BESSIE
- 63 • Palo Alto (Calif.) - DUANE ARNOLD-1
- 64 • Hammer (Oreg.) - TROJAN-1
- 65 • Mineral (Va.) - NORTH ANNA (2 un.)



COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 188 D - SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 - CABLES: NUCLEARCHILE



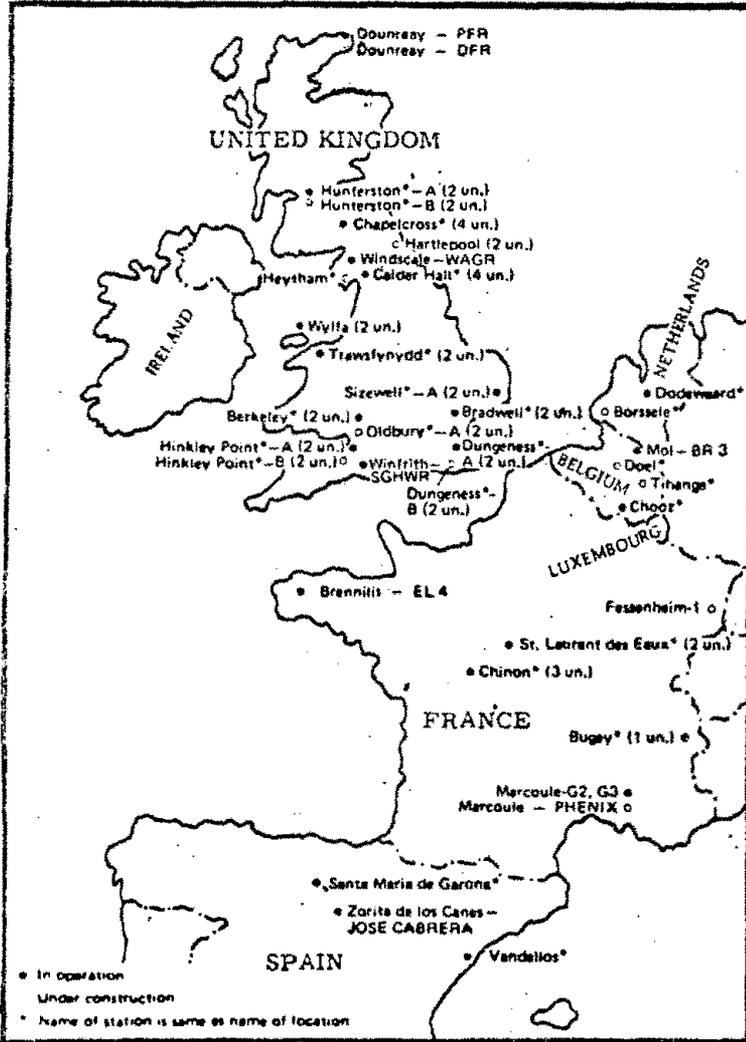


# COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 168 D - SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 - CABLES: NUCLEARCHILE

