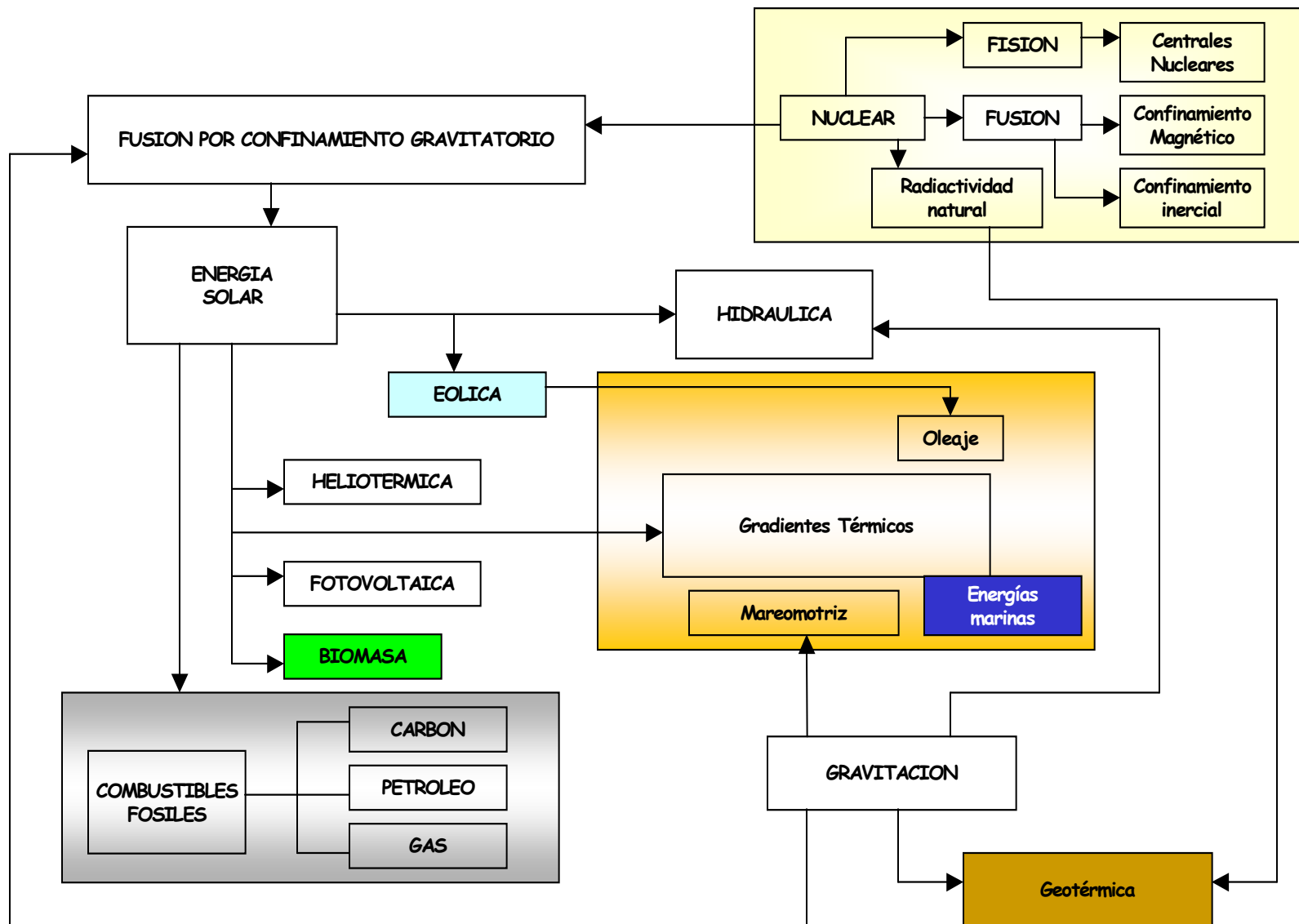


Energía Nuclear en España: pasado y presente

Emilio Minguez Torres
Catedrático de Tecnología Nuclear
Vicerrector de Gestión Académica y Profesorado
(emilio.minguez@upm.es)

Fuerzas y fuentes de energía





CONTENIDO

- Potencia instalada y producción eléctrica
- Etapas del programa nuclear
- Centrales nucleares: producción
- Situación del sector nuclear:
 - ✓ componentes
 - ✓ combustible
 - ✓ residuos
 - ✓ ingeniería y servicios
 - ✓ entidades oficiales
 - ✓ formación y entrenamiento



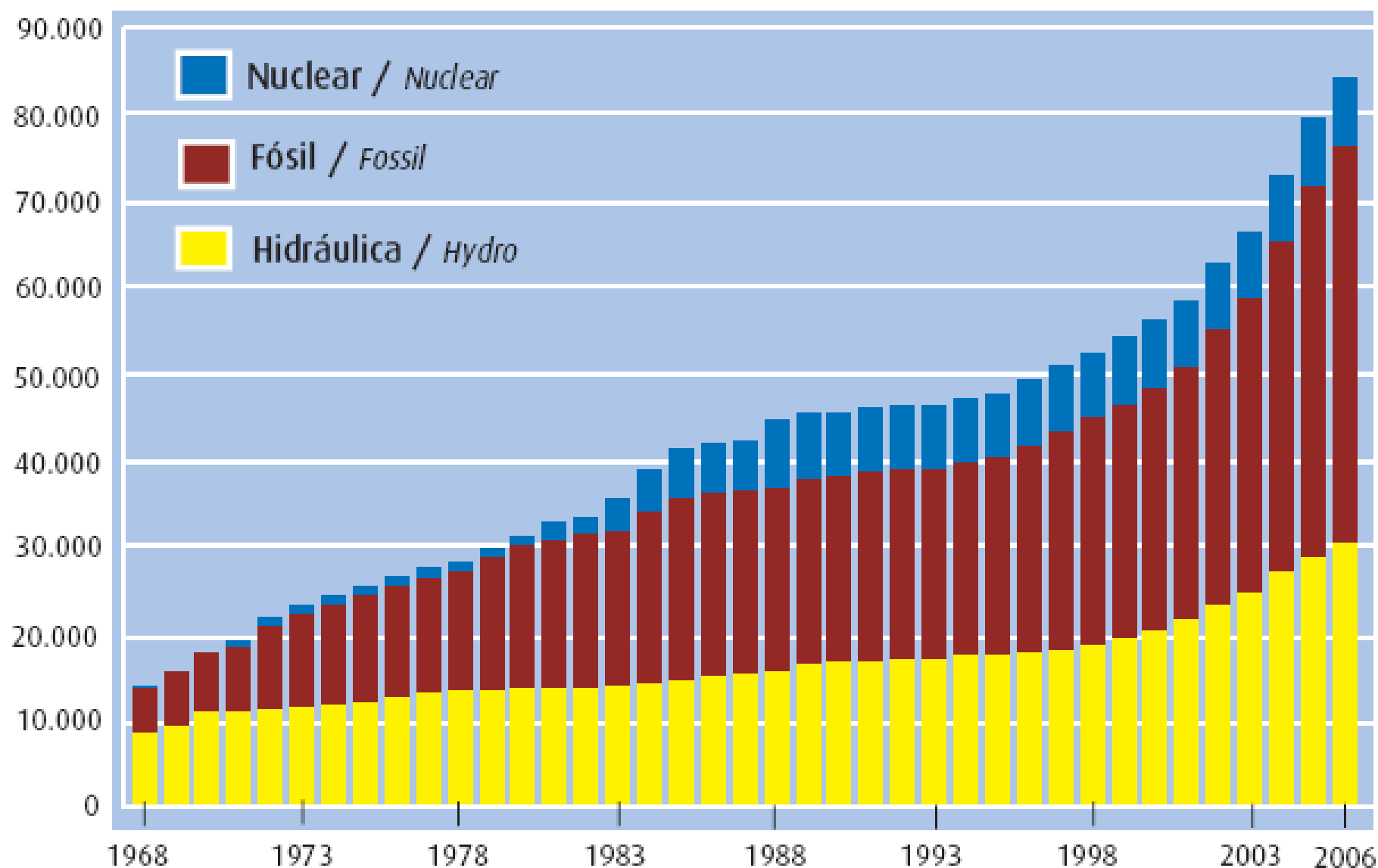
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Potencia instalada y Producción eléctrica

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA

(MW)

EVOLUTION OF INSTALLED CAPACITY



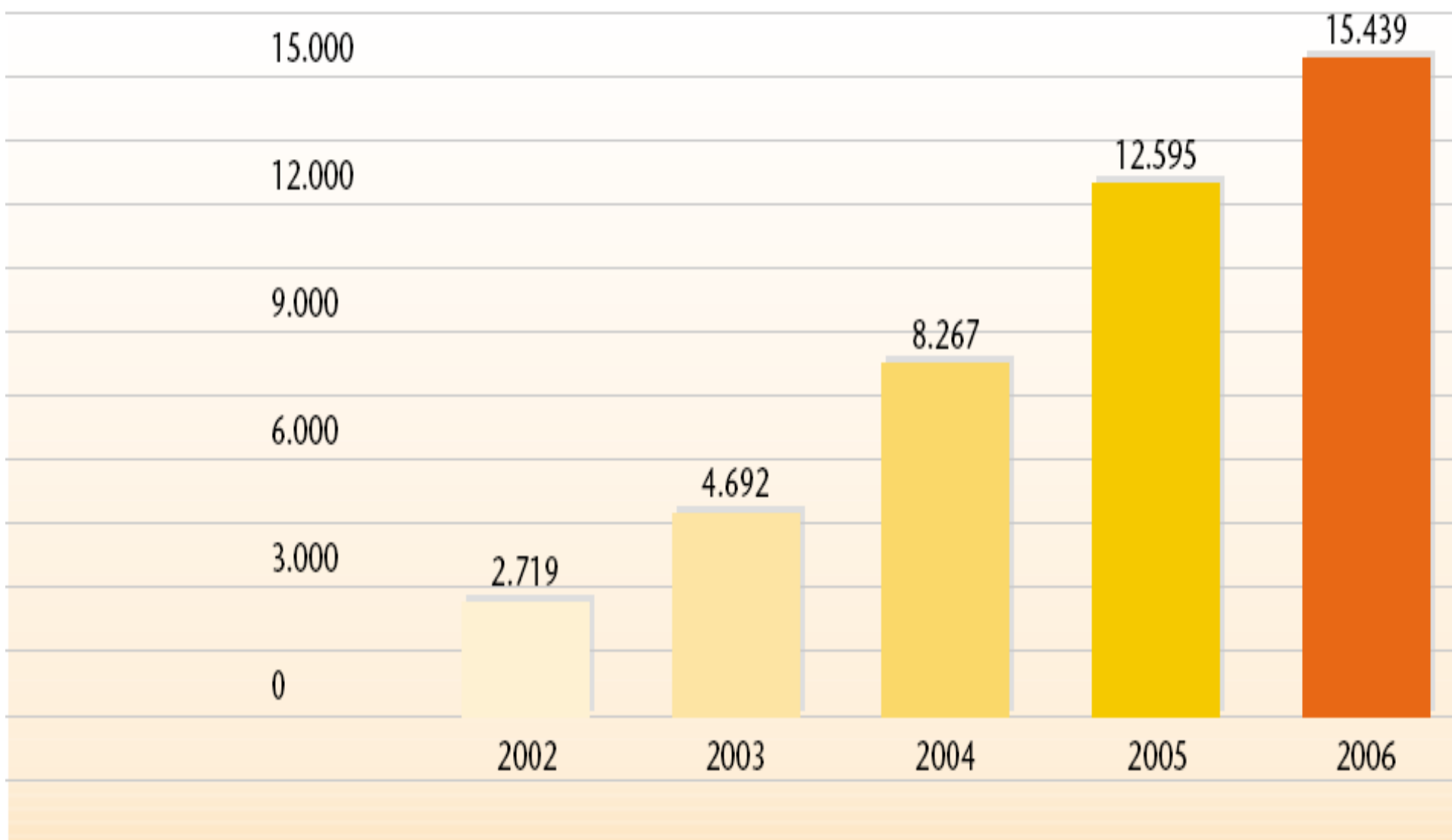
POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA (MW)

INSTALLED CAPACITY IN SPAIN (MW)

	2005	2006*
Renovables y Residuos / <i>Renewable energy sources and wastes</i>		
Hidroeléctrica / <i>Hydroelectricity</i>	29.883	31.602
Eólica / <i>Wind energy</i>	18.691	18.732
Biomasa y Otras / <i>Biomass & others</i>	10.074	11.688
Residuos / <i>Wastes</i>	537	601
	581	581
Cogeneración / <i>Cogeneration</i>	6.392	6.498
Térmica Clásica / <i>Conventional thermal power</i>	35.274	38.223
Nuclear / <i>Nuclear</i>	7.878	7.728
TOTAL	79.427	84.051

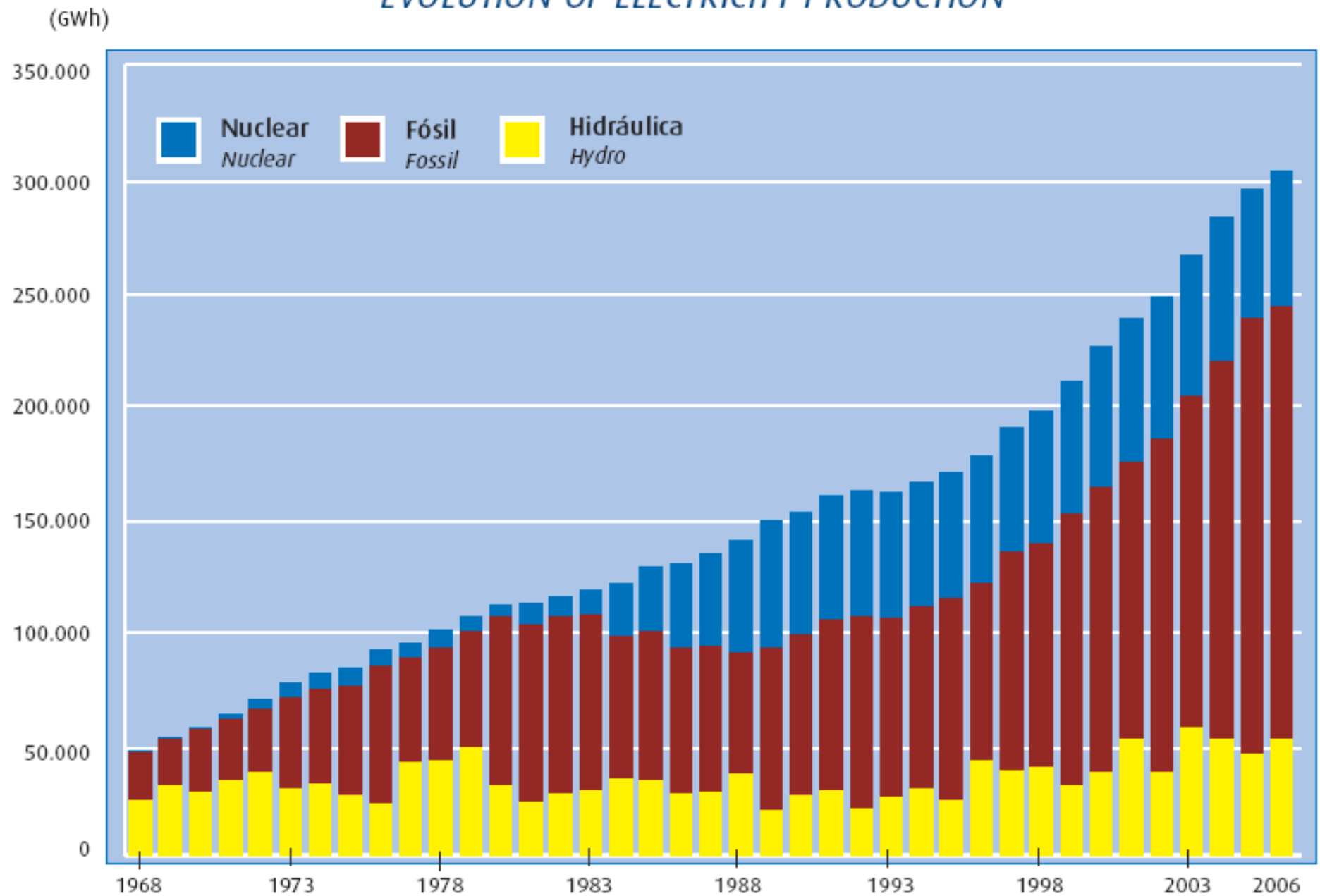
(*) Provisional

POTENCIA INSTALADA EN CENTRALES DE CICLO COMBINADO DE GAS NATURAL (MW)



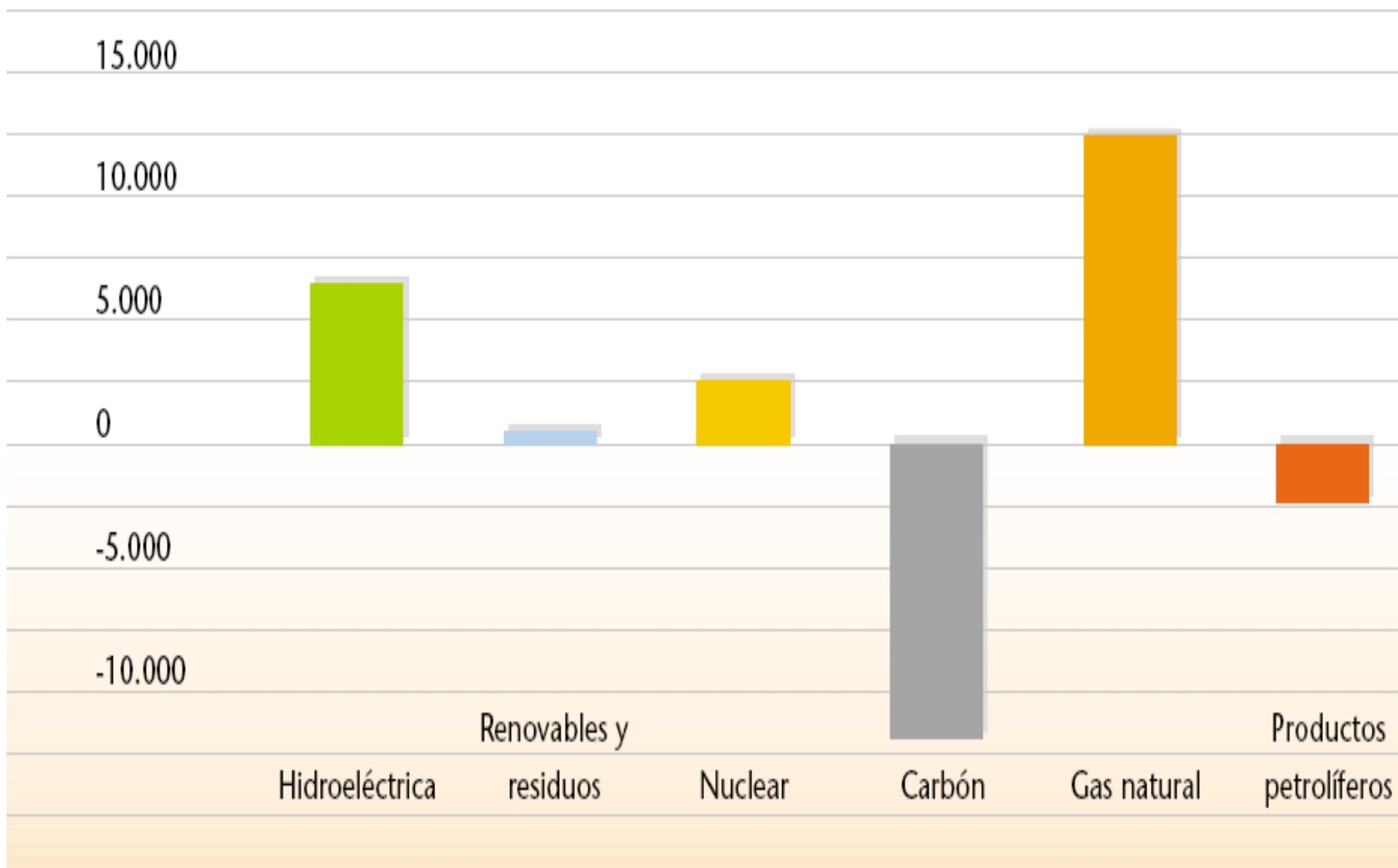
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

EVOLUTION OF ELECTRICITY PRODUCTION



VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL AÑO 2006 RESPECTO A LA DEL 2005

(Millones de kWh.) (Variación total: +7.314)



PRODUCCIÓN ESTIMADA DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE INSTALACIÓN (GWh)

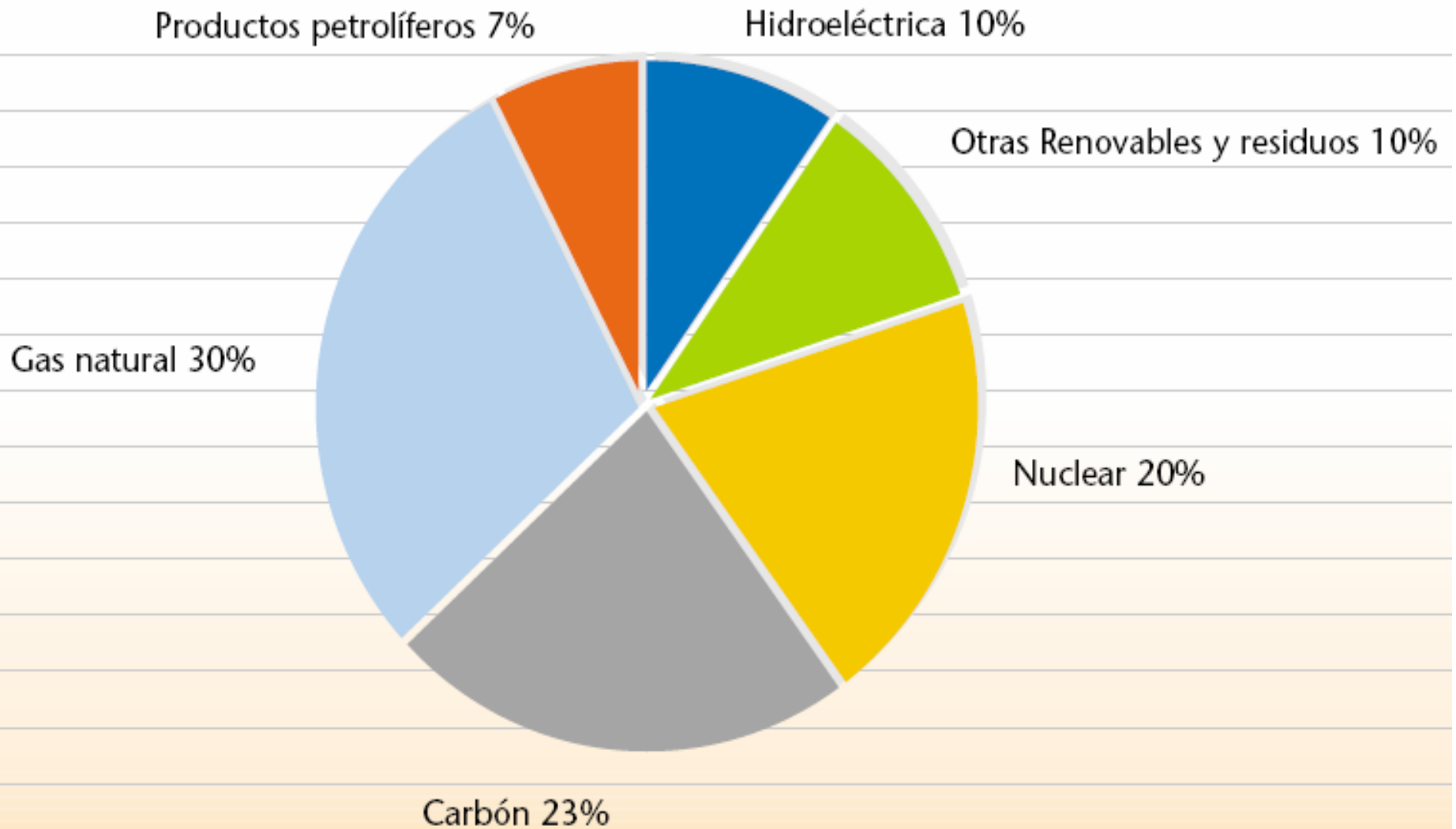
ESTIMATED ELECTRICITY PRODUCTION BY TYPE OF FACILITY (GWh)

	2005	2006 ^(*)
Renovables y Residuos / <i>Renewable energy sources and wastes</i>		
Hidroeléctrica / <i>Hydroelectricity</i>	49.977	56.625
Eólica / <i>Wind energy</i>	23.059	29.050
Eólica / <i>Wind energy</i>	21.581	22.377
Biomasa y Otras / <i>Biomass & others</i>	2.414	2.463
Residuos / <i>Wastes</i>	2.923	2.735
Cogeneración y tratamiento de residuos / <i>Cogeneration and wastes treatment</i>	36.266	34.944
Térmica Convencional / <i>Conventional thermal power</i>	151.004	150.736
Nuclear / <i>Nuclear</i>	57.538	60.125
TOTAL	294.785	302.430

(*) Provisional



ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN DEL AÑO 2006





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Etapas del programa nuclear español



1.947 - 1.968: Investigación y promoción de la E.N.

EPALE 1947, Junta de Energía Nuclear, 1951

Reactor DON (General Atomics)

Acuerdo con USA (W-JEN-UEM)

Acuerdo con Francia (Hifrensa)

Explotadores # UNESA

Tecnatom (interés /expectativa)

Ley 25/1964 E.Nuclear (no Reglamento)

Criticidad de C.N.Zorita, Junio, 1968



1.969 - 1987: Construcción de CC.NN.

Planes Energéticos Pro-nucleares

Reglamento de Inst.Nuclares, 1972

Explotadores privados para las CCNN

Agentes tecnológicos en el ámbito del INI-JEN

Creación del Forum Atómico Español y de la SNE

Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, Ley
15/1980

Capacitación tecnológica nuclear española

Construcción y puesta en marcha de más de 7.500
MW nucleares

Moratoria nuclear, 1984

Creación de ENRESA, 1984



1.988 - 2007: Explotación del parque nuclear

Explotación eficiente de la CCNN españolas
Incendio de Vandellós I (1989) y cierre de la C.N.
Liberalización del sector eléctrico
Renovables: eclosión Eólica
Garantía de potencia: CGCC
Gasificación de la economía española
Desaparición de la JEN: el CIEMAT (1986)
Oferta (frustrada) de España por el ITER (2003)



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Centrales nucleares: producción

BILBAO: 90 Km.
VITORIA: 65 Km.
MADRID: 350 Km.



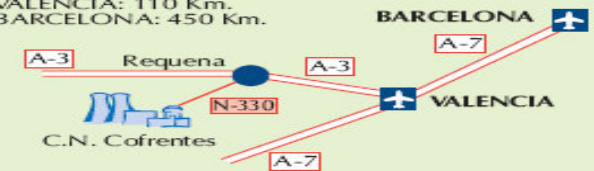
BARCELONA: 200 Km.



BARCELONA: 130 Km.



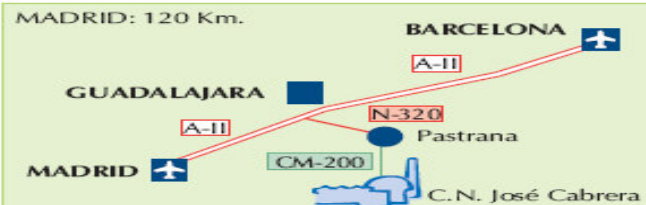
VALENCIA: 110 Km.
BARCELONA: 450 Km.



MADRID: 130 Km.



MADRID: 120 Km.



MADRID: 200 Km.



Nombre	Potencia (MWe)	Tipo	Origen Tecnológico	Primera conexión
<i>Name</i>	<i>Rating (MWe)</i>	<i>Type</i>	<i>Origin of Technology</i>	<i>Initial connection</i>
José Cabrera	150,1	PWR	EE.UU. / USA	1968
Sta. M^a de Garoña	466	BWR	EE.UU. / USA	1971
Almaraz I	977	PWR	EE.UU. / USA	1981
Almaraz II	980	PWR	EE.UU. / USA	1983
Ascó I	1.032,5	PWR	EE.UU. / USA	1983
Ascó II	1.027,2	PWR	EE.UU. / USA	1985
Cofrentes	1.092	BWR	EE.UU. / USA	1984
Vandellós II	1.087,1	PWR	EE.UU. / USA	1987
Trillo	1.066	PWR	ALEMANIA / GERMANY	1988

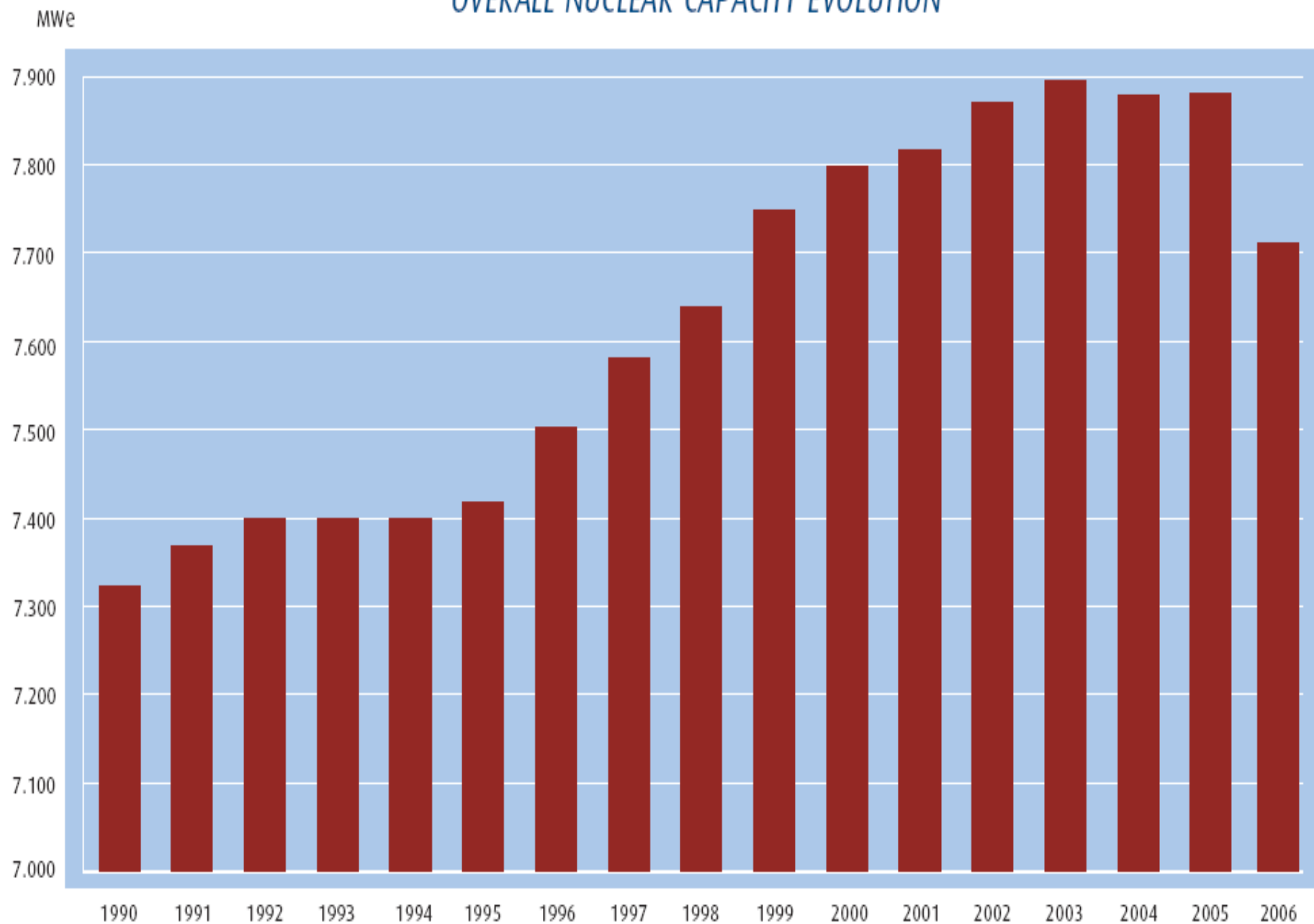


ETAPAS DEL PROGRAMA NUCLEAR ESPAÑOL

CONCEPTO	CENTRALES 1ª ETAPA	CENTRALES 2ª ETAPA	CENTRALES 3ª ETAPA
	1964-1973	1973-1985	1975-1988
Bienes de equipo	24-25	45-55	75-80
- Caldera nuclear		30-35	70-75
- Turbogenerador		30-40	55-60
- Mecánico		70-80	85-90
- Eléctrico e Instrumentación		75-85	95-100
Servicios		93-96	96-98
- Construcción		100	100
- Montaje	65-75	100	100
- Transporte	80-85	95	95-100
- Ingeniería	50-70	75-80	85-95
- Form. de personal		80	100
Total	42-44	65-70	80-80

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA DEL PARQUE NUCLEAR

OVERALL NUCLEAR CAPACITY EVOLUTION





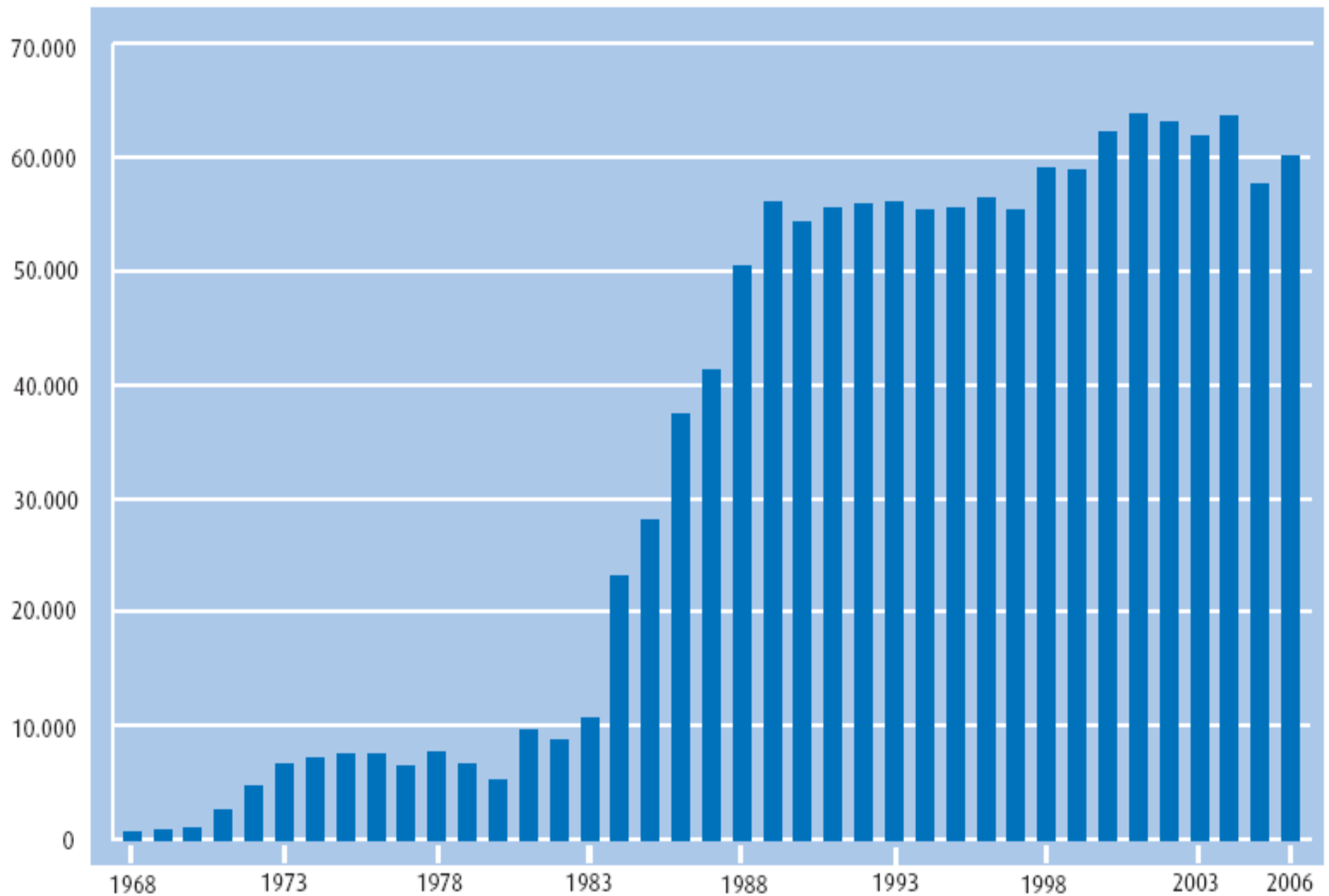
AUMENTO DE LA POTENCIA

<u>Centrales</u>	<u>MW iniciales</u>	<u>MW actuales</u>	<u>Actuaciones</u>
José Cabrera	160	160	-
Garroña	460	466	1996-RN
Almaraz I	930	977	1996-RN Prev-PT
Almaraz II	930	980	1997-RN Prev-PT
Ascó I	930	1.032	1995/97-RN 2000-PT y R
Ascó II	930	1.027	1966-RN 1999-PT y R
Cofrentes	975	1.092	1987/97/2002-PT 2003-RN y PT
Vandellós II	982	1.087	1996-RN 1999-RN y PT
Trillo	1.041	1.066	1992-RN Prev-PT
Totales	7.338	7.887	Posible 8.000 MW

200 MWe

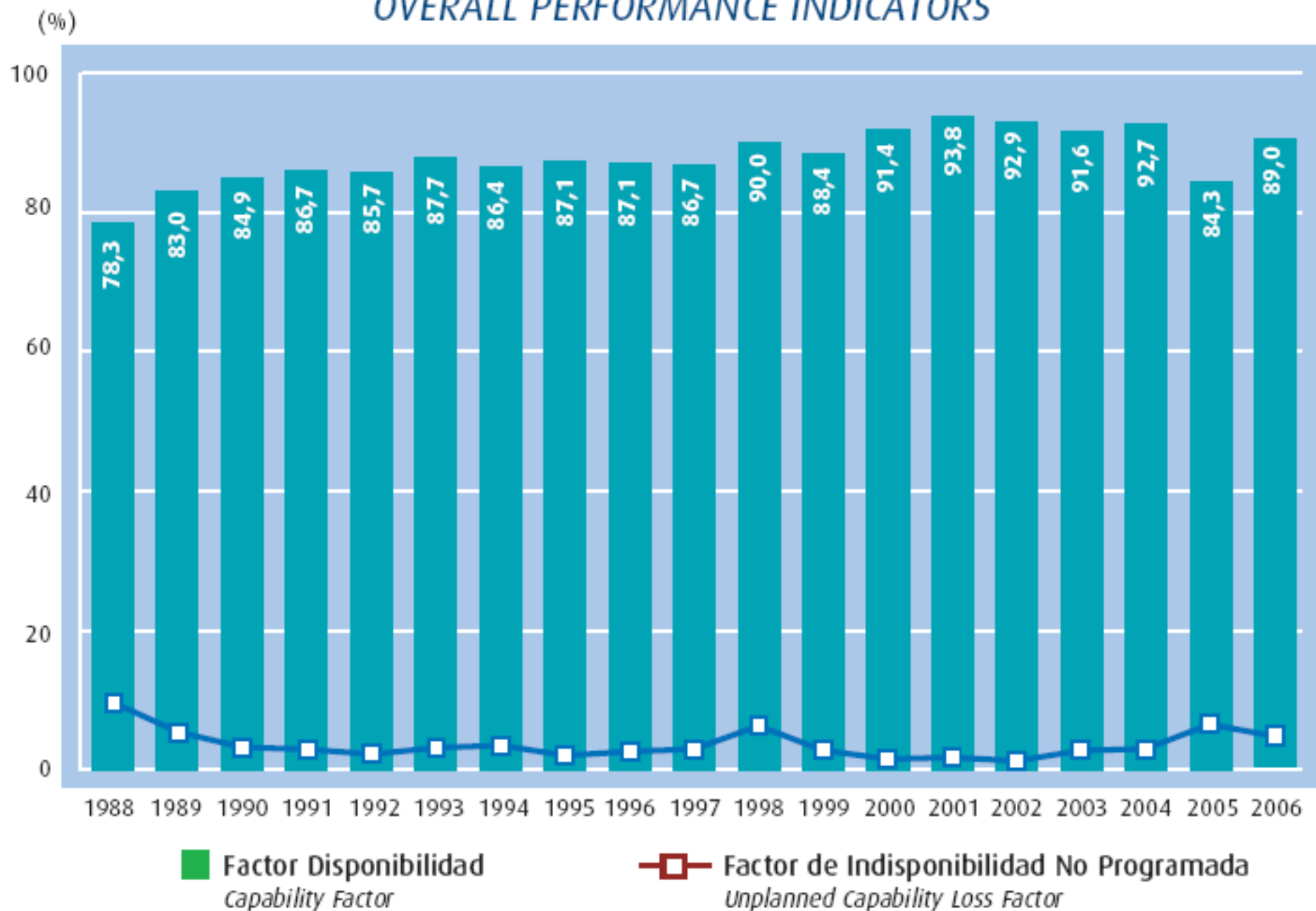
PRODUCCIÓN NUCLEAR / *NUCLEAR GENERATION*

(GWh)



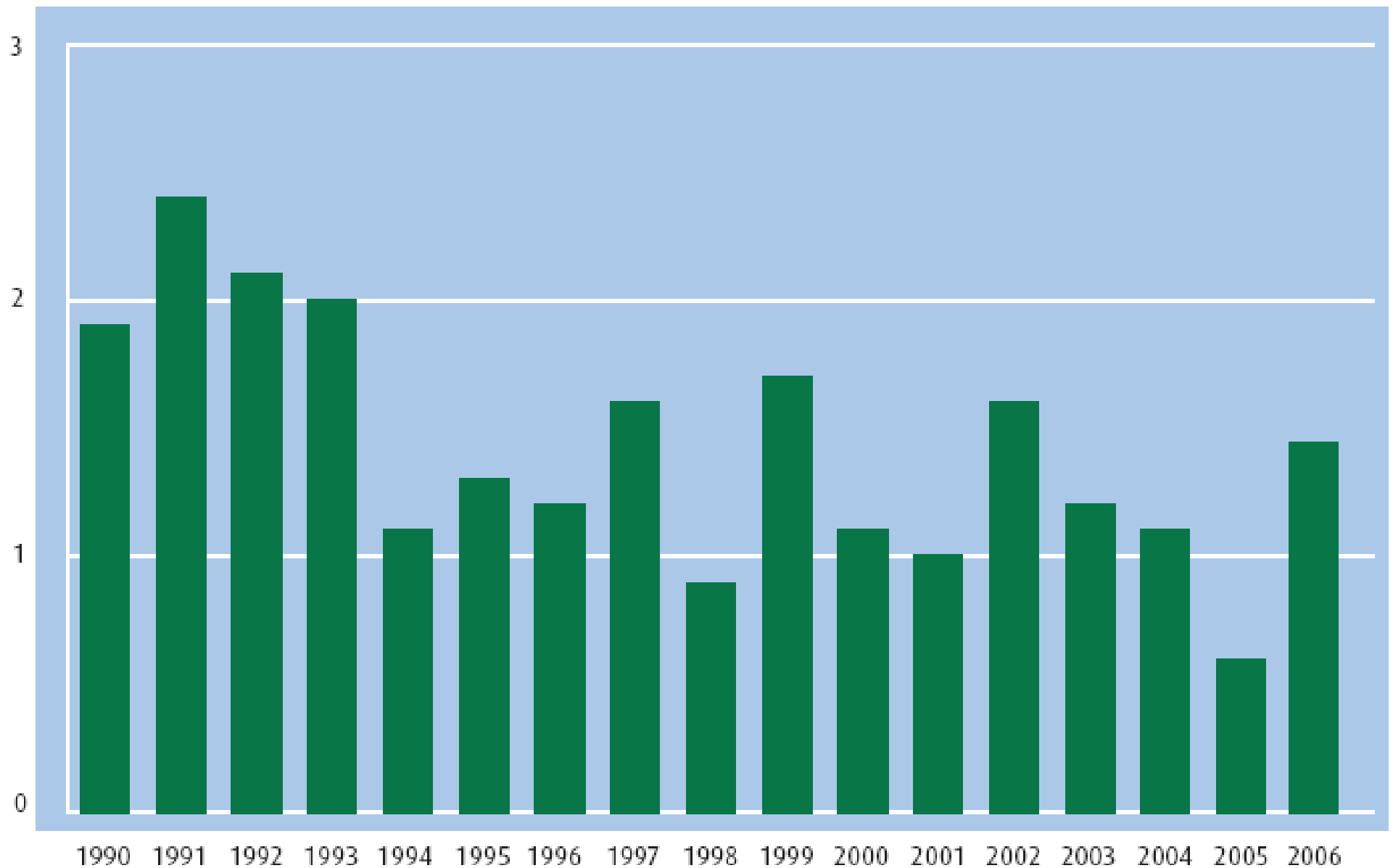
INDICADORES GLOBALES DE FUNCIONAMIENTO

OVERALL PERFORMANCE INDICATORS



NÚMERO DE PARADAS INSTANTÁNEAS POR REACTOR Y AÑO

AVERAGE NUMBER OF REACTORS SCRAMS PER YEAR





CN JOSE CABRERA (ZORITA)

La producción de la central durante los 4 primeros meses del año ha sido de **416,8** millones de kWh, con un Factor de Disponibilidad del **96%**.