## NUCLEAR POWER PLANTS IN EUROPE: BELGIUM, FRANCE, NETHERLANDS, SPAIN AND THE UNITED KINGDOM



## NUCLEAR POWER PLANT IN SOUTH AMERICA





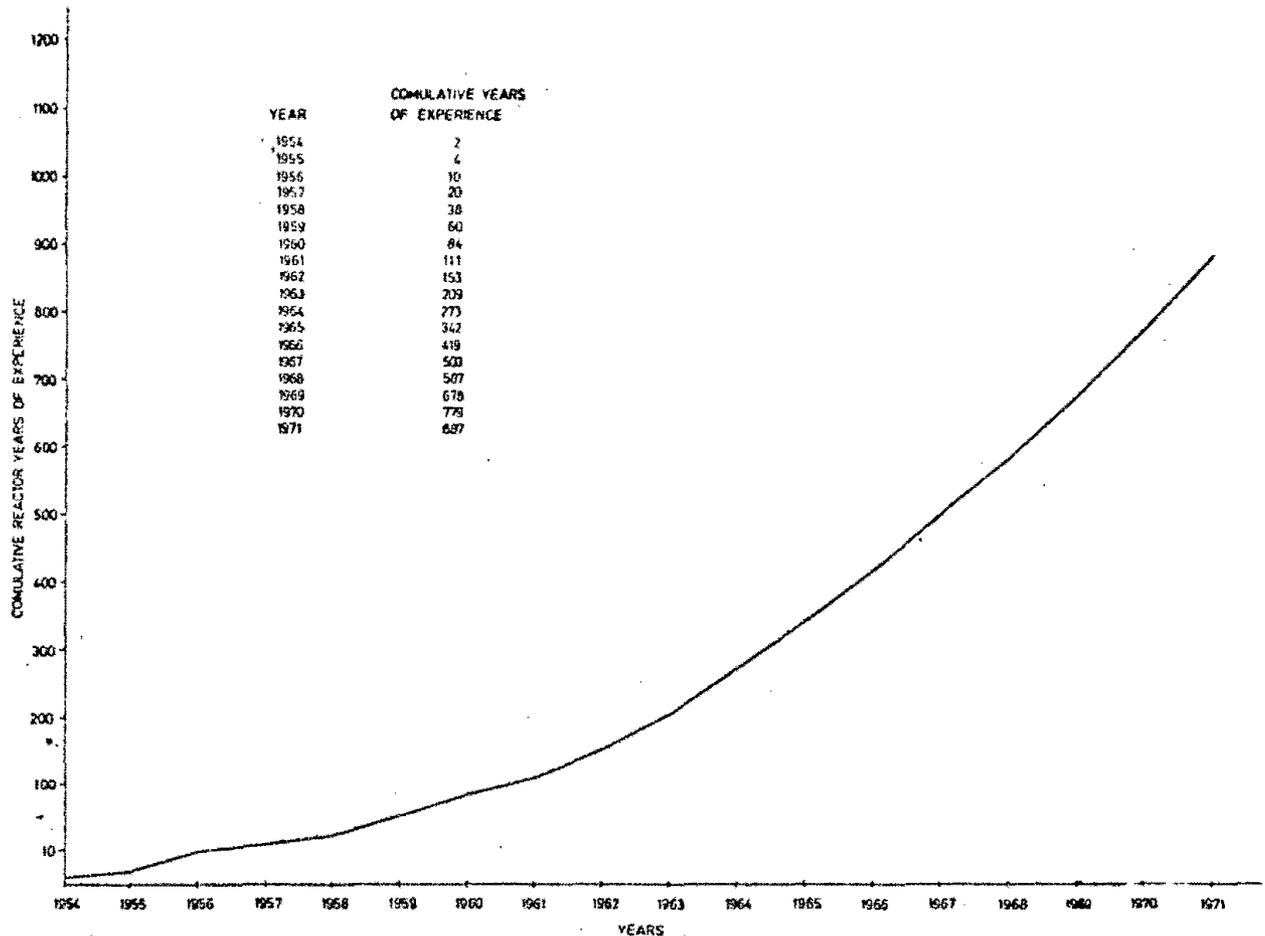
# COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 108 D - SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 - CABLES: NUCLEARCHILE

- 10 -

En muchas oportunidades se dice que la energía núcleo-eléctrica es un nuevo tipo de energía, no convencional y poco empleada.



Este cuadro nos demuestra la experiencia en este campo, y por supuesto, la energía núcleo-eléctrica es "convencional" en todos los países desarrollados y está ampliamente comercializado.

El cuadro siguiente resume el aspecto general del Mercado mundial núcleo-eléctrico.

A la hoja N° 11



COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 243 - CASILLA 188 D - SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 - CABLES: NUCLEARCHILE

POWER REACTORS

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
ARGENTINA																	
AUSTRIA																	
BELGIUM													1	1	1	1	1
BRAZIL																	
BULGARIA																	
CANADA													1	1	1	1	2
CZECHOSLOVAKIA																	
FINLAND																	
FRANCE		1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	11	12	13	14	15	16
		2.00	2.00	61.00	60.00	80.00	80.00	80.00	80.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
GERMANY, F.R.G.																	
INDIA																	
ITALY																	
JAPAN																	
KOREA																	
MEXICO																	
NETHERLANDS																	
PAKISTAN																	
SOUTH AFRICA																	
SPAIN																	
SWEDEN																	
SWITZERLAND																	
USSR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UNITED KINGDOM																	
USA	1	1	2	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	2.40	2.40	6.40	10.20	10.20	20.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
YUGOSLAVIA																	
TOTAL NUMBER OF COUNTRIES	2	2	4	4	4	4	5	5	6	10	10	10	10	10	10	10	11
TOTAL NUMBER OF REACTORS	2	2	6	10	16	22	24	27	28	36	44	49	49	49	49	49	52
TOTAL INSTALLED CAPACITY (MWE)	7.40	7.40	113.40	110.20	75.20	110.00	120.00	100.00	204.00	427.25	630.20	761.75	891.00	891.00	891.00	891.00	891.00



COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 108 D. SANTIAGO DE CHILE

FONO 250542 - CABLES: NUCLEARCHILE

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
ARGENTINA						1	1	1	1	1	1	2
AUSTRIA						219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00	219.00
BELGIUM										1	1	1
BRAZIL										1	1	1
BULGARIA										1	1	1
CANADA	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00	270.00
CZECHOSLOVAKIA						1	1	1	1	1	1	1
FINLAND										1	1	1
FRANCE	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00	1137.00
GERMANY, F.R.G.	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00	330.00
INDIA										1	1	1
ITALY	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00	597.00
JAPAN	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25	189.25
KOREA										1	1	1
MEXICO											1	1
NETHERLANDS	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00
PAKISTAN						1	1	1	1	1	1	1
SOUTH AFRICA												1
SPAIN		157.00	157.00	157.00	157.00	157.00	157.00	157.00	157.00	157.00	157.00	157.00
SWEDEN	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
SWITZERLAND	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
USSR	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00	1210.00
UNITED KINGDOM	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
USA	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00
YUGOSLAVIA											1	1
TOTAL NUMBER OF COUNTRIES	11	13	14	14	15	17	17	18	19	20	20	22
TOTAL NUMBER OF REACTORS	04	06	05	10	12	15	16	20	24	26	26	30
TOTAL INSTALLED CAPACITY (MW)	10004.55	11670.79	10594.25	21101.00	20042.00	20976.10	21603.20	23009.20	110700.20	140001.20	179014.20	100743.00

### III.- APORTACION NUCLEAR EN ESPAÑA

Es de interés conocer los alcances, y la evolución de la energía nuclear en España, especialmente por tratarse de un país cuyo nivel energético se encuentra en un lógico primer escalón a alcanzar por Chile.