*During the four initial months of the year, the plant generated **416.8** million kWh, with a Capability Factor greater than **96%**.*

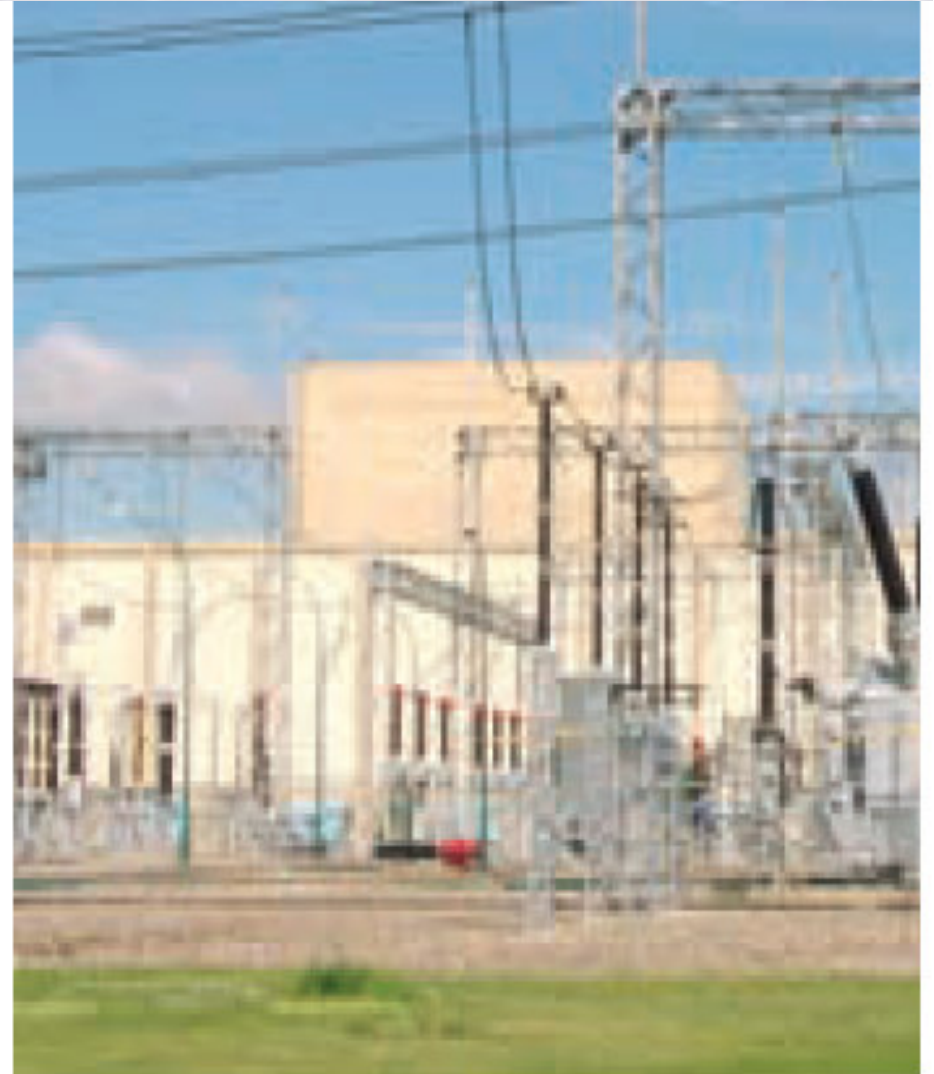




CN SANTA M^a DE GAROÑA

La producción de la central ha sido de **3.842** millones de kWh, con un Factor de Disponibilidad del **95,9%**.

*Plant production amounted to **3,842** million kWh, with a Unit Capability Factor of **95.9%***

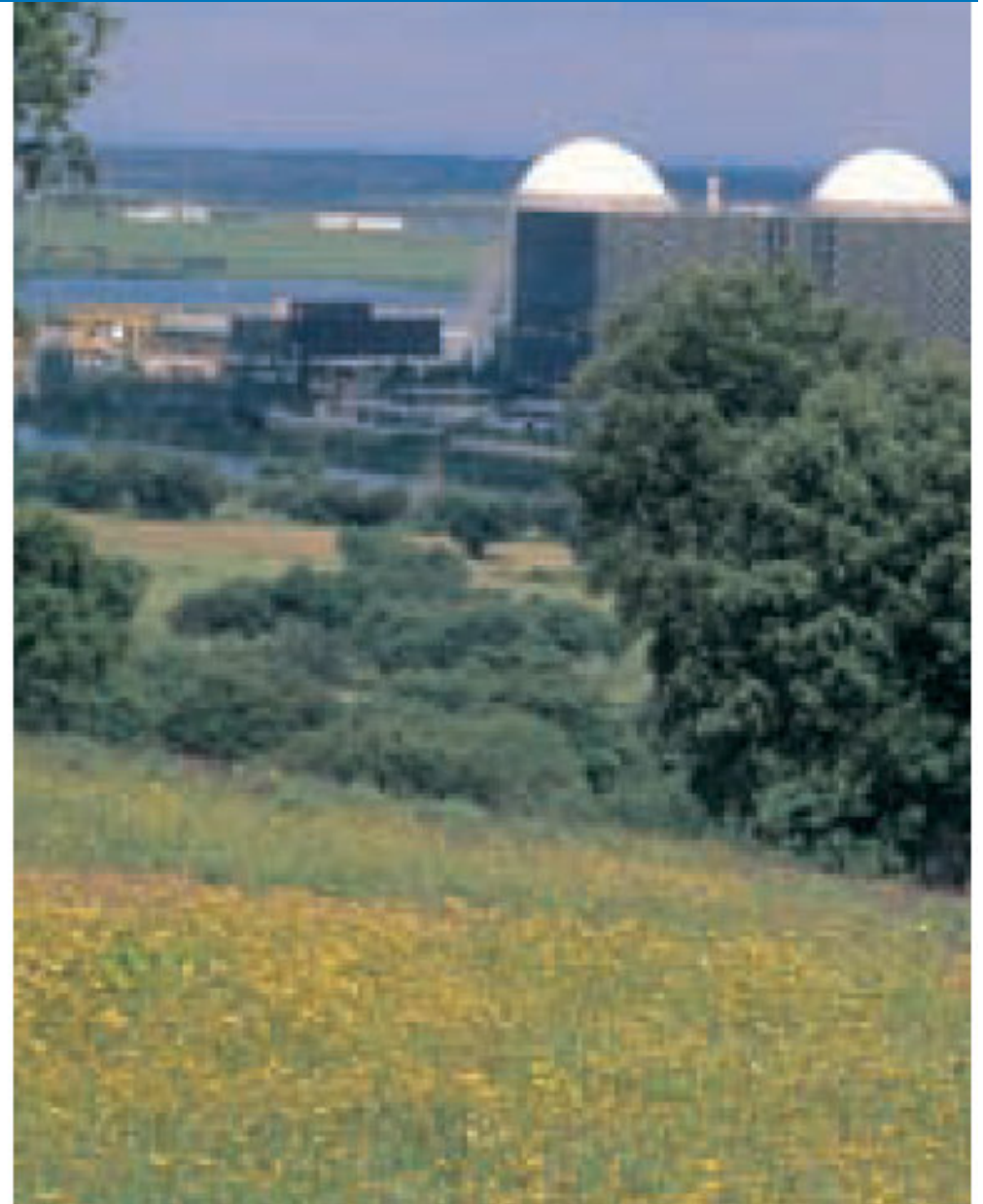




CN ALMARAZ I y II

La producción de la unidad ha sido de **7.439** millones de kWh, con un Factor de Disponibilidad del **88%**.

*Unit production amounted to **7,439** million kWh, with a Unit Capability Factor of **88%***



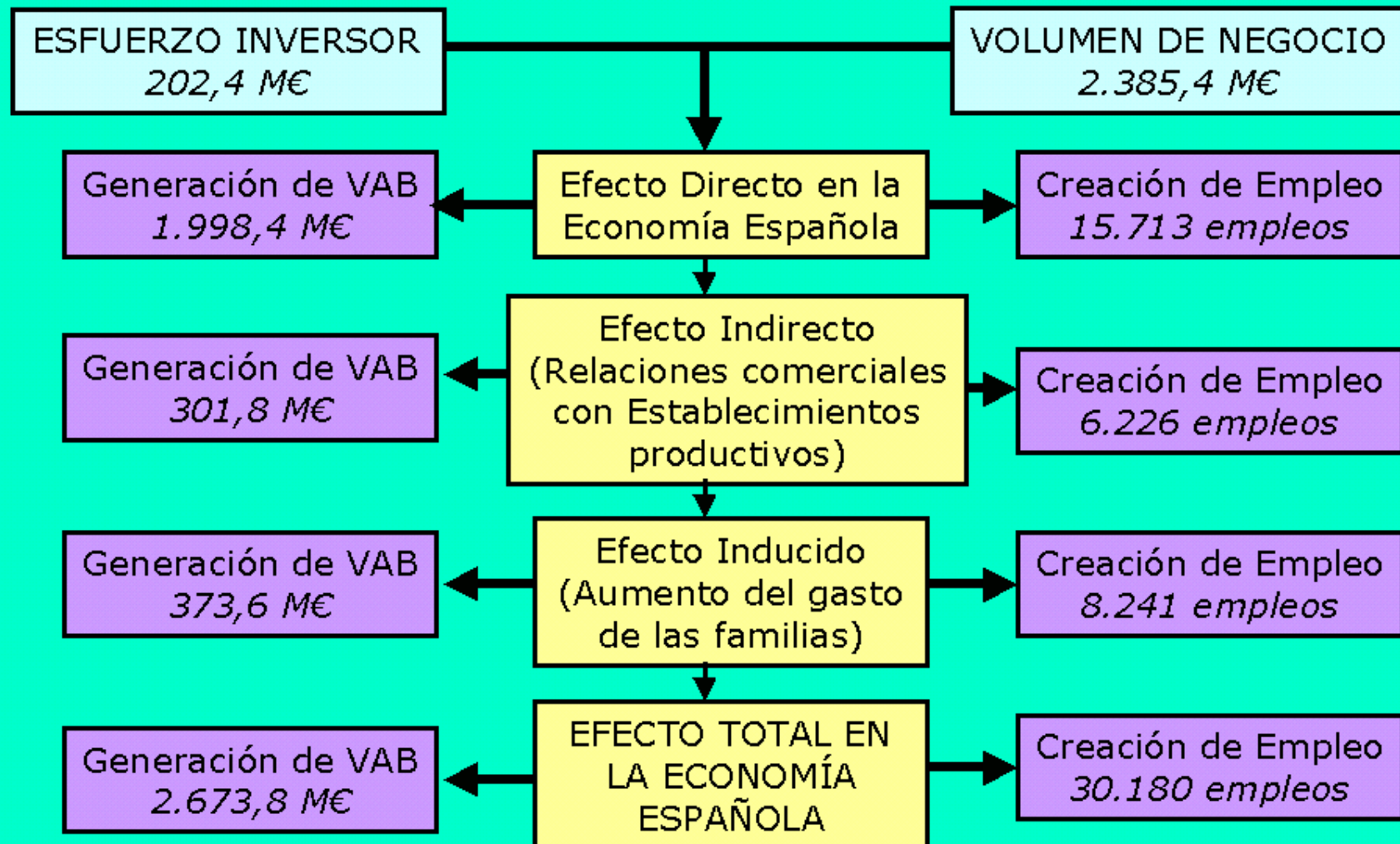




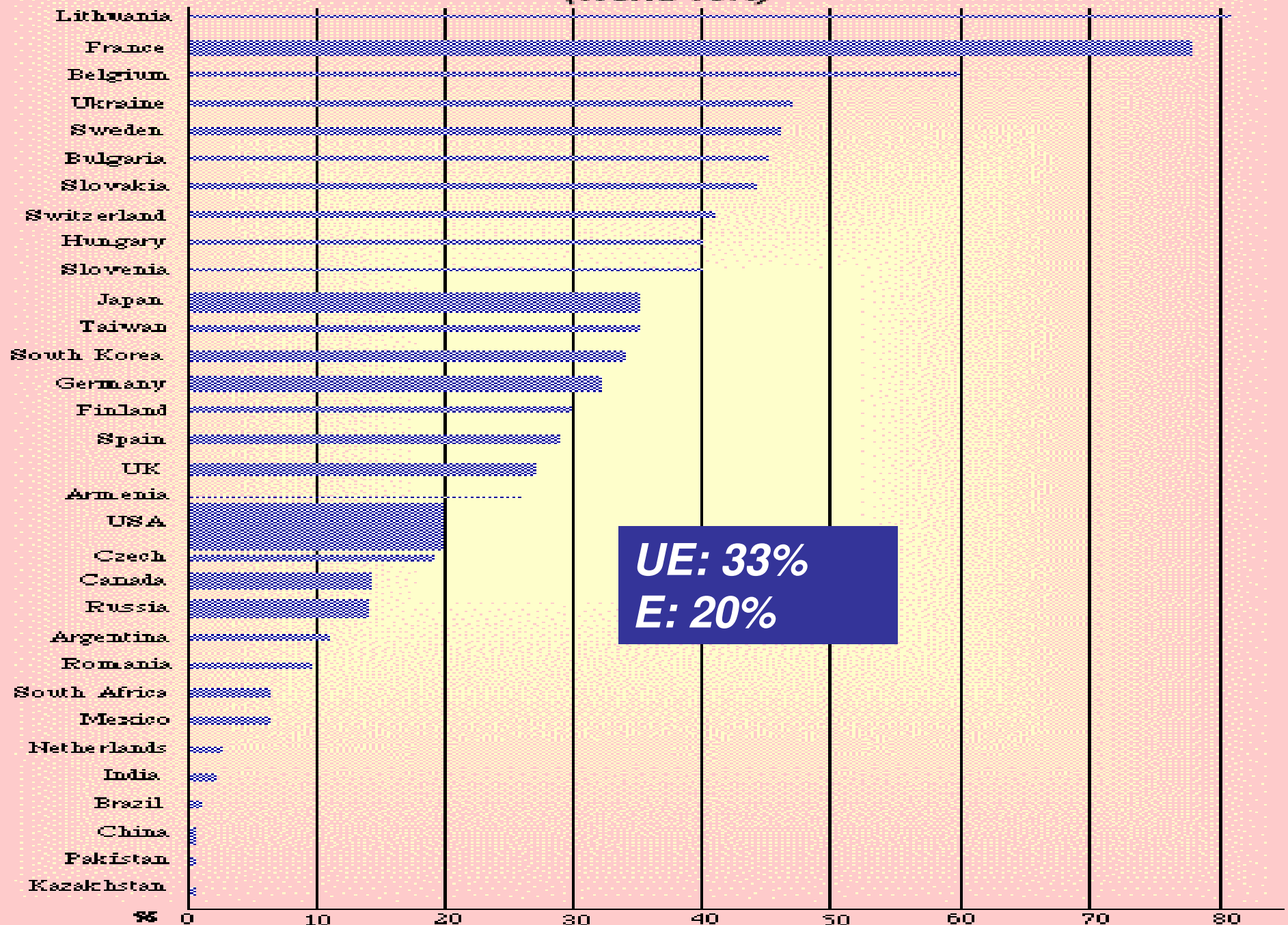
PERMISOS DE OPERACIÓN

<u>Centrales</u>	<u>Autorización Vigente</u>	<u>Período Validez</u>
Garoña	5 jul 99	10 años. Solicitado +10 años
Almaraz I	8 jun 00	10 años
Almaraz II	8 jun 00	10 años
Ascó I	1 oct 01	10 años
Ascó II	1 oct 01	10 años
Cofrentes	19 mar 01	10 años
Vandellós II	14 jul 00	10 años
Trillo	16 nov 04	10 años

Efectos derivados de la actividad del Sector Nuclear en la Economía Española en 2003



NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION % (World 16%)





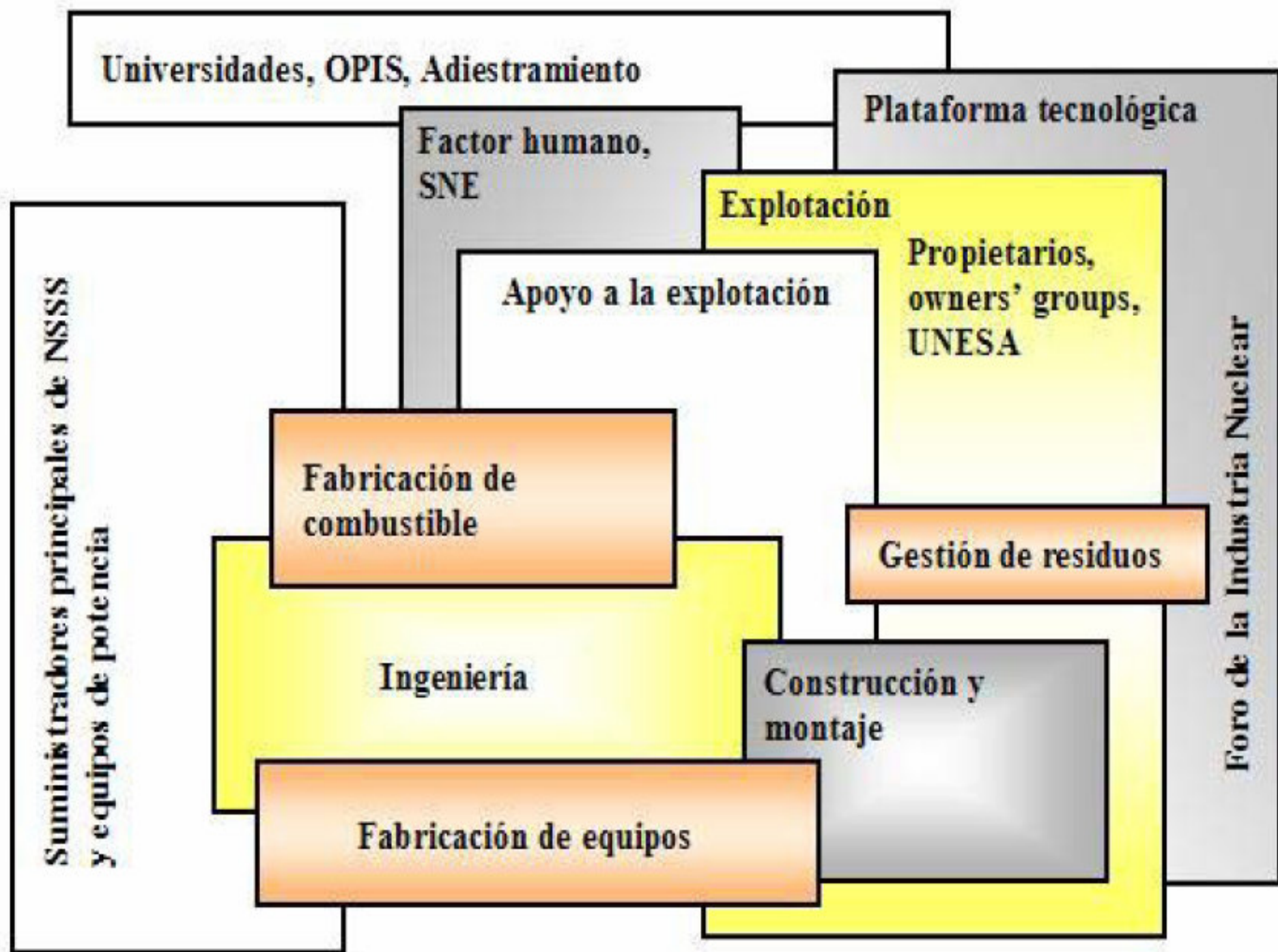
MIX ENERGÉTICO DE LA UE

	Mix UE15 en 2002	Mix UE15 en 2030	Coste	Kyoto	Seguridad de suministro
Gas	17%	32%	✓	✓	✓✓
Carbón	29%	24%	✓✓	-	✓✓✓
Renovables	3%	16%	✓	✓✓✓✓	✓
Hidráulica	15%	14%	✓✓✓	✓✓✓✓	✓
Nuclear	30%	12%	✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓✓✓



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Situación del sector nuclear





CAPACIDAD DEL SECTOR NUCLEAR ESPAÑOL

	Ingeniería	Fabricación	Servicios
Grandes Componentes NSSS	Debilidad		
Combustible Nuclear			
Vasijas Presión e Intercambiadores			
Bombas y Motores	Debilidad	Riesgo	Debilidad
Válvulas			
Tuberías y Soportes			
HVAC			
UPS y Transformadores			
Cabinas y Paneles Eléctricos			
Sistemas de Filtración			
Torres de Refrigeración			



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Fabricación de equipos



LA PLANTA EN CONSTRUCCION 1975-1976



1981 PRIMER EM9 BARQUE DE UN COMPONENTE VASIJIA BWR



LLEGADA DE UN GV A SHANGHAI (CHINA) 1999

ENSA, una historia con éxito

1973. Creación de ENSA. Organización basada desde el principio en el concepto de Garantía de Calidad (QA).

1975/76 Construcción de la Planta. Contrato de asistencia técnica. Entrenamiento del personal

1978 Se obtiene el primer sello ASME.

1976/84 Fabricación de componentes para el mercado español. Primera entrega 1981.

1980 Creación de la división de servicios.⁹⁹

1986 Creación de ENWESA con Westinghouse.

1987 Se inicia la actividad de exportación.

1992 contrato de 12 generadores de vapor de reposición para el mercado español.

1996 Creación del centro tecnológico avanzado.

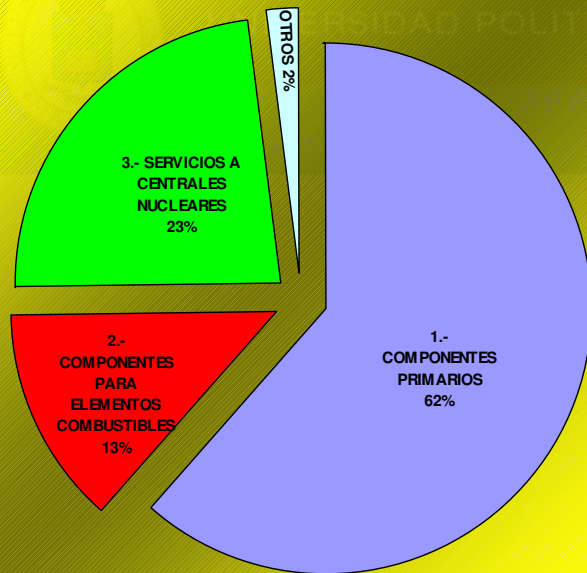
1996 Reestructuración de ENWESA.

1995 Contrato de de 4 generadores de vapor para el mercado chino. Entregados en 1999.

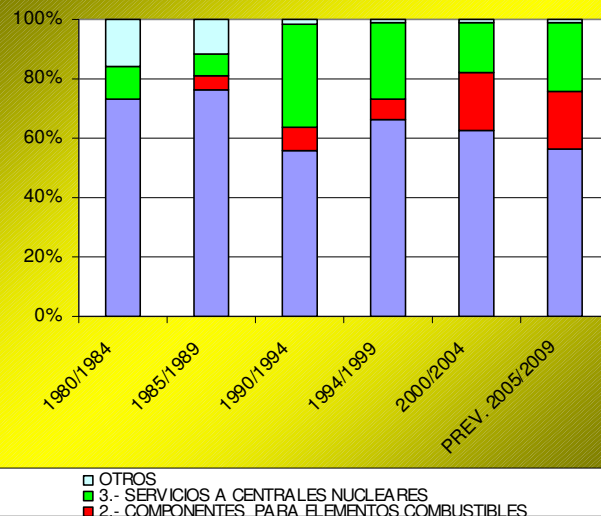
1990/2004 colaboración con ENRESA en el suministro de contenedores, en el establecimiento de EL CABRIL y en el desmantelamiento de Vandellos I y otros proyectos

1998-2006 Se consolidad la actividad exportadora contratando 32 Generadores de vapor para el mercado de los EE.UU, de los cuales hay sido ya entregados 19 y exportando mas del 70% de la producción

DISTRIBUCION FACTURACION HISTORICA
POR PRODUCTOS



ENSA: EVOLUCION POR PRODUCTOS.



PRINCIPALES PRODUCTOS Y SERVICIOS DE ENSA

1) COMPONENTES PRIMARIOS DEL SNGV. (SISTEMA NUCLEAR DE GENERACION DE VAPOR)

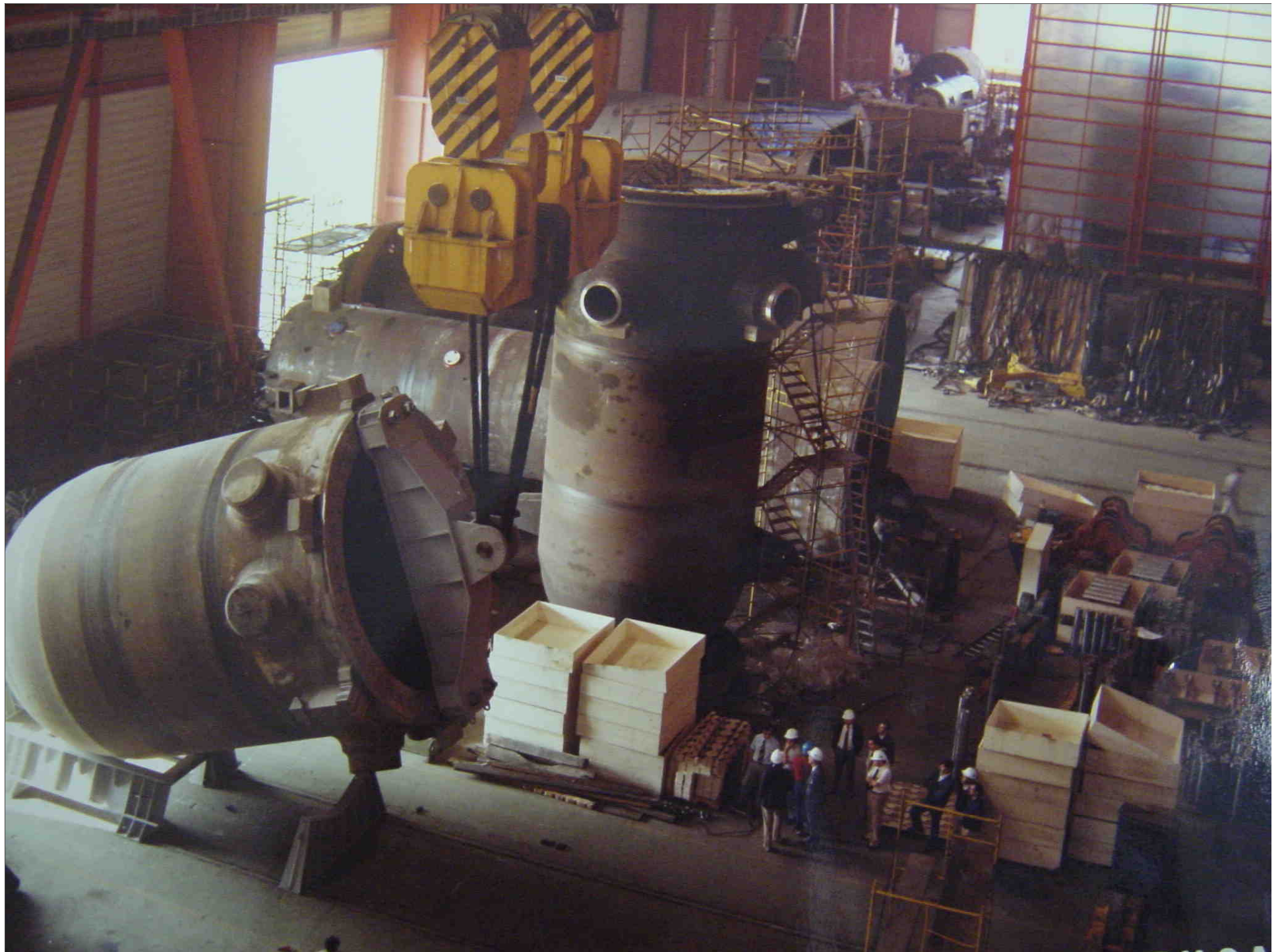
- GENERADORES DE VAPOR
- VASIJAS DEL REACTOR INCLUYENDO CABEZAS.
- OTROS, COMO PRESIONADORES, INTERNALS ETC

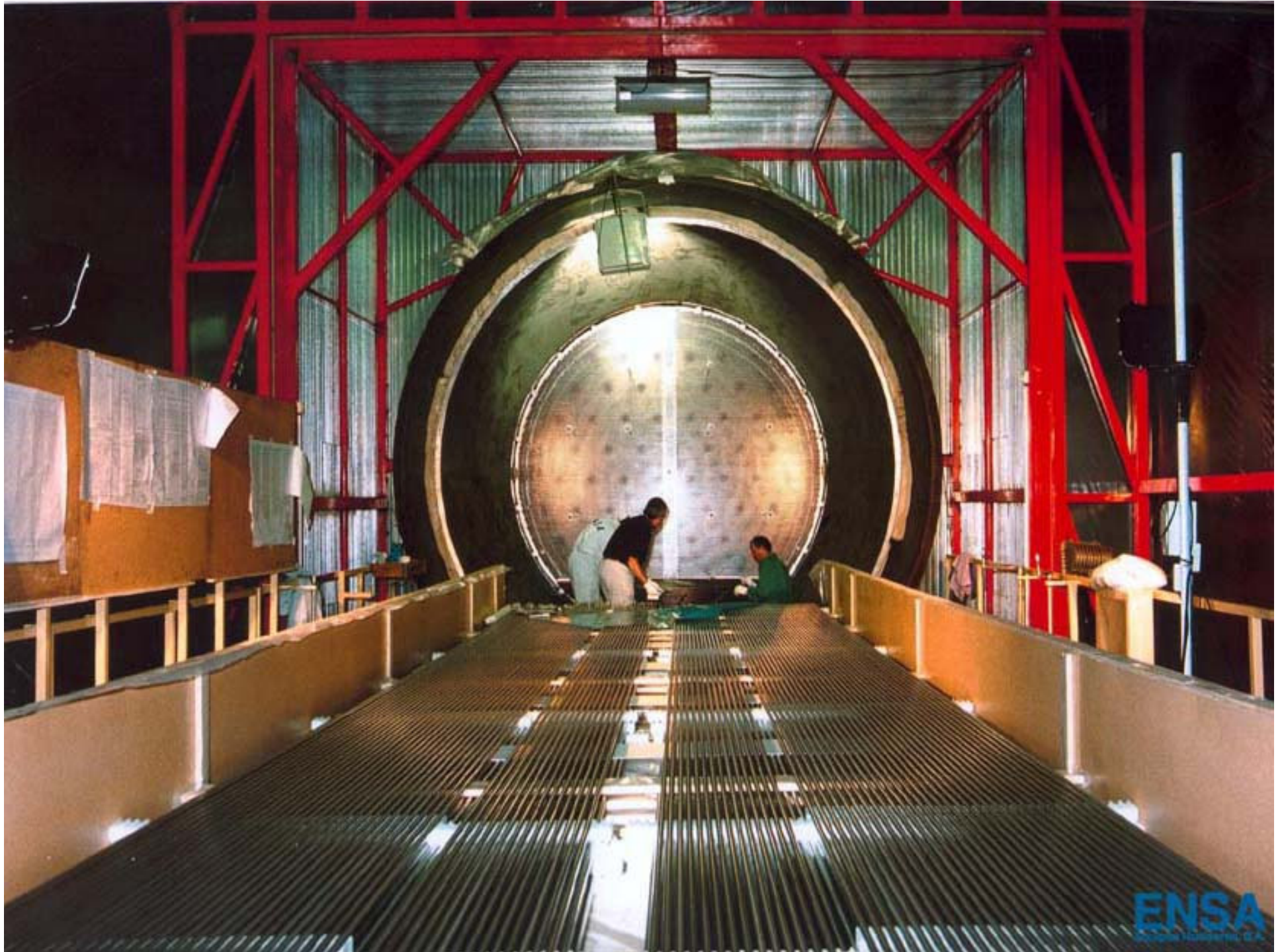
2) COMPONENTES PARA ALMACENAR Y TRANSPORTAR ELEMENTOS COMBUSTIBLES:

- BASTIDORES PARA ALMACENAMIENTO HUMEDO (RACKS)
- CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO O TRANSPORTE DE E.C. GASTADOS (CASKS).
- OTROS COMO CONTENEDORES PARA COMBUSTIBLE FRESCO.
- COMPONENTES PARA ELEMENTOS COMBUSTIBLES.

3) SERVICIOS ESPECIALES PARA CENTRALES NUCLEARES.

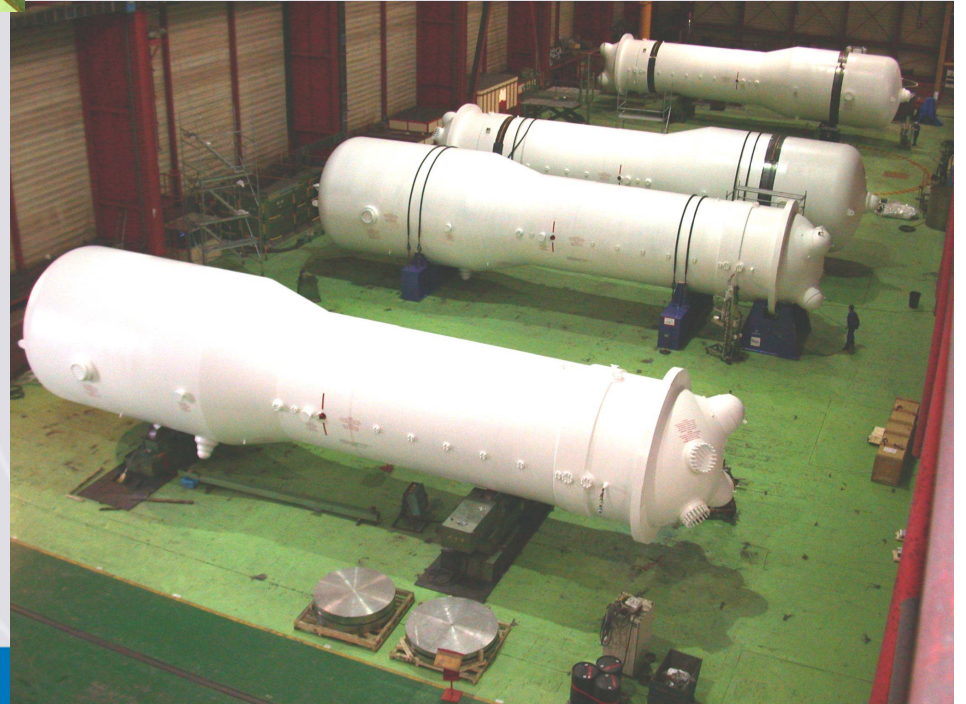
- RESIDUOS
- PROYECTOS ESPECIALES..









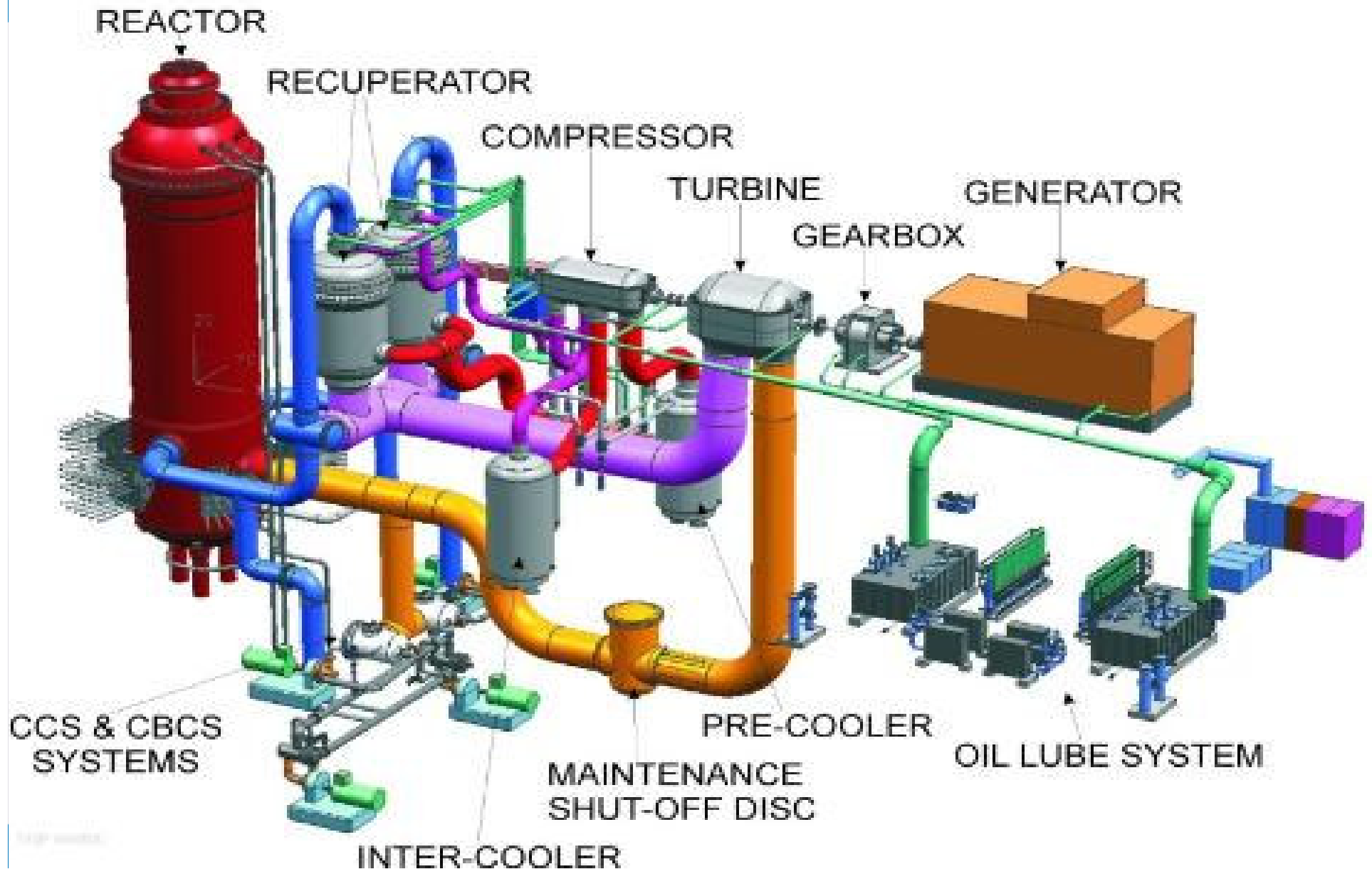






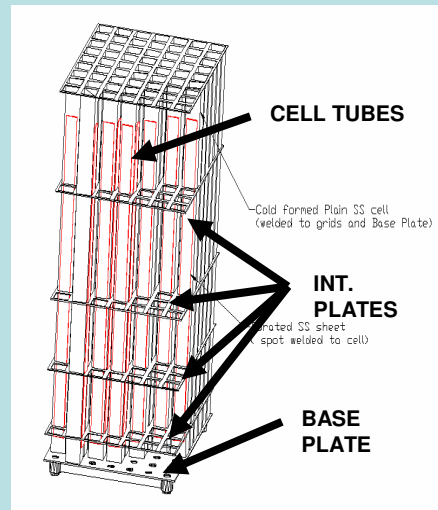


Pebble Bed Modular Reactor

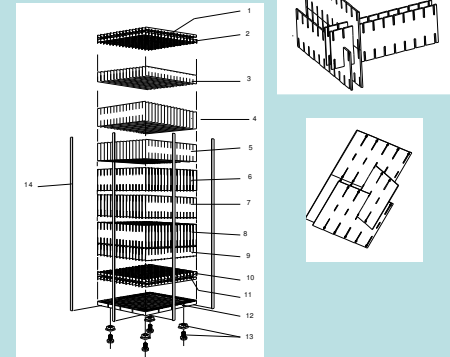




Ready for shipment



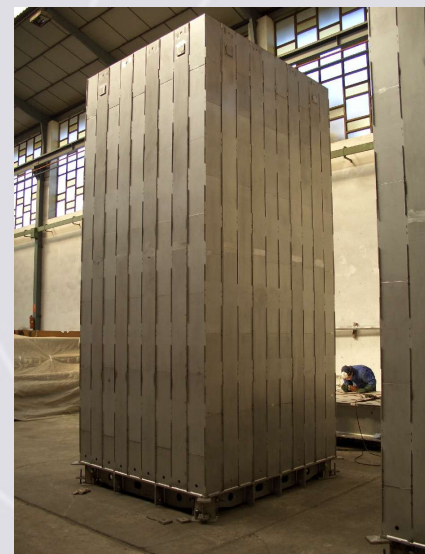
INTERLOCK CELL MATRIX



Dummy test



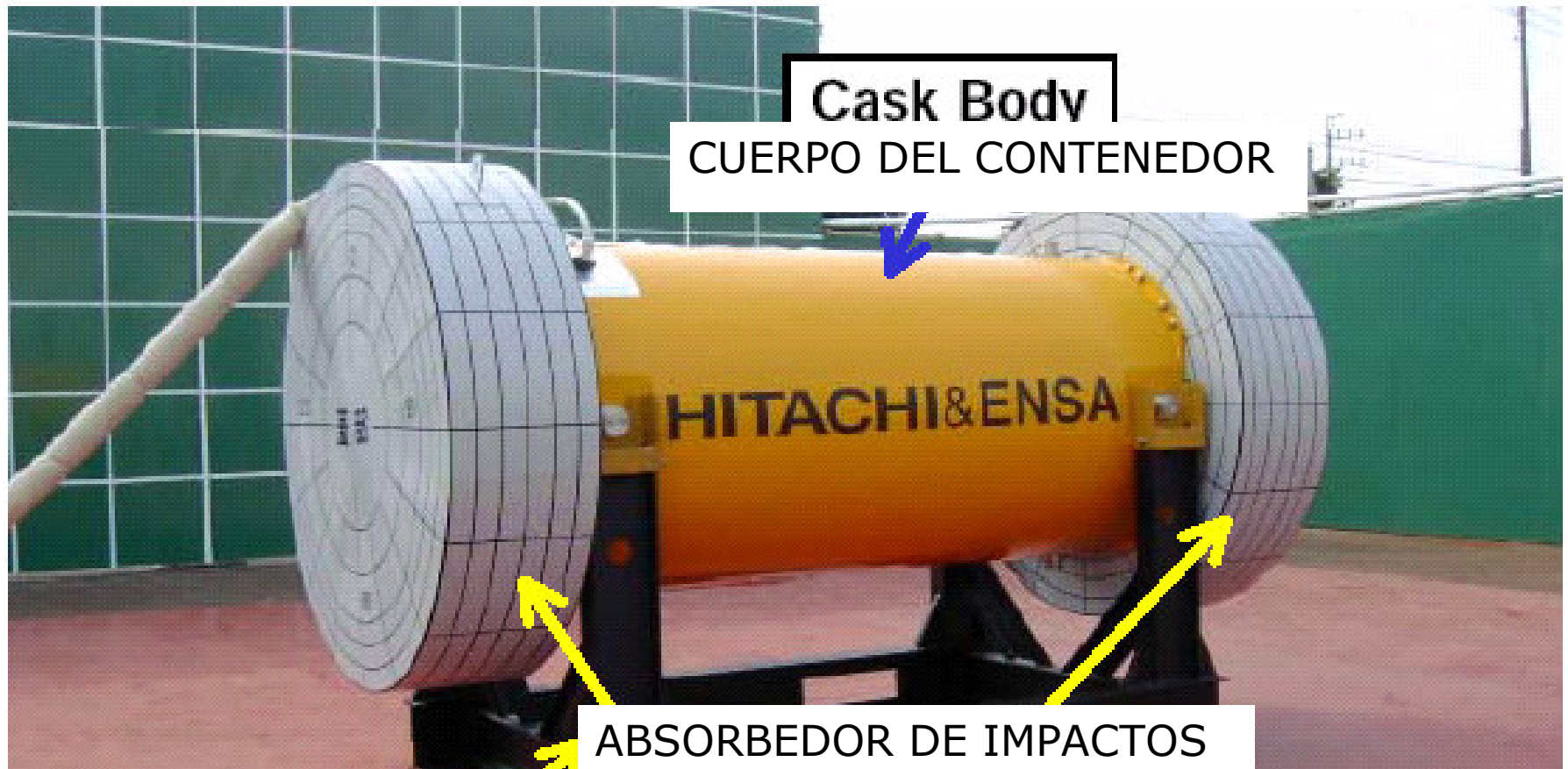
Region I



Region II



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID





PLANTILLA ENSA

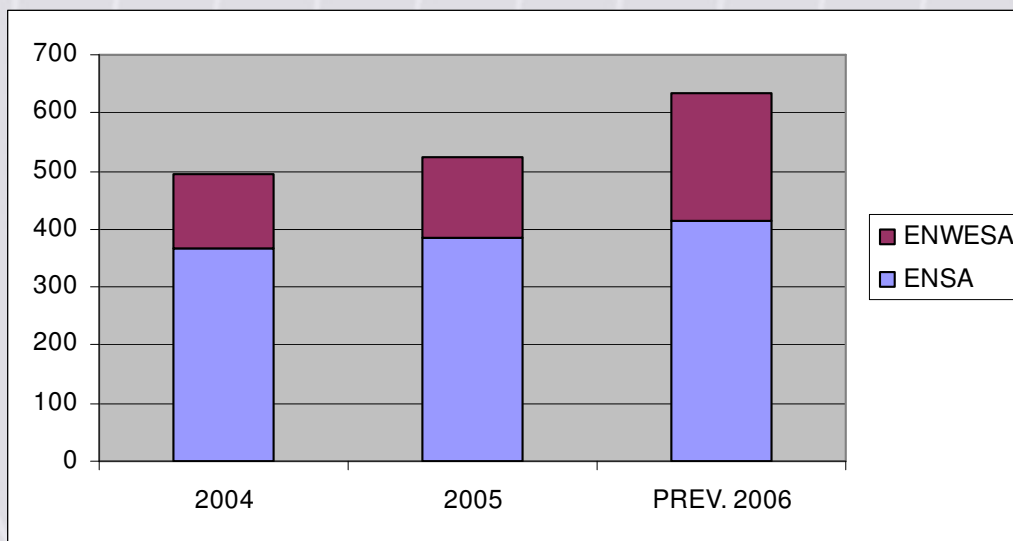
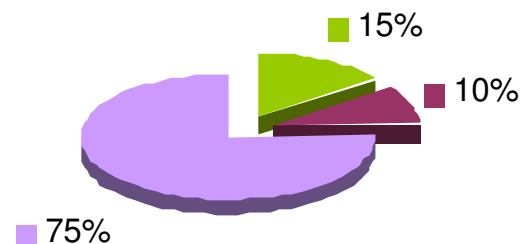
DISTRIBUCION DE LA PLANTILLA POR AREAS. (31/12/2005)