El documento "Experiencia en la Incorporación de la Energía núcleo-eléctrica" J.E.N. Noviembre 1973 indica al respecto : (Plan Energético Español).

De acuerdo con las previsiones de potencia del P.E.N., con una producción hidroeléctrica experimentada del orden de 30-35 TWh al año, y asignando una utilización de 5.300 horas anuales al equipo nuclear, y de 5.000 horas a las centrales de carbón, se ha construido el diagrama de la figura 1.

En la punta, con misión de asegurar la demanda de potencia principalmente, se sitúa la energía hidráulica regulada, que se verá reforzada por los equipos de bombeo.

La térmica de fuel-oil, según la evolución prevista, servirá de ajuste y complemento del sistema como se ha indicado antes.

La base del diagrama de cargas se cubrirá con la hidráulica fluyente, con las térmicas de carbón con el fin de utilizar los recursos propios, y con la energía eléctrica de origen nuclear.

Por consiguiente, durante la vigencia del P.E.N., puede garantizarse el funcionamiento en base de las centrales nucleares y, por consiguiente, su mejor competitividad frente a las térmicas de fuel-oil. Para 1983, se estima que el 40-50% de la producción eléctrica será de generación nuclear con una potencia instalada de 15 millones de KW.

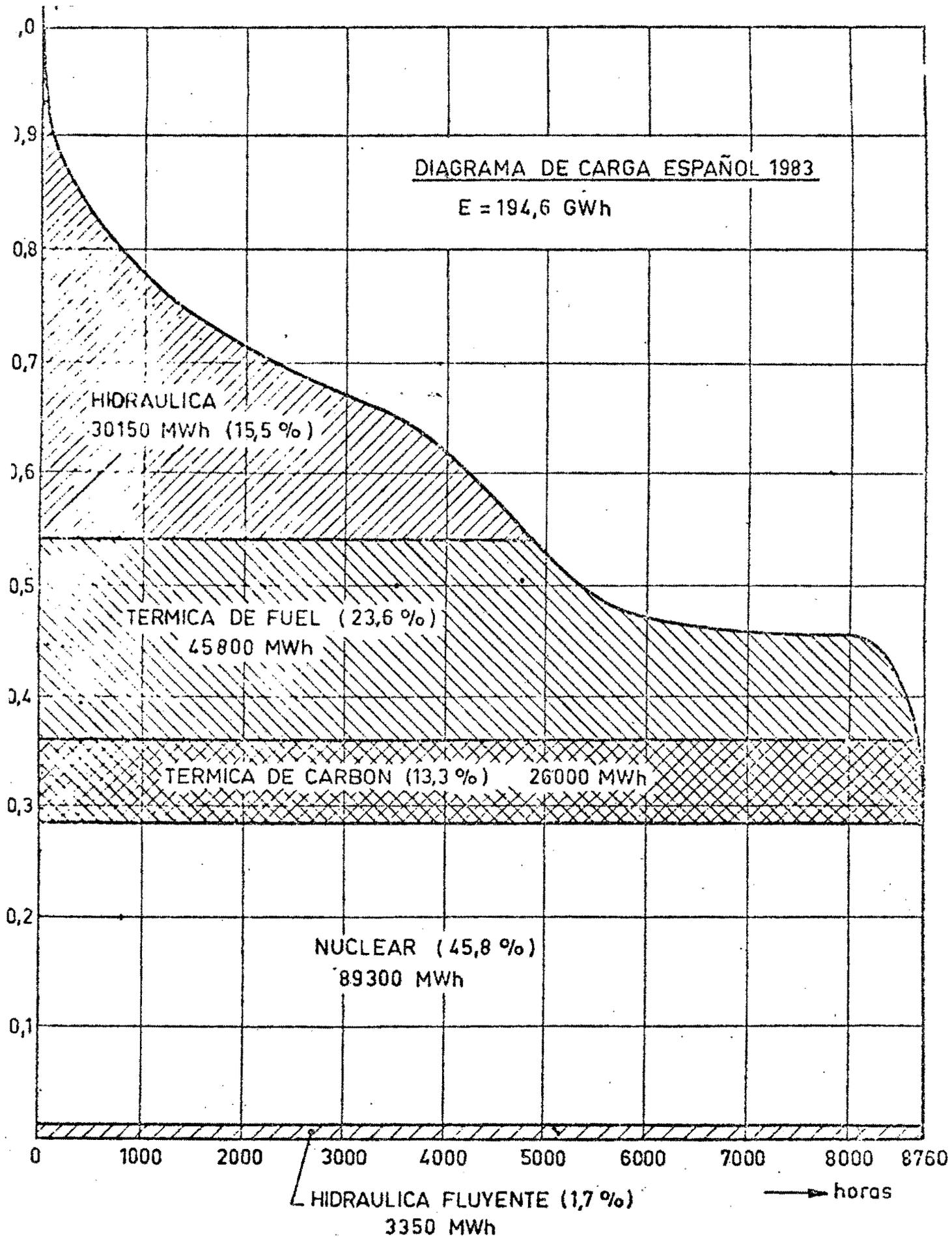


Fig. 1.

La introducción de las centrales nucleares se justifican económicamente en su actuación en la base del diagrama de carga, con una utilización que puede superar las 6.000 horas anuales.

Las inversiones en este tipo de instalaciones es muy elevada. La Industria Eléctrica Española, en un 80% de carácter privado satisface las necesidades de capital para nuevas inversiones por autofinanciación, créditos y aportación de capital propio. Pero los proyectos nucleares pueden disponer de una buena financiación, con participación de créditos exteriores, y puede estimarse que las cargas fijas financieras resultan de un 14% anual aproximadamente.

Los costos fijos de instalación y de explotación vigentes en España en las condiciones actuales vienen a ser los del cuadro siguiente.

Características técnico-económicas de los equipos térmicos.

	<u>Fuel Oil</u>	<u>Carbón</u>	<u>Lignitos</u>	<u>Nucleares</u>
Tamaño de grupo (10 <sup>3</sup> KW)	500	350	350	950
Inversión específica (pts/kW)	10.000	12.000	11.000	15.000
Coste fijo de explotación (pts/kW/año)	170	210	160	200
Vida años	22	22	22	20

Los costes proporcionales que se exponen en el cuadro V fueron utilizados para la revisión del

P.E.N. y aconsejaron la penetración del equipo nuclear, cuando aún no había tenido lugar la guerra árabe-israelí, ni la consiguiente elevación del petróleo.

---

Costes proporcionales, en  
cts/kWh

---

Hulla y antracita	33
Lignito	12 - 33
Nuclear	14 - 14
Fuel-Oil	34

---

Con base en las cifras expuestas anteriormente, puede calcularse el ahorro en divisas que representaría la construcción de centrales nucleares en lugar de térmicas de fuel-oil. Este ahorro se ha estimado en unos 560 millones de pesetas anuales (10 millones de dólares) por cada 1.000 MWe instalados y podrá incrementarse sustancialmente a medida que aumente la participación nacional en la construcción de los reactores.

El papel de la energía hidráulica retenida en el amplio sistema español de embalses, será fundamentalmente de regulación de las fluctuaciones diarias y semanales del consumo de energía eléctrica, pero sus aportaciones como energía primaria apenas crecerán dentro del contexto global, estimándose en el 10% su contribución a la satisfacción de la demanda de 1985.

Con estas perspectivas, se hace necesario la intensificación de la prospección de los recursos naturales, petróleo y uranio, por un lado, y acudir a los mercados extranjeros, por otro.

El suministro de gas natural se inició con la instalación de una Planta de gasificación en Barcelona, que utiliza gas líquido importado. Aunque en el futuro ha de tener una amplia utilización, no parece que pueda cubrir mucho más del 7% de la energía demandada.

El petróleo se dedicará a las necesidades de transporte, a las Industrias Químicas y a la generación de electricidad. Seguirá contribuyendo muy fundamentalmente al abastecimiento de energía, pero debe perder lentamente su significación relativa, en beneficio de las otras modalidades de energía, lo que dará lugar a una estructura más equilibrada. Por otro lado, las importaciones crecientes de petróleo, a precios que se elevan rápidamente, gravitan pesadamente sobre la balanza de pagos.

Dada la situación planteada anteriormente, no sólo no sorprende el aporte de la energía nuclear a nuestro deficitario sistema, incrementando las inversiones dedicadas a las prospecciones uraníferas, sino que se comprende el interés de su introducción en el mercado energético nacional buscando una estructura más equilibrada, como ya se ha dicho, y una saludable diversificación de las fuentes de energía.

#### Centrales nucleares españolas.

De las tres primeras centrales: Zorita, Santa María de Garoña y Vandellés en operación en 1972, España ha programado la construcción de 14 centrales más haciendo un total de 17 para 1990.

La potencia, tipo y lugar de emplazamiento se indica en el cuadro siguiente.



COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 180 D. SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 . CABLES: NUCLEARCHILE

- 17 -

CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS

CENTRAL	POTENCIA ELECTRICA (MWe)	EMPRESA	SITUACION	TIPO	FECHA EN SE
JOSÉ CABRERA	160	U.E.	EXPLOTACION	PWR	SEPTIEN
TA. Mª DE GAROÑA	460	NUCLENOR	"	BWR	MAR
VANDELLÓS	480	HIFRENSA	"	GCR	MAY
ALMARAZ 1 y 2	2 x 930	U.E, H.E, SEVILLANA	CONTRATADA	PWR	1975
LEMÓNIZ 1 y 2	2 x 930	IBERDUERO	"	PWR	1975
ASCÓ 1 y 2	2 x 930	FECSA, ENHER, HECSA, HES	"	PWR	1975
COFRENTES	975	H.E.	"	BWR	1
SANTILLÁN	900	VIESGO	P.A.P.		1
PUNTA ENDALA 1y2	2 x 1000	IBERDUERO	"		1981
TRILLO 1 y 2	2 x 1000	UNIÓN ELÉCTRICA	"		1982
REGODOLA	900	FENOSA, VIESGO H. CANTÁBRICO	"		1
AYAGO	1000	IBERDUERO	"		1
VERGARA	1000	"	"		1
DUGUELLA 1 y 2	2 x 1000	"	"		1987
EBRO			ANUNCIADA		
H.E.- 2			"		
SEVILLANA 1			"		

P.A.P. PENDIENTE AUTORIZACIÓN PREVIA.