Producción	267
Técnica	70
Comercial y Márketing	14
Organ. y RR.HH.	11
Informática	5
Administración	10
Gerencia	9
TOTAL ENSA	386
TOTAL ENWESA	140
TOTAL GRUPO	526

DISTRIBUCION DE LA PLANTILLA POR CATEGORIAS

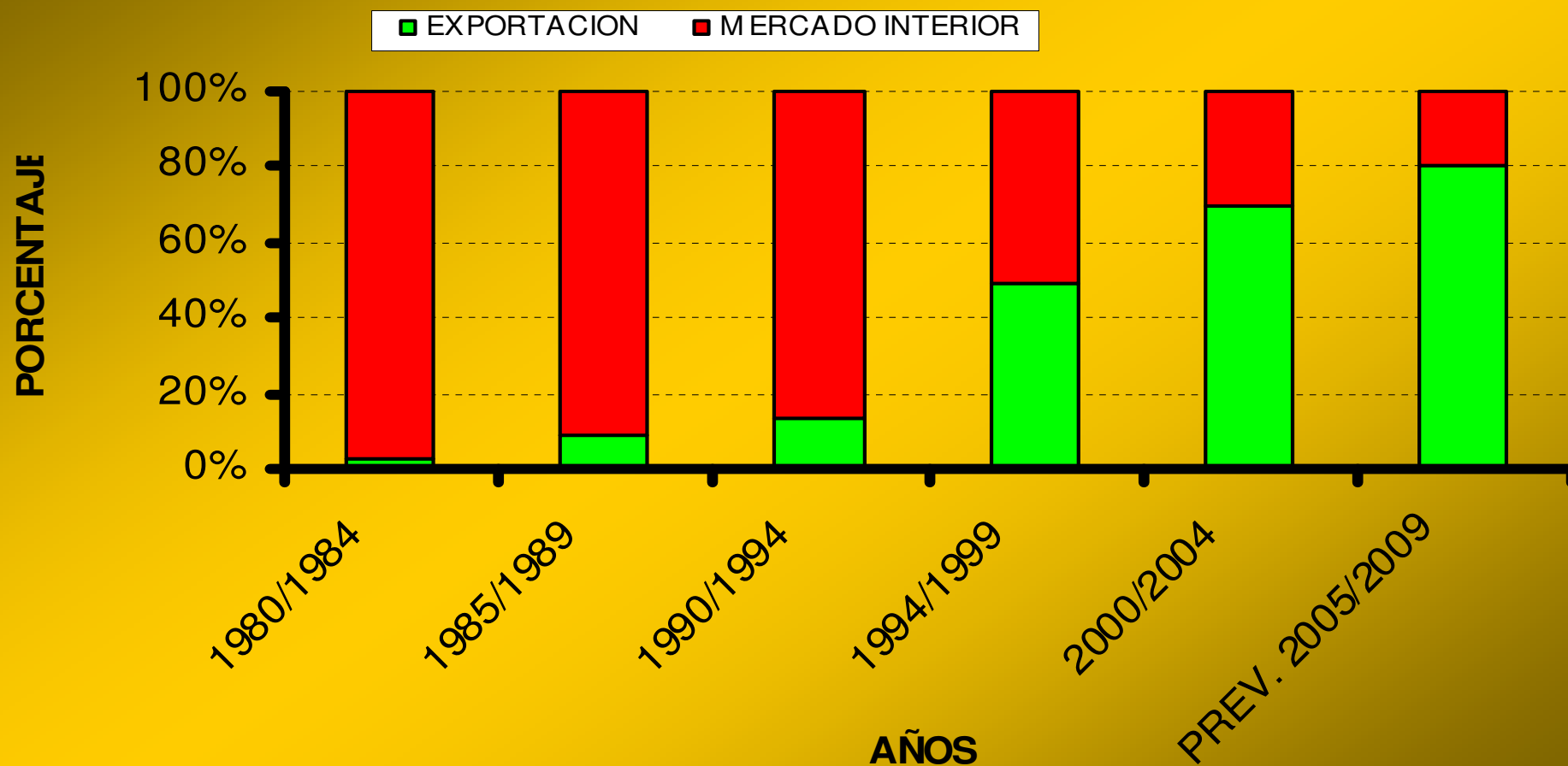
ENSA (31/12/2005)

- Técnicos Superiores
- Técnicos Medios
- Resto de Personal



EVOLUCIÓN DE LA PLANTILLA

ENSA: EVOLUCION HISTORICA MERCADO EXPORTACION/INTERIOR



**EL 70/80 % DE LA FACTURACION DE ENSA ES AL MERCADO DE
EXPORTACION A TODOS LOS PAISES NUCLEARES DEL MUNDO**



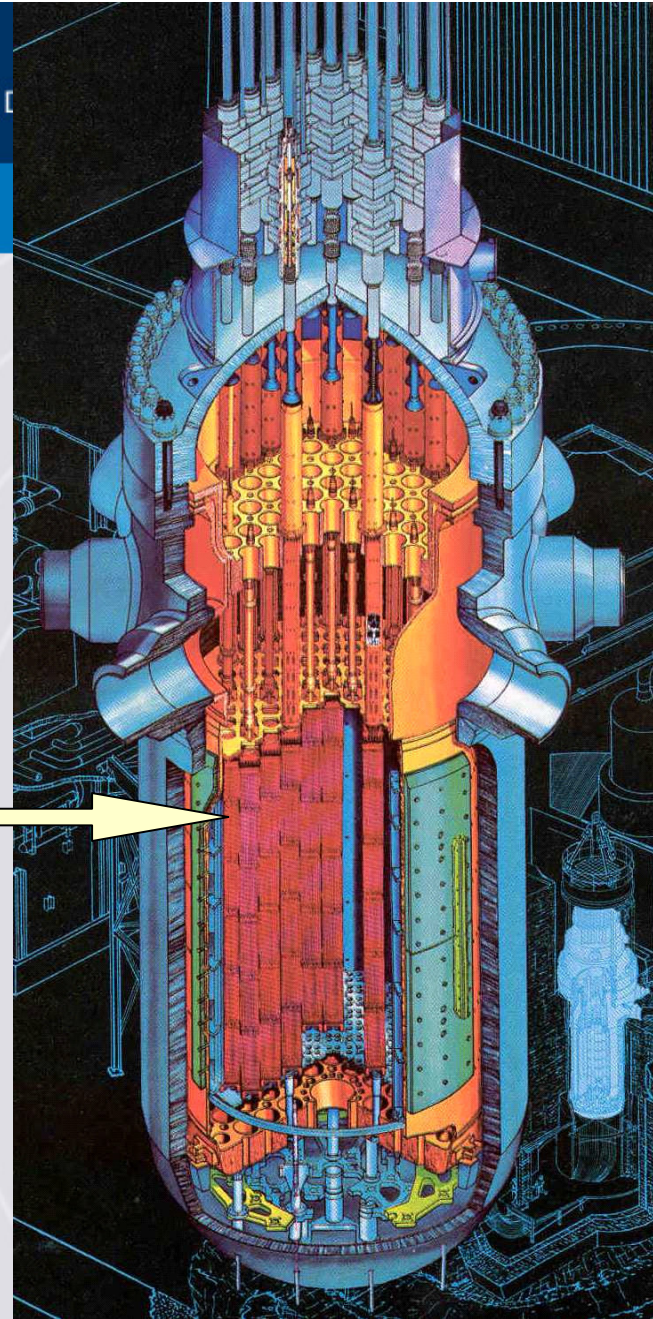
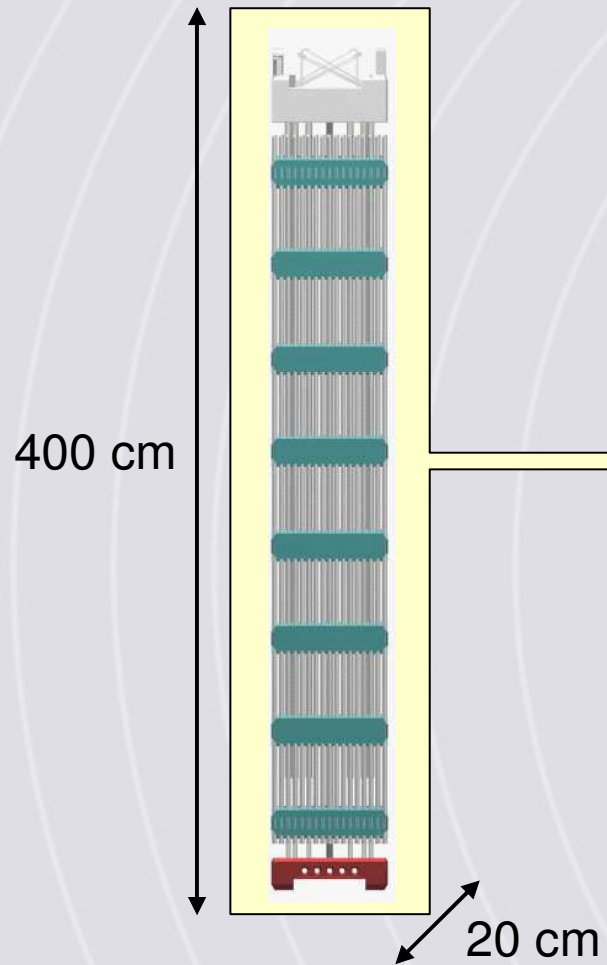
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Combustible nuclear

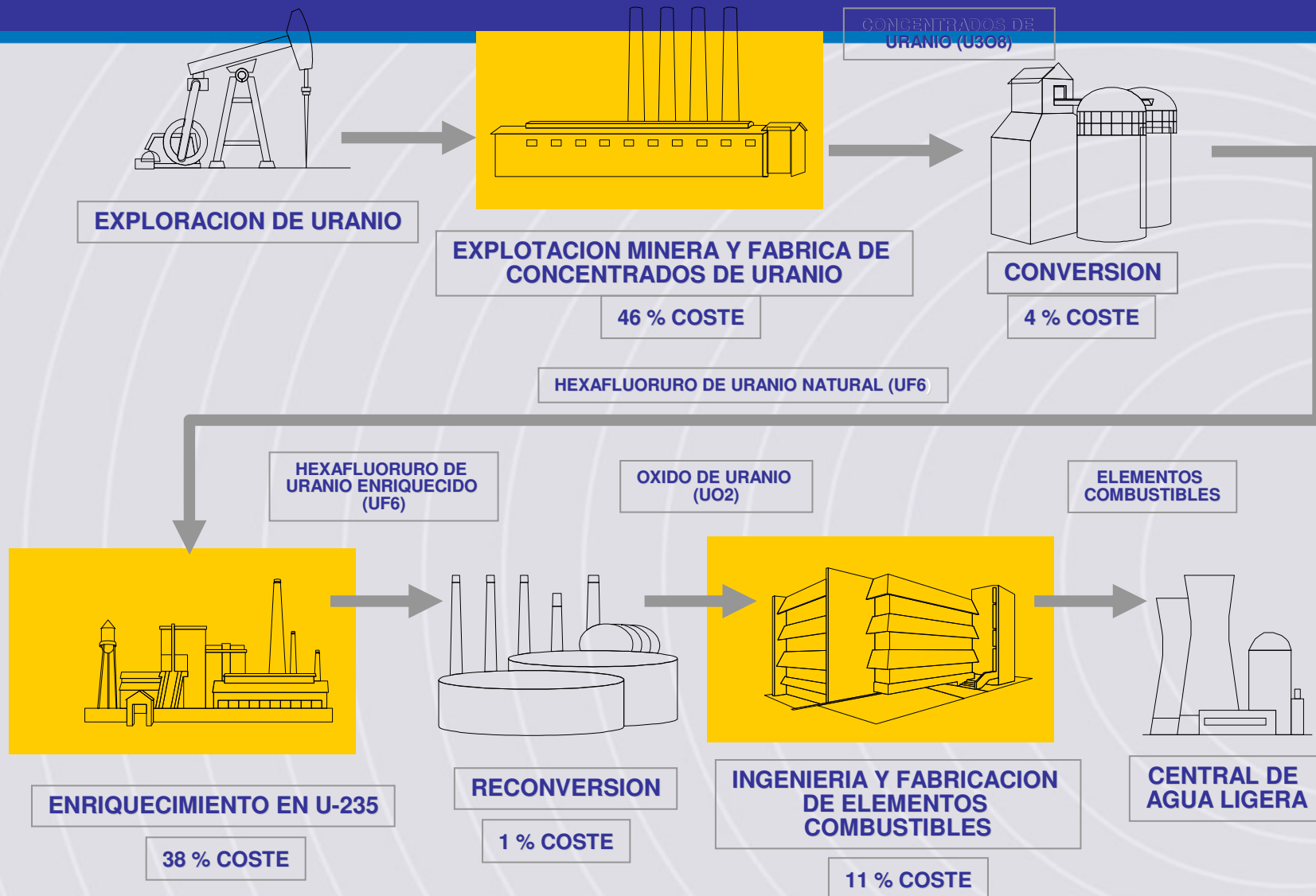


DE MADRID

COMBUSTIBLE NUCLEAR



PRIMERA PARTE DEL CICLO DEL COMBUSTIBLE



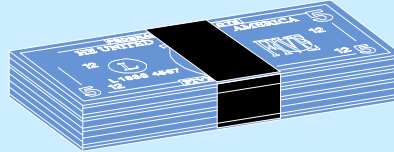
ENUSA

FECHA DE CONSTITUCIÓN 1972



SOCIEDAD ESTATAL
DE PARTICIPACIONES INDUSTRIALES

(60%)



60 M€

CIEMAT (40%)

ACTIVIDADES

APROVISIONAMIENTO DE URANIO

FABRICACION DE COMBUSTIBLES Y SERVICIOS

DIVERSIFICACIÓN Y PROYECTOS MEDIOAMBIENTALES



PARTICIPACIONES DE ENUSA EN EL CICLO DEL COMBUSTIBLE

PARTICIPACIONES FINANCIERAS

Enriquecimiento

EURODIF
11,11%
(1973)

Concentrados

COMINAK
10%
(1974)

ALIANZAS INDUSTRIALES

Fabricación

EFG
(1991)

GENUSA
49%
(1996)

**ENUSA-
ENWESA AIE**
50%
(1995)



APROVISIONAMIENTO DE URANIO

SERVICIOS REALIZADOS POR ENUSA

ADQUISICIÓN DE:

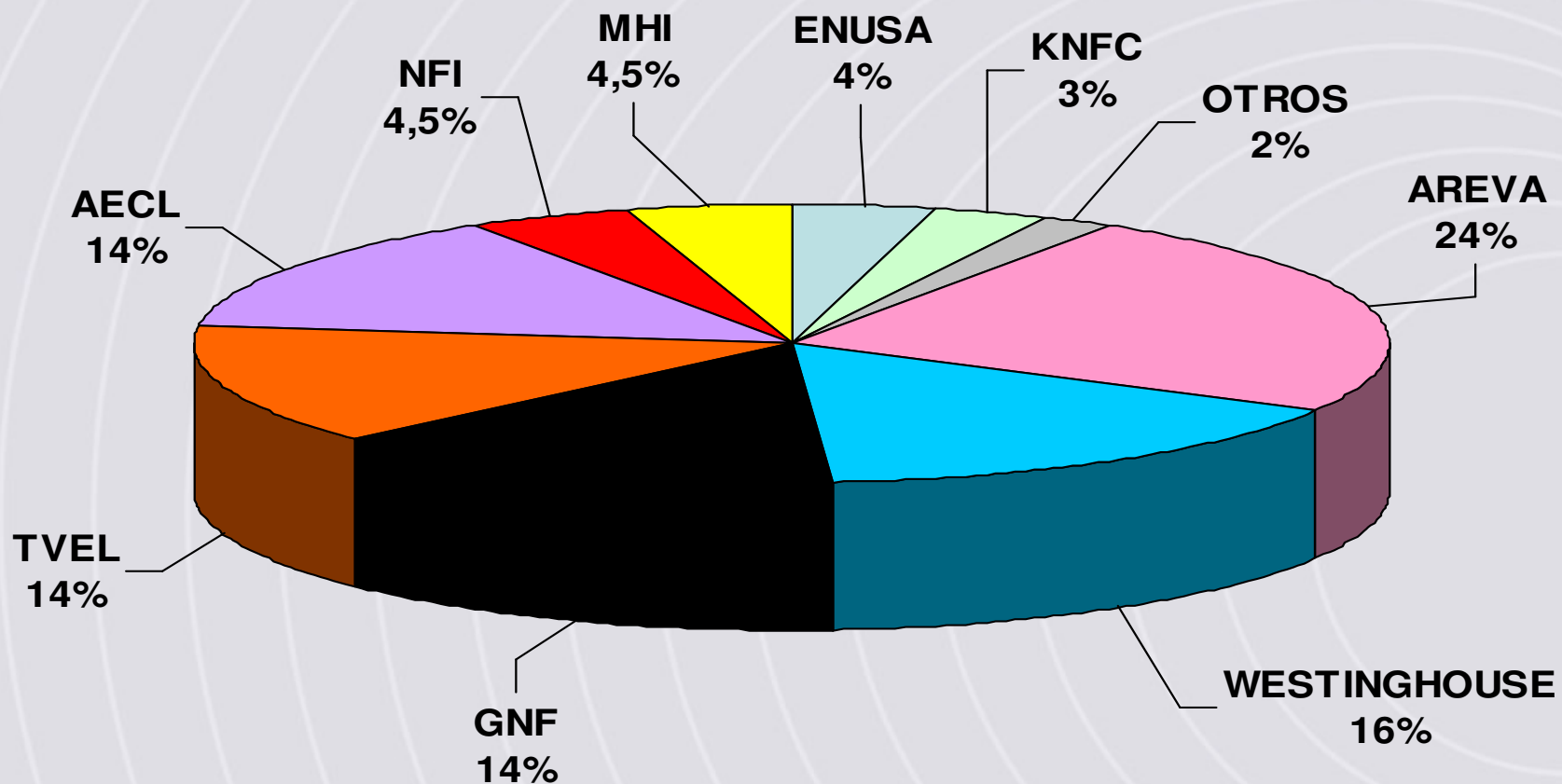
- ✓ CONCENTRADOS
- ✓ CONVERSIÓN
- ✓ ENRIQUECIMIENTO

PARA EL SUMINISTRO DE URANIO ENRIQUECIDO
PARA LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS.

**ENUSA ES LA “CENTRAL DE COMPRAS” DE
TODAS LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS
ESPAÑOLAS**



FABRICANTES DE COMBUSTIBLE



FABRICA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE ENUSA EN JUZBADO (Salamanca)





FÁBRICA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR DE JUZBADO (Salamanca)

➤ **PUESTA EN MARCHA: 1985**

➤ **PRODUCTOS A FABRICAR:**

- ✓ **PASTILLAS UO₂**
- ✓ **BARRAS COMBUSTIBLE.**
- ✓ **ELEMENTOS COMBUSTIBLES.**
- ✓ **PEQUEÑOS COMPONENTES (Tapones)**



LINEAS DE FABRICACIÓN:

- ✓ **TRES DEDICADAS A COMBUSTIBLES PWR/BWR.**
- ✓ **UNA DEDICADA A GADOLINIO.**

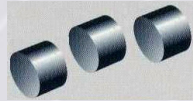
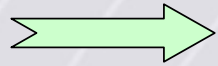
➤ **CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN: 300 MTU/AÑO**



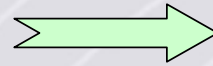
FABRICACIÓN DE COMBUSTIBLE NUCLEAR



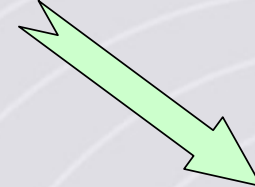
POLVO DE UO_2



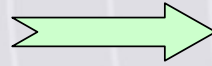
PASTILLA



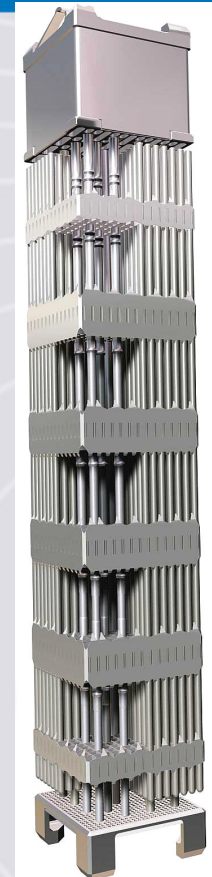
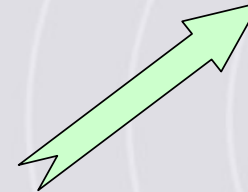
BARRA