#### IV.- LA ENERGIA NUCLEAR EN CHILE.

Conocido es el problema energético chileno. Falta energía. Los planes de desarrollo que impulsa el Gobierno deben tener el debido apoyo energético que les da el aliento vital.

El Organismo Internacional de Energía Atómica, desarrolló en 14 países un estudio de mercado que examinó las perspectivas que se ofrecían a las centrales nucleares.

La finalidad del estudio fué determinar lo más exactamente posible el volúmen y calendario de la demanda de centrales nucleares, así como los medios financieros necesarios en algunos países en desarrollo donde la electricidad nuclear podría complementar económicamente las fuentes energéticas tradicionales. Chile fue uno de esos países estudiados por el O.I.E.A. en 1972.

En resumen, las conclusiones del citado estudio se indican en los cuadros siguientes.



COMISION CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR

AVDA. SALVADOR 943 - CASILLA 188 D. SANTIAGO DE CHILE

FONO 259542 - CABLES: NUCLEARCHILE

Cuadro 1

Aumento anual previsto de la potencia nuclear instalada, por países a/ b/, en megavatios

País	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Aumento nuclear total (MW)	Mercado térmico total (MW)	Porcentaje nuclear del mercado total
Argentina c/ Bangladesh-B Bangladesh-A	600			600	2 x 600		800	800	1 000	1 000	6 000	6 800 1 300	88,2 0
Chile					300	300	300			300	600	3 850	15,6
República Árabe de Egipto				600		600	600	600	2 x 600	600	4 200	1 750	68,6
Grecia Jamaica-B Jamaica-A República de Corea			400	400	400	400	600	600	600	600	4 200	4 300 1 000	93,3 0
		600	600	600	3 x 600	600	2 x 600	2 x 600	600+	600+	8 800	1 550	18,3
México		600	600	600+	800	3 x 800	3 x 800	1 000	2 x 800	3 x 1 000	14 800	19 600	75,8
Pakistán							600				600	2 000	30,0
Filipinas			600		600		800	800		1 000	3 800	5 400	70,3
Singapur-B											600	2 100	0
Singapur-A							600	600	600	600	2 600	4 700	55,3
Tailandia Turquía-B Turquía-A					400	400	600		600	600	2 600	3 850	67,5
							600	600	600+	600	1 200	3 000	40,0
Yugoslavia-B				600	600	800		800	1 000	1 000	4 800	6 000	80,0
Yugoslavia-A			600	800	800	800	2 x 800	2 x 800	1 000	2 x 1 000	9 200	10 600	86,8
Total nuclear (B)	600	1 200	2 200	4 200	5 500	5 700	7 900	8 800	9 000	10 100	52 200	71 200	73,3
Total nuclear (A)	600	1 200	2 800	4 400	5 700	5 700	10 700	7 800	10 400	12 600	62 100	83 350	74,5
Porcentaje nuclear del total térmico (B)	13,5	26,4	44,0	73,7	75,3	86,4	86,3	78,4	67,3	94,8			
Porcentaje nuclear del total térmico (A)	12,5	24,0	51,9	70,4	88,3	83,2	89,9	83,0	88,9	86,5			

a/ En las condiciones de referencia.

b/ B denota el mercado basado en la previsión de carga baja; A denota el mercado basado en la previsión de carga alta.

c/ El mercado correspondiente a los países con una sola previsión de carga se ha incluido tanto en el total de carga baja como en el de carga alta.



GC(XVII)/506

Cuadro 9

Previsiones acerca de las características de carga de las redes

País	Producción de electricidad (millones de MWh)		Tasa de crecimiento de la producción de electricidad 1980-1990 (%/año)	Factor de carga de las redes (%) 1980-1990	Demanda máxima, en MW	
	1980	1990			1980	1990
Argentina	42,0	84,2	7,2	58,3	8 230	16 500
Bangladesh-B	3,1	8,1	10,1	55,0	640	1 690
Bangladesh-A	4,8	21,7	16,3	55,0	1 000	4 500
Chile	<u>11,4</u>	<u>23,7</u>	<u>7,6</u>	<u>60,5</u>	<u>2 150</u>	<u>4 470</u>
República Árabe de Egipto	20,7	47,0	8,5	68,0	3 280	8 380
Grecia	26,8	55,3	7,5	65,0	4 710	9 720
Jamaica-B	3,9	8,3	8,0	68,0	650	1 400
Jamaica-A	4,8	13,3	10,8	68,0	810	2 240
República de Corea	31,2	76,7	9,4	66,0	5 360	13 200
México	72,7	178,9	9,5	61,2	13 500	33 200
Paquistán	17,0	36,2	7,9	58,2	3 320	7 090
Filipinas	14,8	35,2	9,0	65,0	2 610	6 190
Singapur-B	6,5	17,3	7,4	65,0	1 500	3 040
Singapur-A	9,1	27,8	11,8	68,0	1 520	4 650
Tailandia	15,7	39,3	9,7	66,0	2 710	6 800
Turquía-B	23,4	51,3	8,2	63,7	4 200	9 200
Turquía-A	29,0	81,5	10,9	63,7	5 190	14 600
Yugoslavia-B	64,4	122,4	6,7	67,5	10 900	20 700
Yugoslavia-A	87,5	165,5	6,6	67,5	14 810	27 990



Cuadro 6

Capital necesario por países para todas las centrales térmicas<sup>a/</sup>  
(en millones de dólares de los Estados Unidos)<sup>b/</sup>

País	Inversión en las centrales		Capital de explotación para el ciclo del combustible nuclear	Total
	Nacional	Extranjera		
Argentina	1 068	1 047	144	2 259
Bangladesh-B	76	320	0	396
Bangladesh-A	187	919	17	1 123
Chile	191	548	41	780
República Arabe de Egipto	378	1 133	117	1 628
Grecia	501	1 141	122	1 764
Jamaica-B	44	262	0	306
Jamaica-A	77	443	10	530
República de Corea	1 222	1 818	239	3 279
México	2 859	2 642	348	5 849
Paquistán	125	421	17	563
Filipinas	370	1 032	92	1 494
Singapur-B	121	295	0	416
Singapur-A	289	946	69	1 304
Tailandia	341	802	76	1 219
Turquía-B	302	762	34	1 098
Turquía-A	394	1 289	86	1 769
Yugoslavia-B	860	805	111	1 776
Yugoslavia-A	1 466	1 440	211	3 117
<b>Total</b>				
Previsión baja (B)	8 458	13 028	1 341	22 827
<b>Total</b>				
Previsión alta (A)	9 468	15 621	1 589	26 678

a/ En las condiciones de referencia (véase el Cuadro 10).

b/ Cifras basadas en el valor del dólar de los Estados Unidos en 1 de enero de 1973.

Se observa que Chile debe tener conectada a la red eléctrica una Central núcleo-eléctrica de por lo menos 300 MW(e) para el año 1984.

Como se estima en 8 años la duración del proceso, desde que se encarga la Central a la puesta en marcha, ya se debían estar desarrollando los estudios de factibilidad técnico económicos que resolverán las preguntas sobre el tipo de Central, volúmen, potencia, óptima, lugar de empleamiento, áreas a abastecer, etc.

Desgraciadamente, la crisis del petróleo nos obligará a adelantar las fechas por lo menos en dos años. Esto exige de inmediato un esfuerzo nacional, coordinado y planificado adecuadamente.

El O.I.E.A., en su reunión de Junta de Gobernadores de Febrero de 1974, ha tomado clara conciencia del problema y se presta a iniciar ayudas concretas al respecto.

Por estimar de interés, transcribo algunos párrafos de la intervención del Delegado de Pakistán en la Junta de Gobernadores del O.I.E.A. En el seno de la Junta y especialmente entre los países en desarrollo, hubo concenso unánime respecto de los conceptos vertidos por Pakistán.

"La repentina y fuerte subida de precios del combustible en los últimos meses ha planteado graves problemas a los países en desarrollo que apenas poseen combustibles fósiles y cuyas reservas en divisas son limitadas. Aunque los países en desarrollo tienen un consumo de energía reducido por habitante no absorben más que el 12% del total de las importaciones de petróleo, la carga financiera es enorme para ellos si se consideran sus recursos de Capital. Además, el suceso ha sobrevenido en un momento

francamente inoportuno, justamente cuando estos países alcan-  
zaban la etapa crucial de sus programas de desarrollo. Se  
admite que, para desarrollar la economía de un país, lo cual  
implica la creación de una infraestructura básica para la  
industrialización, son indispensables tanto los recursos de  
Capital como la producción de energía, y el problema deberá  
ahora examinarse de nuevo como consecuencia de los últimos  
aumentos del coste del petróleo. Sin duda los países en de-  
sarrollo buscarán otras soluciones, por ejemplo, una utili-  
zación mayor de la energía nuclear para hacer frente a sus  
necesidades de electricidad. Por lo tanto la energía nuclear  
es particularmente prometedora para ellos y esperan una acti-  
tud comprensiva del Organismo Internacional de Energía Atómi-  
ca.