COMPONENTES



ESQUELETO





TIPOS DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES



GE14



GE12



14x14
LO-LOPAR



15x15
MAEF



17x17
MAEF



17x17
MAEF-XL



16x16-20
CNT

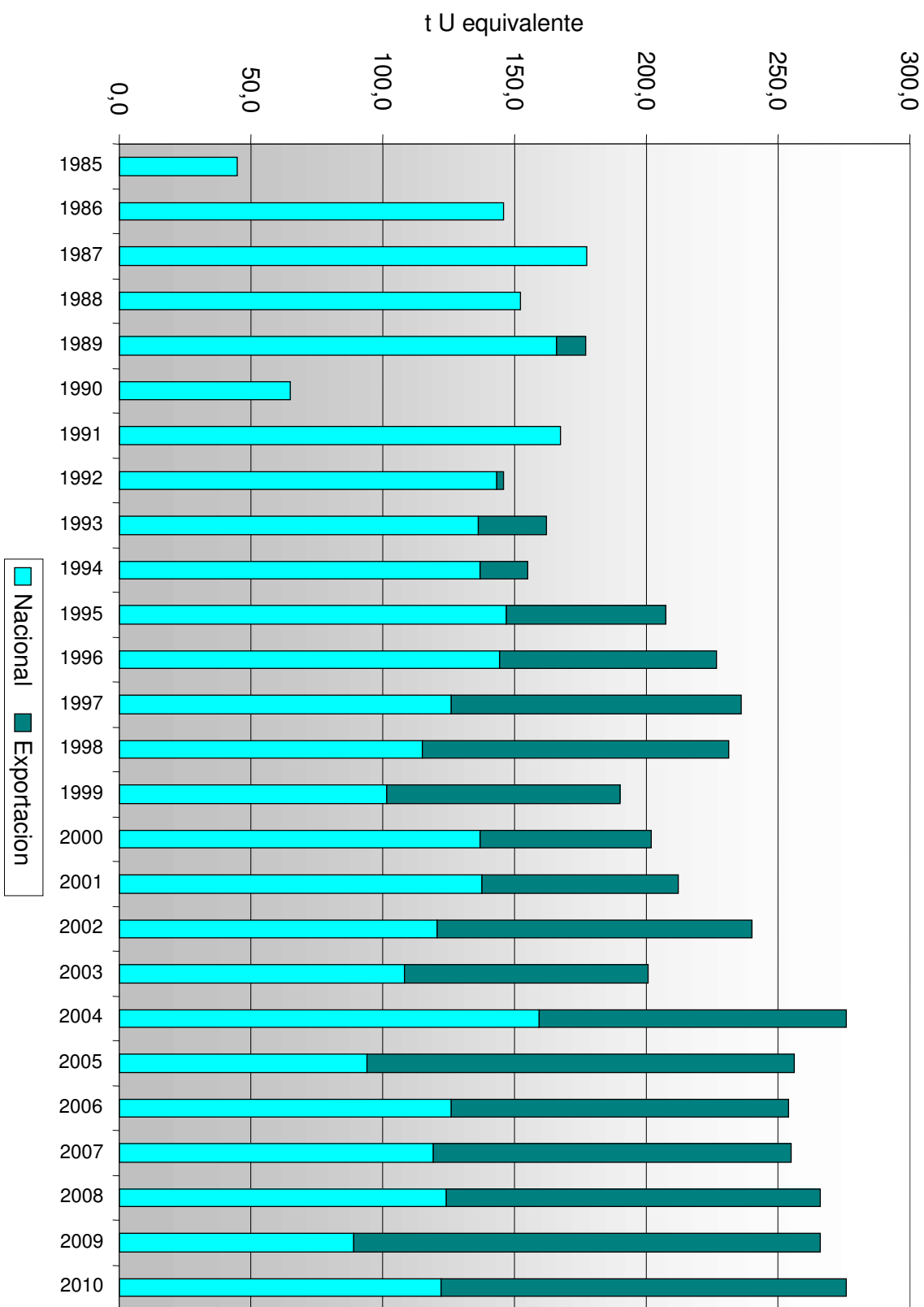


VVER
440



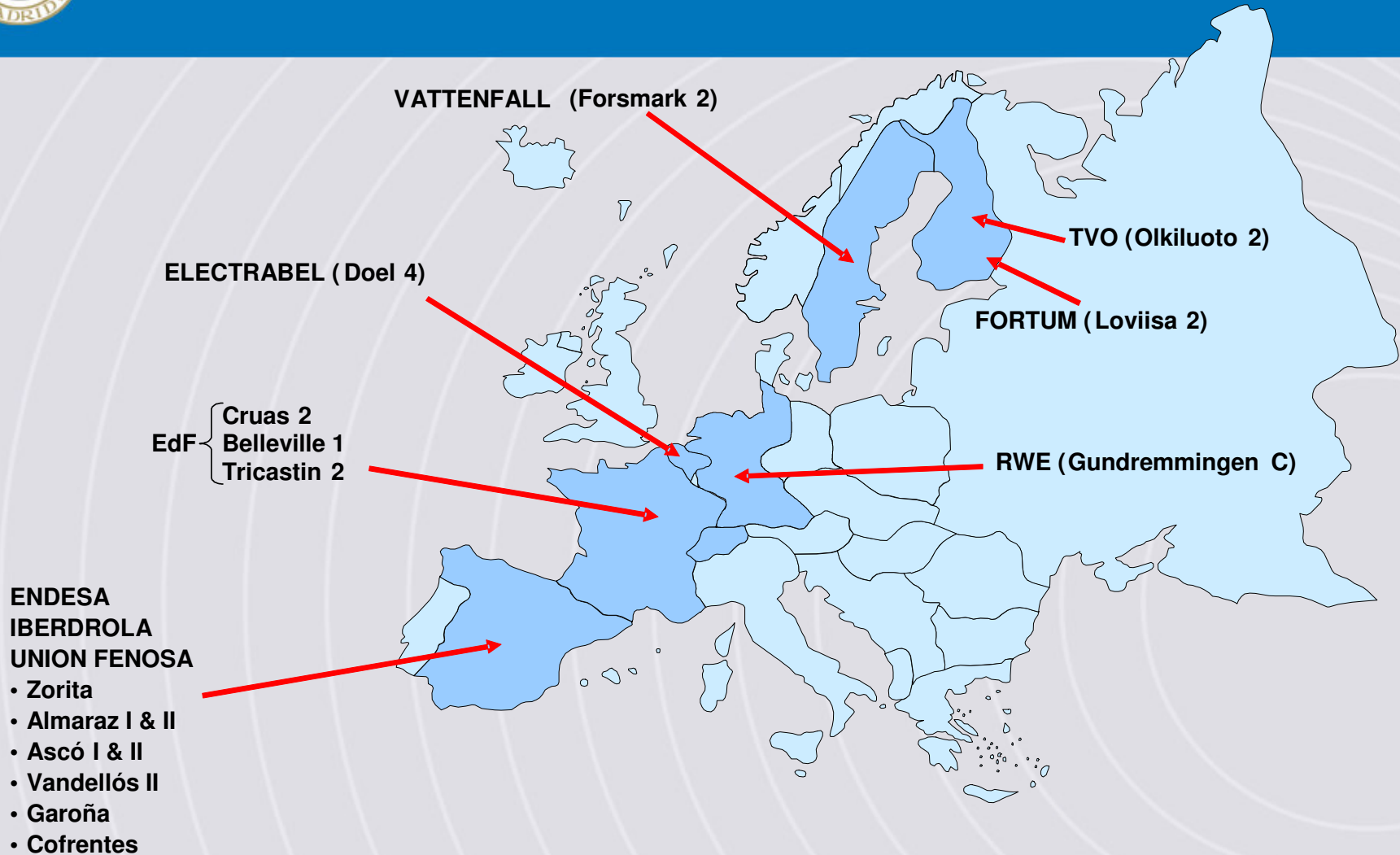
UNIVERSID

FABRICACION ANUAL (tU)





CARTERA DE CLIENTES





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Residuos radiactivos



Sexto Plan General de Residuos Radiactivos

Coste total previsto de la gestión ~ 13.000 M€2006

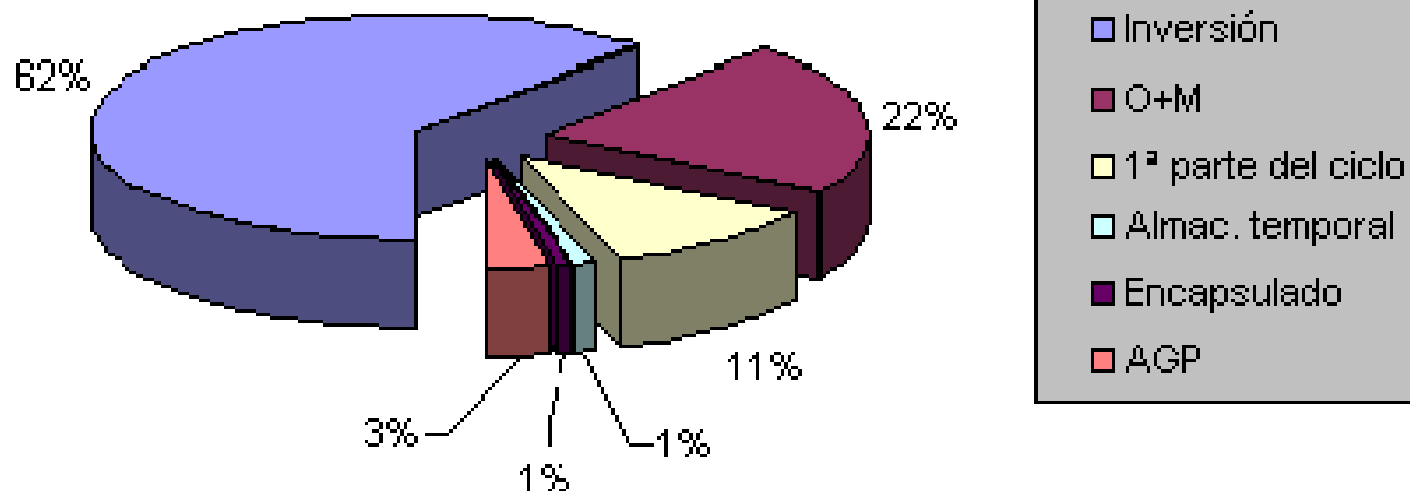
SEXTO PLAN GENERAL DE RESIDUOS RADIATIVOS (6º PGRR)

Aprobado por el Consejo de
Ministros el 23 de junio de 2006



Coste de gestión del CG

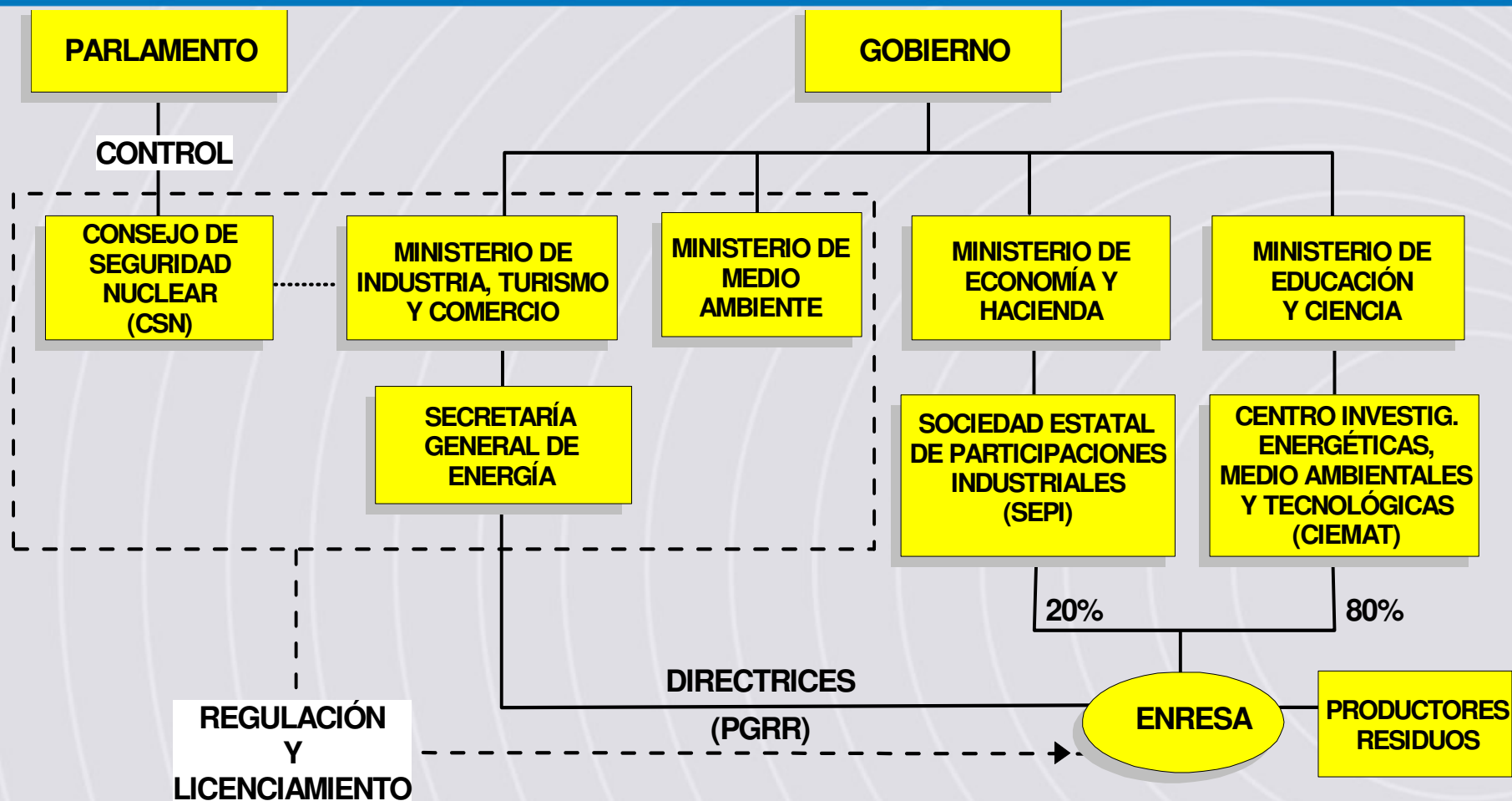
Estructura del coste unitario de producción eléctrica en ciclo abierto



Estimación del coste total de gestión del CG, entre 2,5 y 1,5 € / MWh



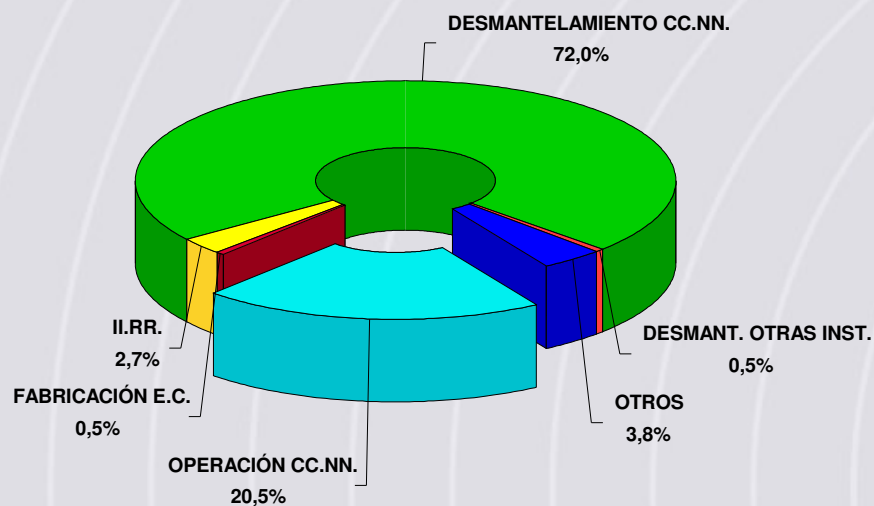
ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA





RESIDUOS RADIOACTIVOS A GESTIONAR EN ESPAÑA

RBMA $\cong$ 176.500 m³



(36.500 m³ hasta el 31/12/2004)

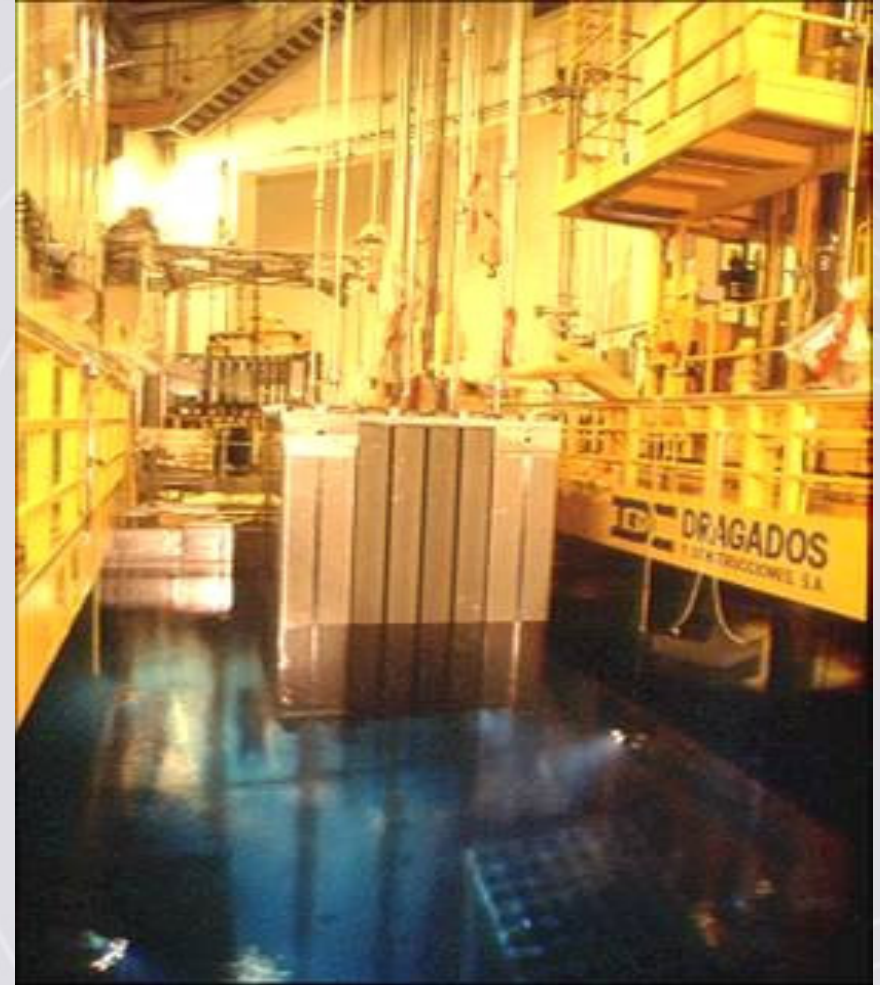
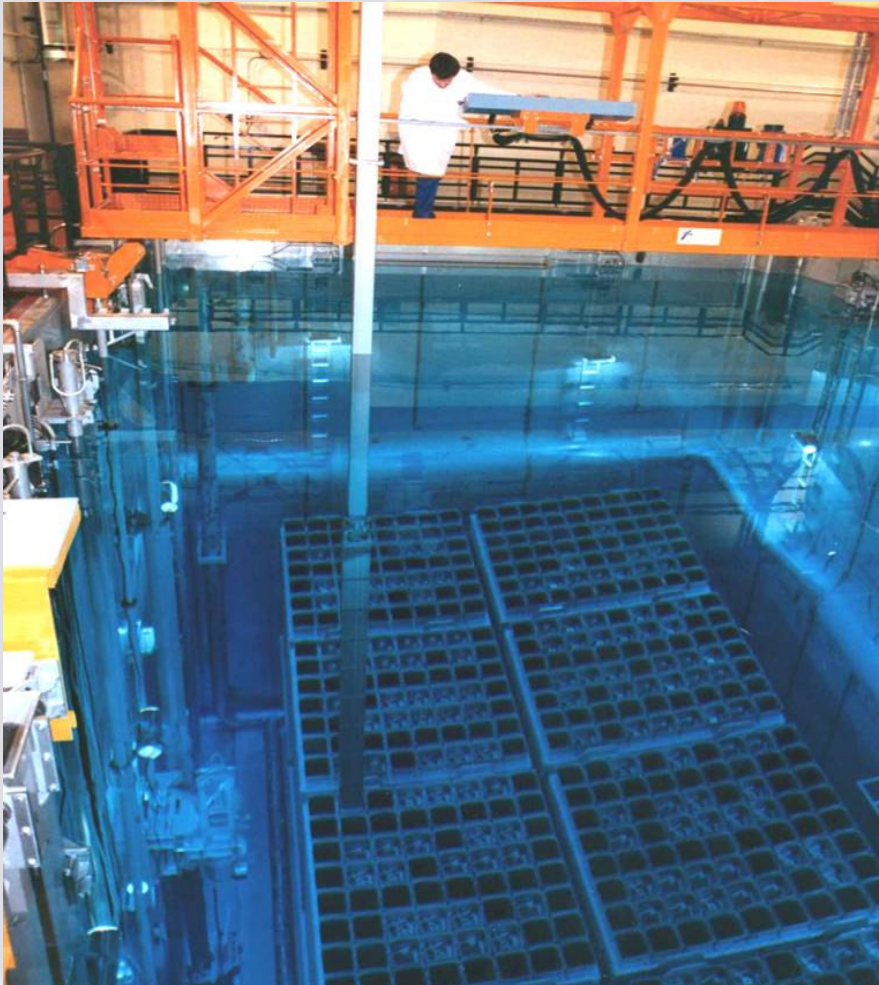


RBMA = Residuos de Baja y Media Actividad acondicionados (incluye residuos de muy baja actividad)

CG/RAA = Combustible Gastado y Residuos de Alta Actividad encapsulados (incluye residuos de media actividad de vida larga)

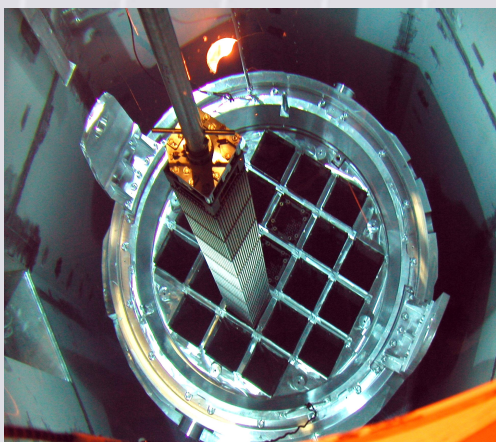


ALMACENAMIENTO TEMPORAL CG EN PISCINAS





CG TRILLO: ALMACENAMIENTO TEMPORAL EN CONTENEDORES METÁLICOS (ATI)



TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE CG Y RAA

VÍA HÚMEDA:

PISCINAS



Clab (Suecia)

VÍA SECA:

CONTENEDORES METÁLICOS:

- ✓ Almacenamiento
- ✓ Almacenamiento y transporte



Surry (EE.UU.)



Zwilag (Suiza)

CONTENEDORES DE HORMIGÓN

NICHOS DE HORMIGÓN

CÁMARAS O BÓVEDAS



Pickering Ph1 (Canadá)



O'Conee (EE.UU.)



Habog (Holanda)



LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS Y EL ALMACÉN TEMPORAL CENTRALIZADO (ATC).





TECNOLOGÍA ELEGIDA: BÓVEDAS Y NAVES DE HORMIGÓN

INTEGRA:

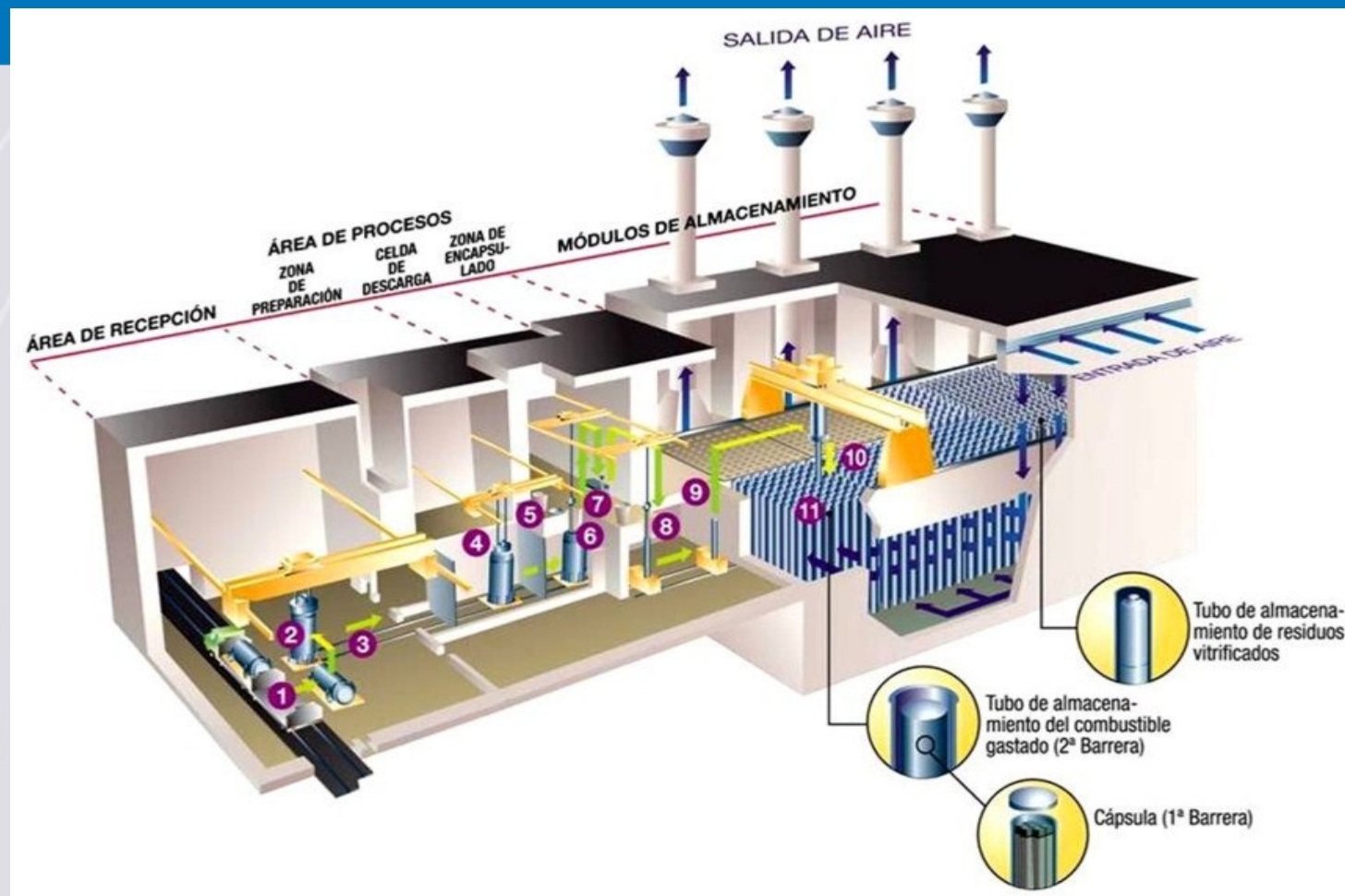
- ✓ **Bóvedas de hormigón** para el CG y los RAA vitrificados
- ✓ **Naves de hormigón** para el resto de residuos de media actividad inmovilizados en contenedores y bidones

TECNOLOGÍA SELECCIONADA POR CRITERIOS DE:

- ✓ **SEGURIDAD:**
 - Confinamiento por barreras múltiples
 - Refrigeración pasiva
 - Bajas dosis
- ✓ **ECONOMÍA:**
 - Compacta y modular
 - Bajos costes de operación
- ✓ **ESTRATEGIA:**
 - Independencia entre etapas de gestión
 - Gran vida de diseño
 - Carácter reversible
 - Integración de la celda caliente
- ✓ **VIDA DE DISEÑO PROBADA CON NUMEROSAS REFERENCIAS**



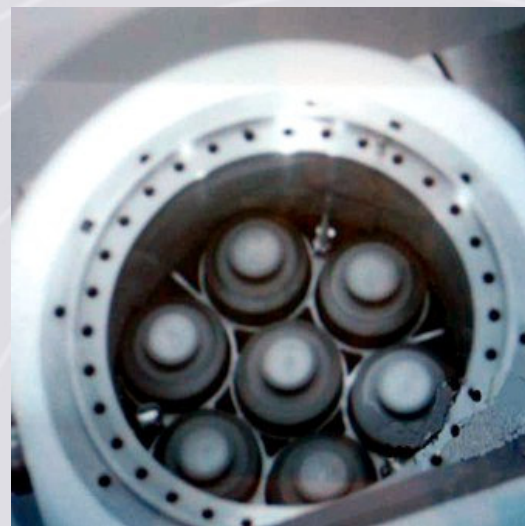
DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN



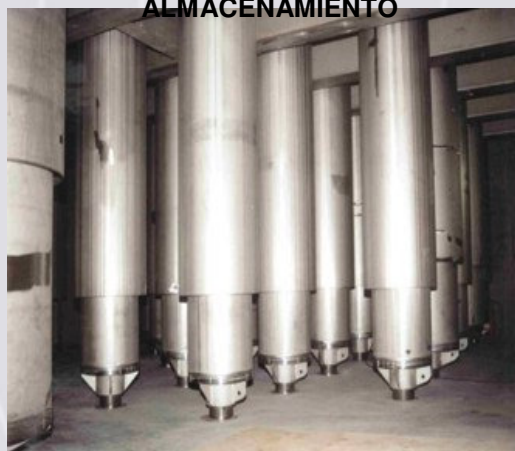
- ✓ Blinda la radiación emitida y evacua el calor generado
- ✓ Garantiza el control y aislamiento del material radiactivo
- ✓ Proporciona capacidad de almacenamiento temporal durante 100 años
- ✓ Permite la recuperación del CG y los RAA para su paso a la siguiente etapa de gestión



**SOLDADURA DE CÁPSULA DE
ALMACENAMIENTO**



CONTENEDOR DE TRANSPORTE DE VIDRIOS



VISTA INFERIOR DE LA BÓVEDA



VISTA SUPERIOR DE LA BÓVEDA



INSTALACIONES ANEXAS AL ATC: EL PARQUE TECNOLÓGICO



- ✓ Centro Tecnológico de ENRESA
- ✓ Polígono Industrial
- ✓ Otros Centros Tecnológicos asociados (CIEMAT, Local, ...)



PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

ATC

Construcción:

- ✓ 3 Fases → 300 trabajadores → 540 M€

Operación:

- ✓ Fase de recepción (20 años) → 90 trabajadores → 8,9 M€/año
- ✓ Fase Almacenamiento (40 años) → 45 trabajadores → 5,2 M€/año

13 hectáreas

CENTRO TECNOLÓGICO

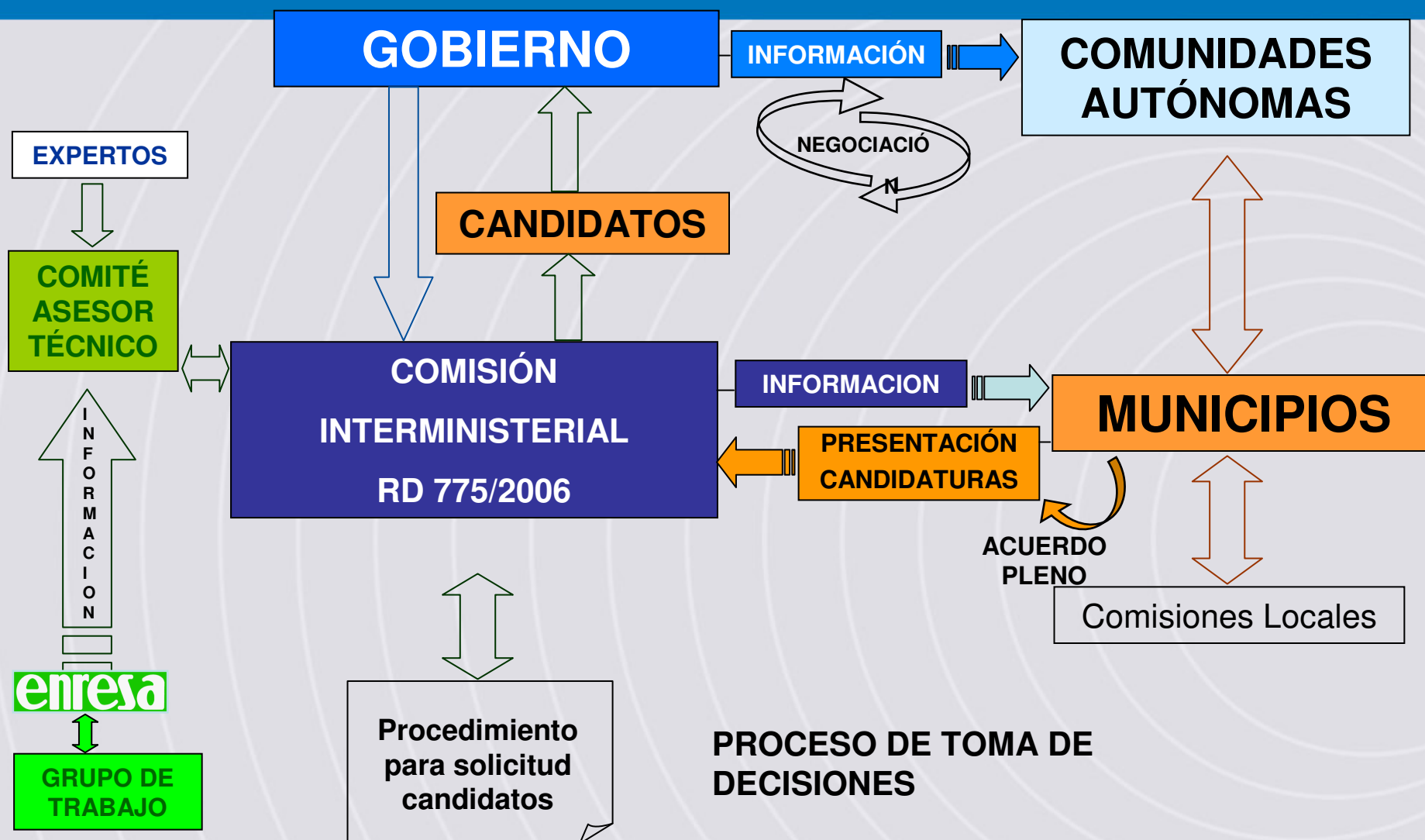
Construcción:

- ✓ 80 trabajadores → 50 M€

Operación:

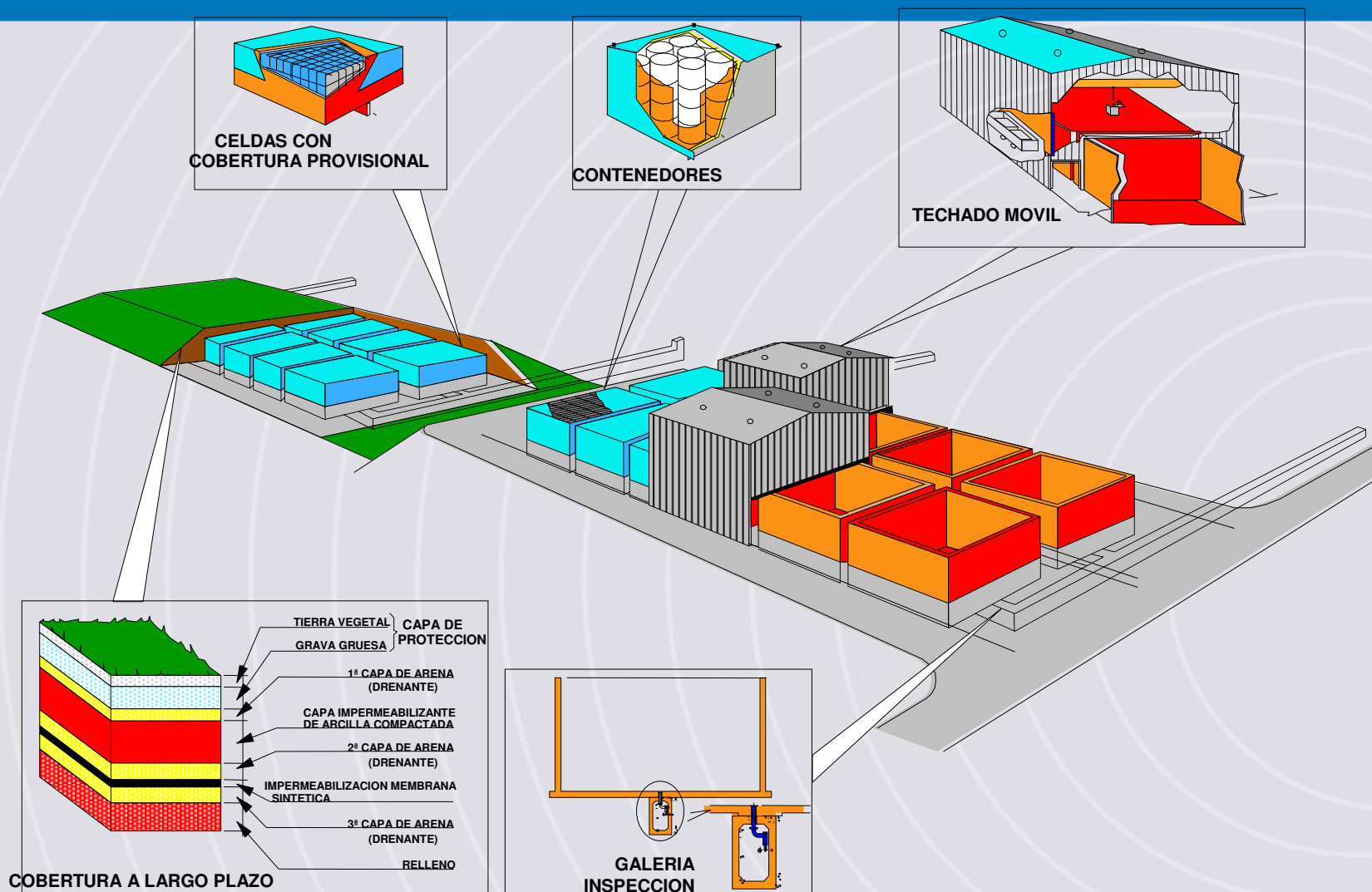
- ✓ 30 trabajadores → 2,3 M€/año

3 a 5 hectáreas





Centro de Almacenamiento El Cabril



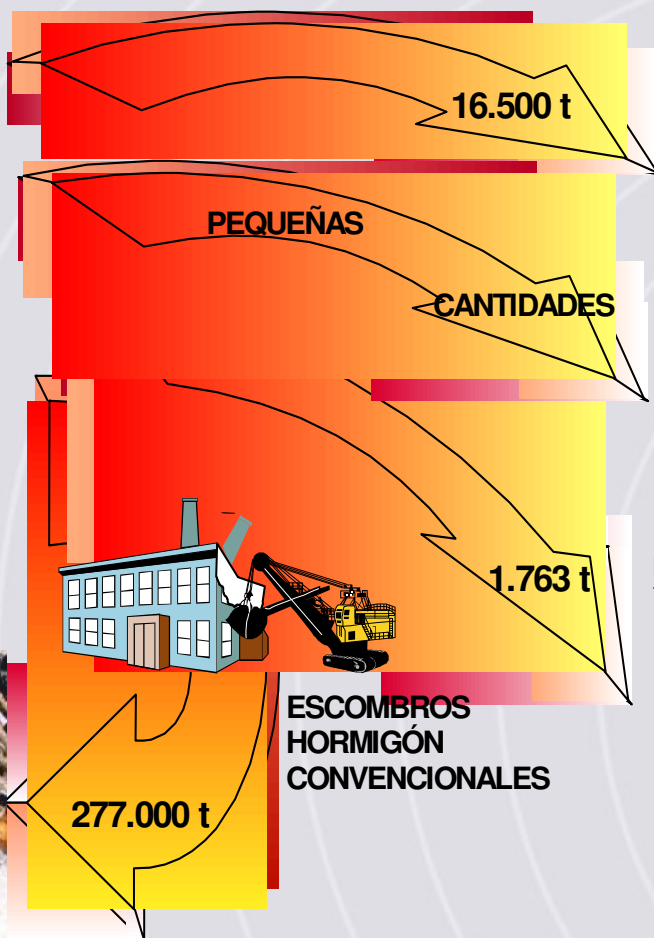
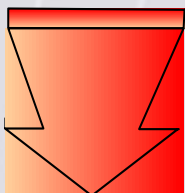


Plataforma del Centro de Almacenamiento El Cabril

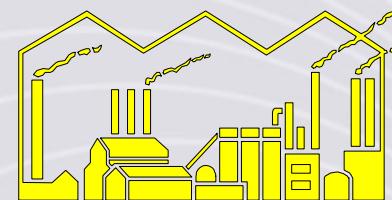




Desmantelamiento C.N. Vandellós I. Gestión de materiales



CHATARRAS CONVENCIONALES



RECICLADO



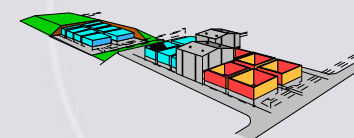
PRODUCTOS TÓXICOS Y PELIGROSOS



VERTEDERO CONTROLADO



RESIDUOS RADIATIVOS



CENTRO DE ALMACENAMIENTO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Ingeniería y servicios

INGENIERÍA DE INSPECCIÓN





Ingenierías y servicios

- INITEC
- Empresarios Agrupados
- Sener
- INYPSA
- TECNATOM



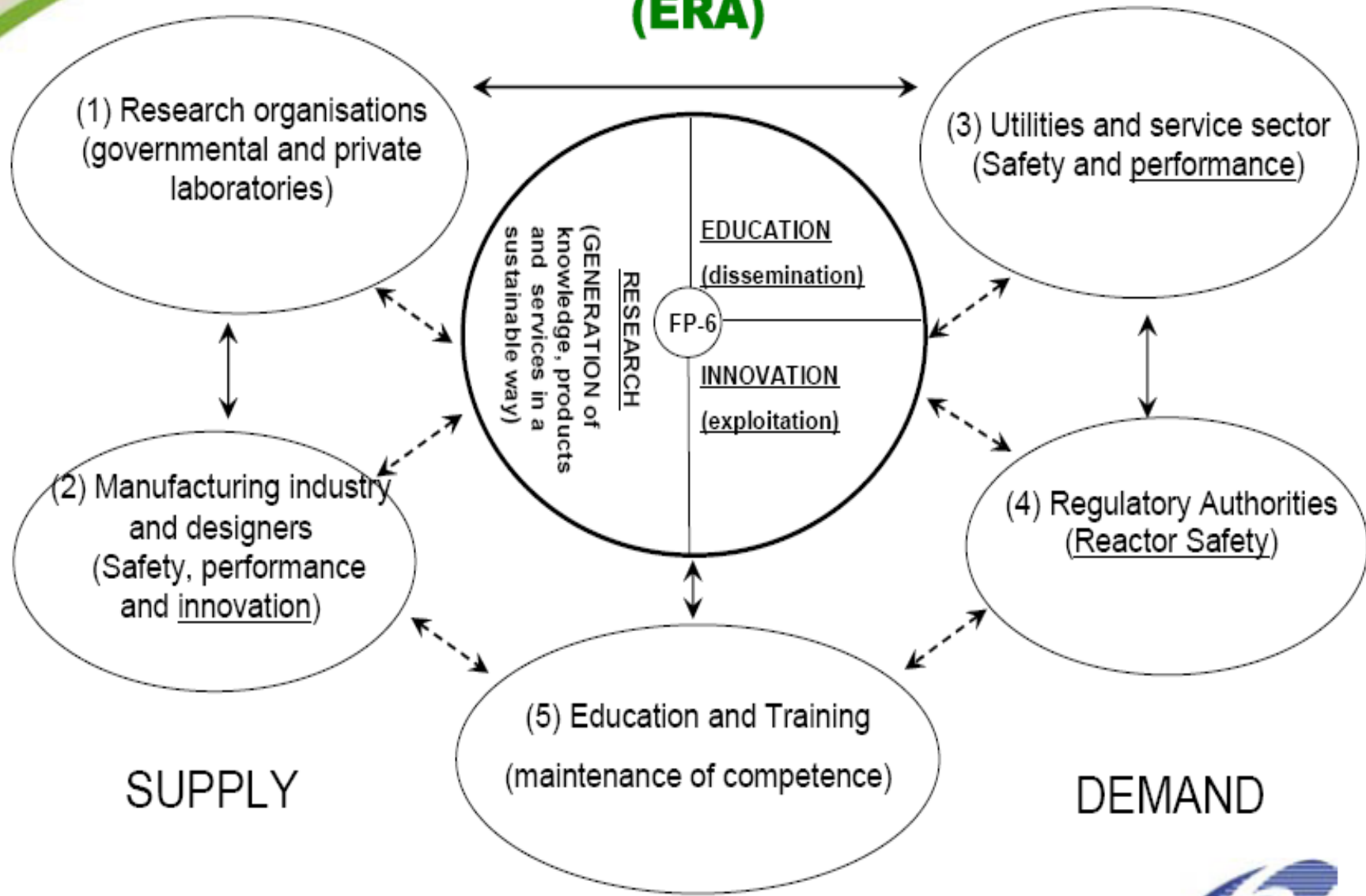
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Formación y entrenamiento



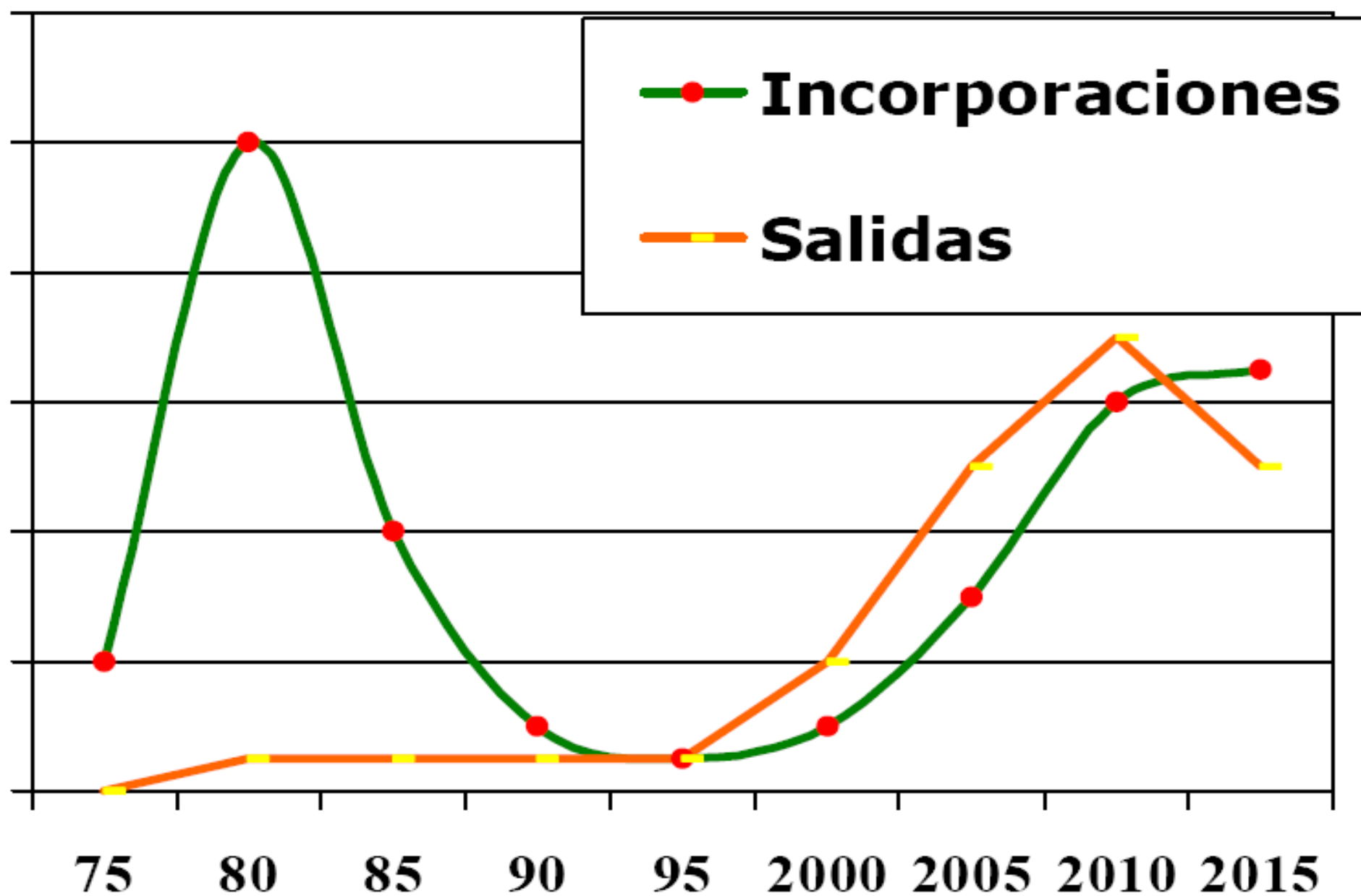
EUROPEAN
COMMISSION
Community Research

Towards a nuclear “European Research Area” (ERA)