Una sesión de la Junta de Gobernadores  
del O.I.E.A. no es el marco adecuado para examinar el contex-  
to político de los aumentos de precios del petróleo. Hay  
que comprender sin embargo, que la época de la energía bara-  
ta y abundante se ha acabado, y que es poco probable que vuel-  
va en un futuro próximo. Recientemente se pensaba todavía  
que los recursos de combustibles fósiles a bajo precio eran  
prácticamente ilimitados, y la planificación económica se ba-  
saba en esta creencia optimista. Pero los economistas venían  
advirtiendo desde hace algún tiempo que los combustibles fó-  
siles acabarían por escasear si el consumo permanecía tan ele-  
vado y no se descubrían nuevas reservas de petróleo, gas y  
carbón. Desgraciadamente, las previsiones de los economistas  
se han cumplido, incluso demasiado pronto para algunos países.  
No hay que contar con que la energía sea barata en el futuro.  
El mundo ha disfrutado de dos decenios de energía fácil: basta  
recordar que los precios del petróleo expresados en dólares  
constantes eran en 1970 la tercera parte de su valor en 1955.  
En 1957 el barril costaba 1,90 dólares y en 1970 se vendía  
a 1,25 dólares; teniendo en cuenta el valor real del dólar,  
esta última cifra representa un valor neto seis veces menor  
que la primera. Todo el mundo consideraba la situación normal  
y por esto el repentino aumento de los precios del petróleo  
ha originado tal conmoción.

El descenso real del coste del petró-  
leo había sido acompañado por un aumento constante del precio  
de los productos manufacturados: el poder adquisitivo de los

países productores había bajado, desembocando en una situación que era tal vez desagradable para los consumidores de petróleo pero ciertamente intolerable para los productores.

El desenlace de esta situación explosiva ha sido un aumento espectacular de los precios que, desde un punto de vista filosófico, podría considerarse como una corrección de las pasadas desigualdades. Una transición progresiva hubiese hecho naturalmente más soportables las consecuencias para los países en desarrollo.

La subida de los precios del petróleo es una indicación de lo que podría ocurrir con otras materias primas. Los países en desarrollo no pueden seguir admitiendo que las materias primas básicas para la industria -cobre, hierro, algodón, yute, etc.- se vendan a bajo precio mientras que el de los productos acabados -acero, instalaciones, productos químicos- es elevado. Los países industrializados poseen los conocimientos y la tecnología: los países productores -los países en desarrollo- tienen las materias primas y los recursos humanos. Ambos grupos deberían combinarse para construir un sistema de intercambio equitativo y, por ende, un mundo mejor. Se inicia una nueva era de interdependencia en las relaciones internacionales y los hombres comienzan a comprender en todas las partes del mundo que su prosperidad y progreso están indisolublemente unidos. Es indispensable establecer un tipo de cooperación que permita utilizar una manera constructiva incluso los recursos del mar, para no ensanchar el foso que separa a los ricos de los pobres sino antes bien para aproximarlos. Entonces todas las naciones tendrán interés en preservar la estabilidad, la seguridad y la paz mundial.

La interdependencia y cooperación que caracterizan el nuevo ambiente internacional deben reflejarse también en los usos pacíficos de la energía atómica. Hasta hace poco, se admitía que la energía de origen nuclear no tenía razón de ser más que en un grupo selecto de países industrializados que podían utilizar grandes reactores de potencia de 1.000 a 1.200 MW (e); se pensaba que los países en

desarrollo tenían que esperar hasta que sus redes eléctricas fuesen lo suficientemente grandes para poder admitir centrales nucleares de ese tipo. La situación ha cambiado ahora radicalmente, prácticamente de un día a otro. La electricidad de origen nuclear ya no es un lujo, sino una necesidad para el progreso económico de los países en desarrollo. Estos la necesitan por lo menos tanto, si no más, que los países industrializados. Los países avanzados y los países en desarrollo tienen por lo tanto intereses comunes: reconocido este hecho, los valiosos conocimientos técnicos de los países avanzados podrán usarse para construir reactores de potencia de los tamaños y tipos que necesitan ahora los países en desarrollo y los países industrializados por razones económicas igualmente válidas.

Si se admiten en general que la energía nuclear va a desempeñar probablemente un papel mucho más importante de lo que se había previsto, que cada vez más países recurrirán a la energía nuclear para satisfacer sus necesidades de electricidad, y que este tipo de energía resulta económico para muchos más países, parece entonces evidente que el Organismo estará llamado a desempeñar una función primordial en el desarrollo, utilización y control, rápidos y ordenados de la energía de origen nuclear para la producción de electricidad y la desalación del agua de mar. Es preciso hacer frente audazmente a este desafío. El Paquistán cree que el Organismo está perfectamente preparado para ello, con su personal competente bajo la eficaz administración del Director General.

El Organismo podría tomar ciertas medidas inmediatamente, y otras en un futuro próximo, que le permitirían responder constructivamente a esta situación. Debería actualizar los resultados del estudio del mercado de la energía núcleo-eléctrica teniendo en cuenta la nueva situación económica de los combustibles fósiles. Debería evaluar de nuevo el mercado potencial de las Centrales nucleares en los países en desarrollo en función de los nuevos datos y parámetros, e indiscutiblemente reconsiderar la situación de los reactores de potencia pequeña e intermedia con vistas a determinar el umbral económico de tales centrales,

que poseen un interés particular para los países en desarrollo. El Organismo, en cooperación con los proveedores y usuarios, debería estudiar los problemas planteados por el proyecto y construcción de Centrales nucleares todavía más pequeñas. Debería celebrar consultas con organizaciones de crédito, en particular con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), acerca de la financiación de centrales nucleares en los países en desarrollo. Finalmente, el Organismo debería celebrar consultas con la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP) para ver si son posible formas fructíferas de cooperación con esta Organización. Informes recientes han indicado el deseo, por parte de los Miembros de la OPEP, de financiar la investigación referente a nuevas formas de energía.