EURATOM RESEARCH AND TRAINING ON NUCLEAR ENERGY





Fuente: Foro Nuclear (29 Reunión Anual de la SNE. Zaragoza. 2006)



Formación en Ingeniería Nuclear en la UPM

ETSI Minas

Dpto. de Sistemas
Energéticos

ETSI Navales

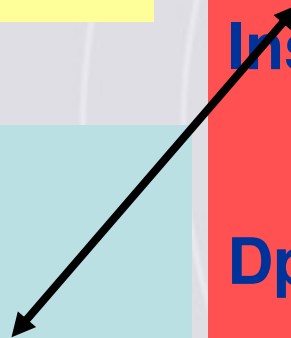
Dpto de Ingeniería Nuclear

ETSI Industriales

Dpto de Ingeniería Nuclear
(DIN)

Instituto de Fusion Nuclear
(DENIM)

Dpto de Ingeniería Energetica
y Fluidomecánica





Dpto. de Ingeniería Nuclear (DIN)

www.din.upm.es

CATEDRÁTICOS

J.M. Aragonés arago@din.upm.es

J.M. Perlado mperlado@din.upm.es

E. Mínguez emilio.minguez@upm.es

C. Ahnert carol@din.upm.es Directora

TITULARES

E Gallego eduardo.gallego@ctn.din.upm.es

J. J. Honrubia honrubia@etsii.upm.es

P. Velarde pedro@din.upm.es

O. Cabellos cabellos@din.upm.es



Nuclear Energy Education at DIN & DENIM

- Industrial Engineering (Energy Branch) 5 years
- Engineer in Energy (Industrial and Mining Schools of Eng)
- **MASTER in Nuclear Science and Technology (DIN & DENIM)**
- **PhD in Nuclear Science and Technology (DIN & DENIM)**
- **Erasmus Mundus (DIN & DENIM)**
- **Master in Technologies for Electrical Power Plants (ETSII – TECNATOM)**
- **ENEN Network (UPM)**



MASTER in Nuclear Science and Technology (I)

1 COURSE: 55 ECTS Optionals

- Tecnología energética
- Estructura de la materia
- Tecnología nuclear I
- Centrales nucleares
- Protección radiológica
- Física nuclear
- Tecnología nuclear II
- Introducción a la seguridad nuclear
- Fusión nuclear
- Fuentes intensas de radiación
- Diseño de reactores nucleares
- Termohidráulica nuclear
- Buques de propulsión nuclear
- Fundamentos físicos y aplicaciones tecnológicas de los plasmas
- Fundamentos de los nanosistemas
- La seguridad en la gestión de residuos radiactivos

Quality Award



MASTER in Nuclear Science and Technology (II)

2 COURSE: 35 ECTS Mandatory + 30 ECTS Master Thesis

- Tecnologías avanzadas en Reactores de Fisión
- Separación y transmutación de residuos radiactivos
- Fusión nuclear por confinamiento inercial
- Teoría del transporte de partículas y radiación
- Fiabilidad y Análisis del Riesgo
- Métodos Numéricos para Fluidodinámica
- Seguridad nuclear
- Gestión de residuos radiactivos
- Impacto radiológico ambiental

Quality Award

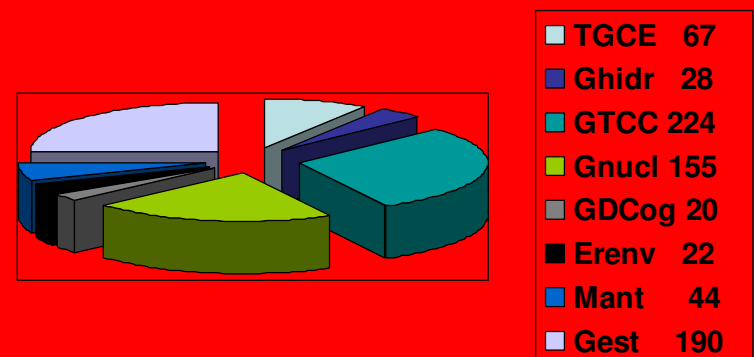


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Master in Technologies for Electrical Power Plants

- Technology of EPP
- Hydraulic Electrical Generation
- Thermal & Combined cycle
- Nuclear PP
- Cogeneration
- Renewable energies
- Maintenance of EPP
- Management & human resources
- Practice in EPP
- Master Thesis

DISTRIBUCIÓN DE HORAS



Total : 60 ECTS





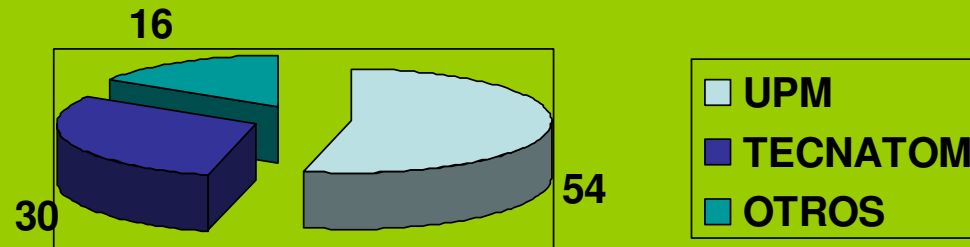
Master in Technologies for Electrical Power Plants

Program schedule

Theory and exercises	530
Laboratories	160
Simulators	60
Master Thesis	100

Conferences	20
Visits to EPP	6 días
Evaluations	20

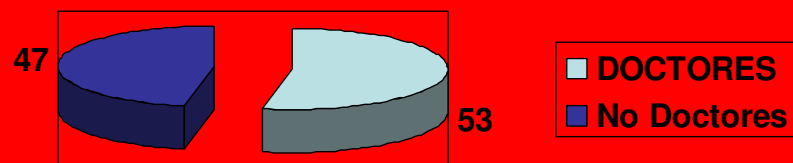
PROFESSORS (%)



Total : 85 professors

ENDESA
UFENOSA
IBERDROLA
UNESA
ENUSA
ENRESA
IDAE
CNE
Mº de ECONOMIA
INITEC
REVENGA y Asociados
ICAI
UNED
CIEMAT
REPSOL YPF

PhD Professors





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ENEN Network

European
Nuclear
Education
Network
Association





ENEN Network: objectives

- ⇒ To deliver a European Master of Science degree in nuclear engineering
- ⇒ To encourage PhD studies
- ⇒ To promote exchange of students and teachers participating in the network
- ⇒ To establish a framework for mutual recognition
- ⇒ To foster and strengthen relations between universities, nuclear research laboratories, industries and regulatory bodies
- ⇒ To ensure the quality of academic nuclear engineering education, training and research,
- ⇒ To create incentives and increase career attractiveness for the enrolment of students and young academics in nuclear disciplines



ENEN Network: partners

- 26 Universities (Effective members)
- 9 Universities within EUROTRANS
- 6 Research Centres (Associated members)

located in 18 European Countries

taking advantage of mutual recognition within the philosophy of the Bologna declaration and of operational exchange schemes for teachers and students (ERASMUS) within the European Union and worldwide (ERASMUS Mundus)



ENEN Network: partners

- *Austria* : Atominstitut der Österreichischen Universitäten, - Vienna.
- *Belgium* : Katholieke Universiteit Leuven, - Leuven
- *Belgium* : Université Catholique de Louvain UCL,- Louvain-la-Neuve.
- *Belgium* : Universiteit Gent, University of Gent- Gent.
- *Czech Republic* : Czech Technical University - Prague.
- *Finland* : Helsinki University of Technology- Helsinki.
- *Finland*: Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta.
- *France* : CEA - Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires - Saclay.
- *France* : Institut National Polytechnique de Grenoble - Grenoble
- *Germany* : Technische Universität München (TUM) – München
- *Germany* : Institut für Kernenergetik und Energiesysteme - Stuttgart
- *Greece* : National Technical University of Athens- Athens.
- *Great Britain* : University of Manchester - Manchester.
- *Great Britain* : University of Birmingham - Birmingham
- *Hungary* : Budapest University of Technology and Economics - Budapest.
- *Italy* : Consorzio Interuniversitario per la Ricerca Tecnologica Nucleare – Torino.
- *Netherlands* : Delft University of Technology - Delft.



ENEN Network: partners

- *Romania* : "Politechnica" University of Bucharest – Bucharest.
- *Slovakia* : Slovak University of Technology, Bratislava.
- ***Spain* : Universidad Politecnica de Madrid (UPM),- Madrid.**
- *Spain* : Universidad Politecnica de Catalunya
- *Slovenia* : University of Ljubljana - Ljubljana.
- *Sweden* : Kungl Tekniska Högskolan- Royal Institute of Technology - Stockholm
- *Sweden* : Uppsala University
- *Switzerland* : Swiss Federal Institute of Technology (ETH),- Zurich.
- *Switzerland*: Swiss Federal Institute of Technology (EPFL) – Lausanne.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ENEN Network: partners

- ***Belgium:*** Nuclear Research Centre SCKCEN, Mol
- ***Czech Republic:*** Nuclear Research Institute, Rez plc
- ***Germany:*** Institute for Safety and Reliability, Munich
- ***Romania:*** CITON, Bucharest
- ***Slovenia :*** Jozef Stefan Institute, Ljubljana
- ***United Kingdom:*** HMS Sultan, Hants



Research Activities (DIN)

- **Neutronic and Thermo-hydraulic of NPP's**
- **Advanced Methods for fuel managements in nuclear reactors**
- **Waste Management**
- **Radiological, environmental and economic impact of nuclear energy**
- **Analysis of Severe Accidents in NPP's**
- **Probabilistic Safety Analysis**
- **Partitioning and transmutation of nuclear waste**
- **Radiation damage in pressure vessels**
- **Quality control and reliability**



DENIM: main research activities

www.denim.upm.es

Plasma Physics for Inertial Confinement Fusion: *Radiation-Hydrodynamics; Atomic Physics*

Fusion Technology

ITER

IFMIF

Test Blanket Modules

Materials

Design of Systems for Transmutation of Wastes

Design of Advanced Fission Reactors (GIV)



UN

DENIM: main tools developed

- **NORCLA** (1D 3T's code for Radiation Hydrodynamics plus Nuclear Fusion calculations and transport of neutrons and deposition of energy on the target)
- **ARWEN** (2D Radiation-Hydrodynamics simulation)
- **Set of codes in Atomic Physics for EOS and Opacities**
- **ACAB** (Inventory code of Radioactive products and consequences)
- **EURAC** (Spallation Neutron Source and linking of proton spallation reactions and neutron generation and transport)
- **MDCASK** (Molecular Dynamics code for SiC); **TBSiC** (Tight Binding MD for Si, C, SiC)
- Participation in Designs of Fusion Reactors (HIBALL and KOYO); Transmutation Systems (Energy Amplifier) and Fission reactors
- **SIMULA 2-3 D code** for Fuel Management



DENIM: main goals

- **IAEA Book on Inertial Confinement Fusion**
- **IAEA CRP on Elements of IFE Power Plants**
- **First Organizer of IAEA TCM on Target and Chambers Research**
- **IFE keep in touch from beginning of Project**
- **Design of KOYO reactor**
- **Agreement with ILE, Lebedev Institute, LULI (experiments), CEA**



DENIM: present projects

- **IFE Keep in touch** (EURATOM)
- **Generation of X-rays Sources** (EU 6FP)
- **PERFECT** (EURATOM 6FP / Materials)
- **EUROTRANS** (EURATOM 6FP / Transmutation)
- **NURESIM** (EURATOM 6FP / Simulation of Nuclear Cores)
- **EFDA Tasks** (Technology Fusion / Materials)
- **LDRD LLNL** (Nanocrystal Targets and FeCr)
- **IFMIF** (Neutronic and Activation)
- **National Research Projects** on Materials Irradiation and Activation and Safety Analysis



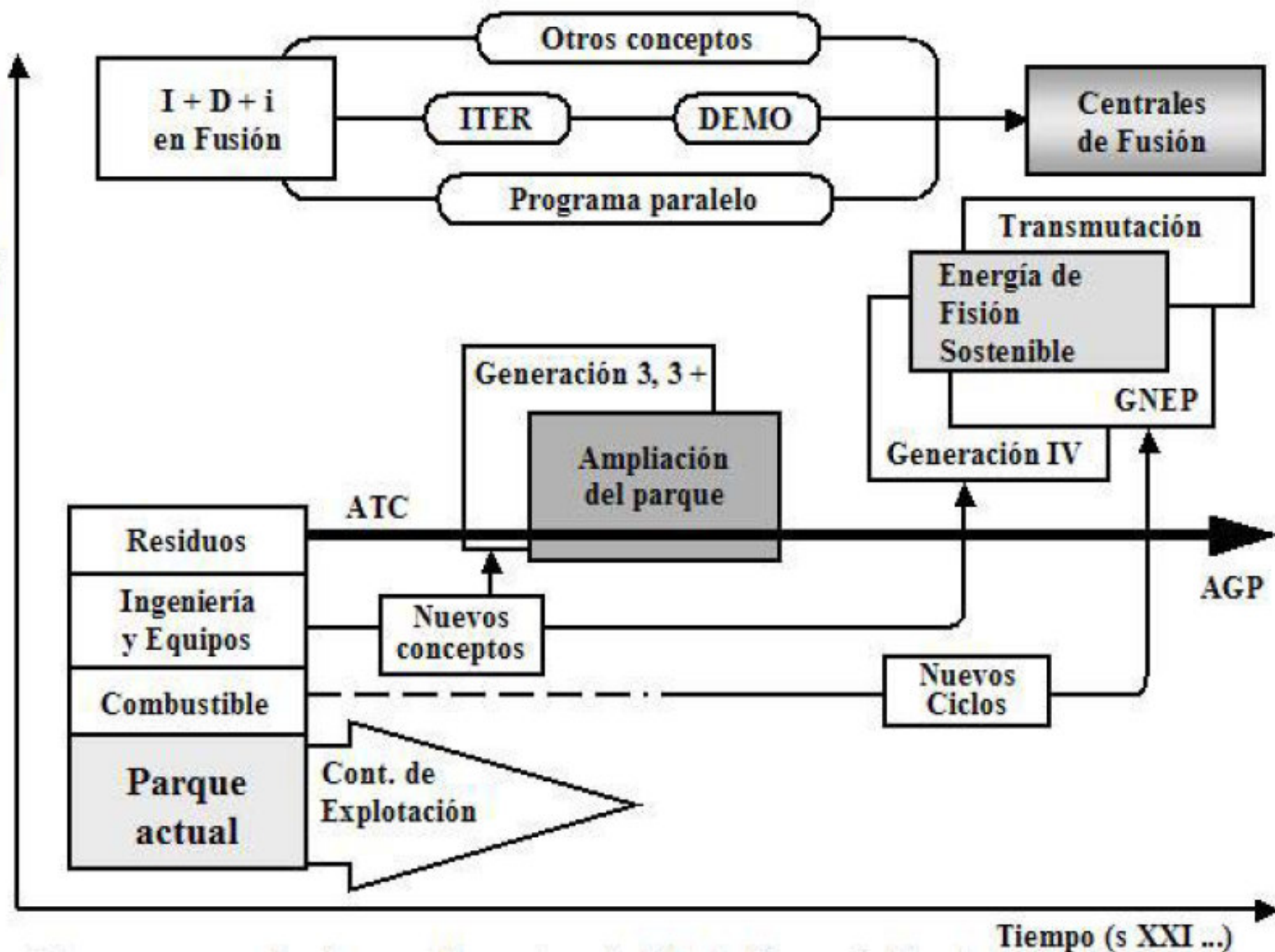
DENIM: ongoing work

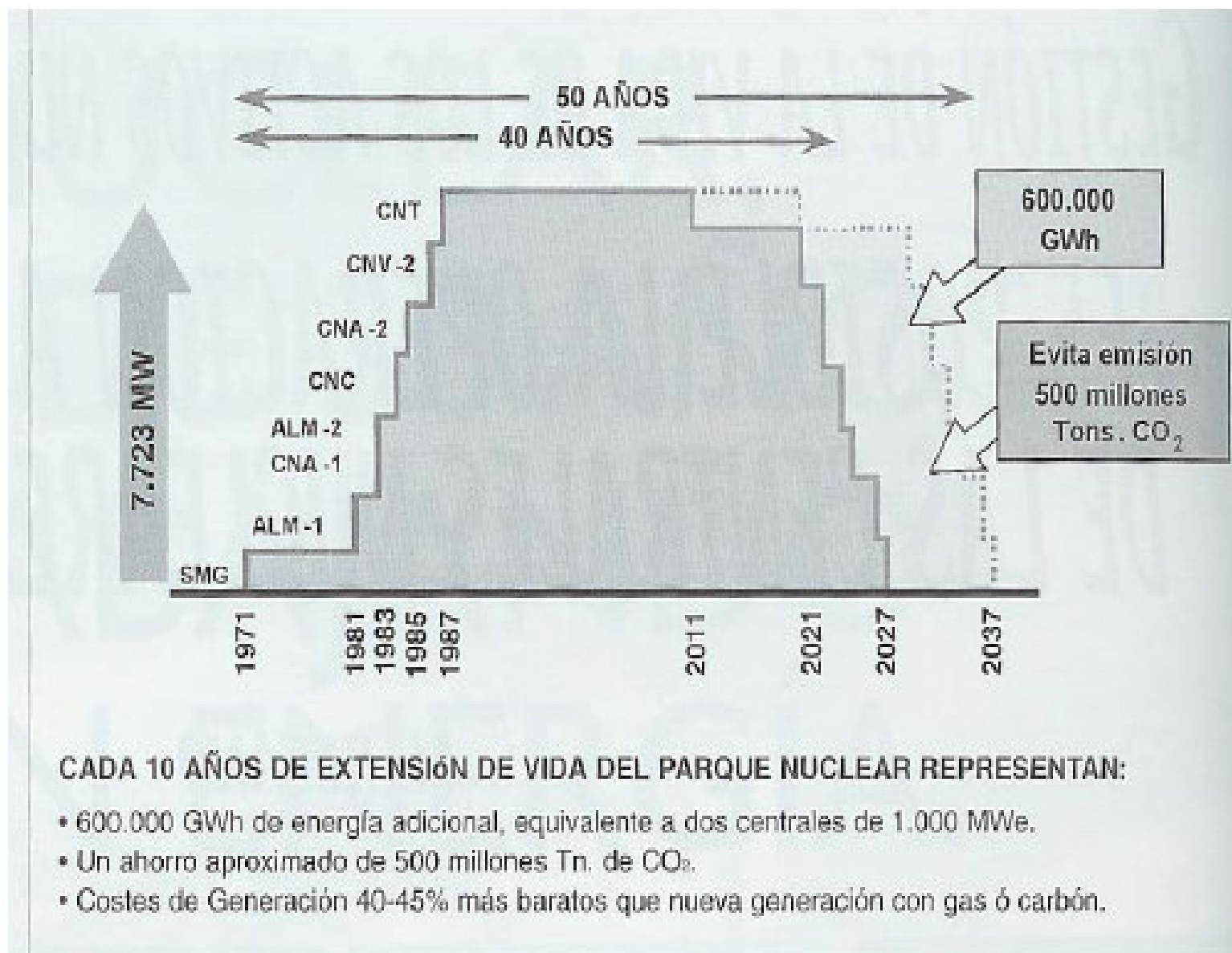
- **HIPER Project**
- **Target Fabrication Facility**
- **EFDA Tasks for Materials and IFMIF**
- **EURATOM SEGRAT Project (DENIM)**
- **EURATOM MADFUS Project (U. Longsborough)**
- **ITER contribution**
- **Project for Fusion Technology (Autonomous Community of Madrid) / Consortium with CIEMAT)**
- **Collaboration with ILE modification of KOYO reactor for Fast Ignition**
- **Collaboration with LLNL for Ta assessment as Target material and FeCr identification**
- **Experiments at LULI and PETAL**
- **Study of Spallation Source as demonstration of Radioactive wastes transmutation (collaboration with CIEMAT)**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Desarrollo potencial de la EN





“Política de Extensión de vida del parque nuclear español”, por M. Regaño.
Nuclear España-marzo 2004



¿Qué puede aportar la energía nuclear en el siglo XXI?

***Nuevos reactores innovadores
Aplicaciones no energéticas
Producción de hidrógeno
Desalación del agua del mar
Calentamiento urbano
Fusión nuclear***



Conclusiones

- **Se dispone de una reconocida capacidad de actuación**
- **Existen planes de mejora continua**
- **Innovación tecnológica**
- **Efecto locomotora en el despliegue de las ER (eólica)**
- **Seguimiento de planes en nuevos reactores**



Conclusiones

- **Existe un gran reto energético mundial tanto desde el punto de vista económico, medioambiental y de seguridad de abastecimiento.**
- **El planteamiento energético debe hacerse desde la diversidad.**
- **En esta diversidad la energía nuclear y las renovables deben complementarse**
- **Se requiere una planificación a largo plazo y debe hacerse por consenso.**



Consideraciones en una toma de decisiones sobre energía nuclear SI o NO

- Crecimiento de la demanda
- Competitividad
- Seguridad de suministro
- Cumplimiento de condiciones medioambientales
- Aspectos sociales: *percepción del riesgo, proliferación protección física, residuos.*



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Muchas gracias por su asistencia y atención

Preguntas y comentarios