A más largo plazo, convendría que el programa sexenal del Organismo reflejase la nueva situación planteada como resultado de la crisis de la energía. El Organismo y la Junta deberían hacer cuanto puedan para contribuir a resolver los problemas con los que se enfrentan los Estados Miembros. Es preciso adoptar ciertas medidas y dedicar **especial atención a determinados temas.**

En primer lugar, existe el problema del suministro de Uranio. Será preciso encontrar nuevas reservas de Uranio para llevar a cabo los programas de energía nuclear considerablemente ampliados, pues de otro modo surgirá inevitablemente la especulación con los precios del Uranio. Según las estimaciones del Organismo, las reservas conocidas de Uranio en 1973, son ligeramente superiores a un millón de Toneladas. Sería necesario que esta cifra se duplicase de aquí a 1990, para atender a las necesidades de los Estados Miembros. Por lo tanto, debe estimularse la exploración. Convendría ayudar a los países en desarrollo en la búsqueda del uranio para contribuir a aumentar las valiosas reservas mundiales existentes.

También plantea problemas la disponibilidad de los servicios de enriquecimiento. Sin ninguna duda, serán pronto necesarias más plantas de enriquecimiento que las actualmente existentes. Como su construcción es costosa, serán preciso planes de cooperación que permitan a los

diferentes países aprovechar en común recursos técnicos y financieros para beneficio de todos. El Organismo bien podría desempeñar el papel importante a este respecto, ayudando a la conclusión de los acuerdos regionales e internacionales adecuados para la prestación de servicios de enriquecimiento.

Otra cuestión importante es la de la seguridad de las Centrales nucleares. Dado el auge previsto de la construcción de Centrales nucleares, es sumamente necesario que todos los usuarios, especialmente los noveles, procuren construir centrales seguras y explotarlas con las debidas precauciones. El orador observa con satisfacción que el Director General ha previsto ya la ampliación de las actividades del Organismo para elaborar normas generalmente aceptables sobre el emplazamiento, proyecto y explotación de las centrales nucleares de todo tipo, así como sobre la gestión de desechos radiactivos.

Queda la cuestión de la capacitación del personal. Uno de los obstáculos más graves para la introducción de la energía de origen nuclear en los países en desarrollo será la falta de personal competente, adecuadamente capacitado para explotar las centrales nucleares. El Organismo puede hacer mucho bien ampliando sus actividades en este terreno; además de conceder becas, podría prestar su ayuda para la creación de Centros de Capacitación Nacionales y Regionales en los que se formaría al personal científico y técnico necesario para explotar las Centrales Nucleares de los diferentes países.

Por otra parte, Estados Unidos de Norteamérica ha variado su política energética, creando Organismo coordinadores a nivel presidencial.

#### CONCLUSIONES.

1.- Chile debe tener interconectada a la red una Central Núcleo-Eléctrica de por lo menos 300 MW(e). Para lo cual se informa iniciar los estudios inmediatamente.

2.- Debe establecer un Organismo coordinador de política energética, de acuerdo con directrices y objetivos que podrían ser los siguientes:

· Un abastecimiento de energía flexible, sin limitaciones y en las mejores condiciones de coste. El abastecimiento deberá ser holgado para no frenar el desarrollo, tendrá que adaptarse a las exigencias de la demanda en sus diversas formas y modalidades y sus costes estarán optimizados en relación con el proceso de producción y comercialización de la energía.

· Una explotación económica, y lo más amplia posible, de los recursos energéticos propios, cumpliendo un final nacional y contribuyendo así mismo a aumentar las disponibilidades mundiales de energía y a aliviar la penuria de los transportes internacionales de energía.

De acuerdo con dichas directrices y con la situación concreta de Chile, se ha de poner en práctica una política energética conducente a la mejora de los abastecimientos, incrementando los recursos y perfeccionando los sistemas de distribución.

En este sentido se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

-La coordinación en el crecimiento del Sector; que permitirá ordenar, agilizar y mejorar los rendimientos de todos los recursos propios e importados.

-Corregir los desequilibrios estructurales; localizando las instalaciones de producción en los sitios más adecuados, con el fin de economizar las pérdidas en el transporte.

-Aumentar el grado de seguridad de los suministros; el grado de dependencia de la energía importada, es cada vez mayor en el momento presente más del 62% de la energía que consumimos es importada, cifra similar a la de otros países.

-Fomentar la electricidad rural; resulta imprescindible proceder a una reestructuración del sector eléctrico, con el fin de mejorar la calidad de suministro en todo el sector rural, hoy en día abastecido por un elevado número de empresas cuyas condiciones económicas son muy precarias y, por consiguiente, no pueden hacer frente a los desembolsos requeridos por el crecimiento del consumo.

3. La energía núcleo-eléctrica está ampliamente probada en el mundo y es la primera solución a los déficit energéticos creados por la crisis del petróleo.

