



***Centrales Nucleoeléctricas:  
Perspectivas a mediano y largo plazo en Argentina.  
Su rol en el balance energético nacional.***

***Lic. Jorge Sidelnik  
Buenos Aires, 8 de Septiembre de 2009***



## ***Contexto Internacional***

## Centrales Nucleares en el Mundo

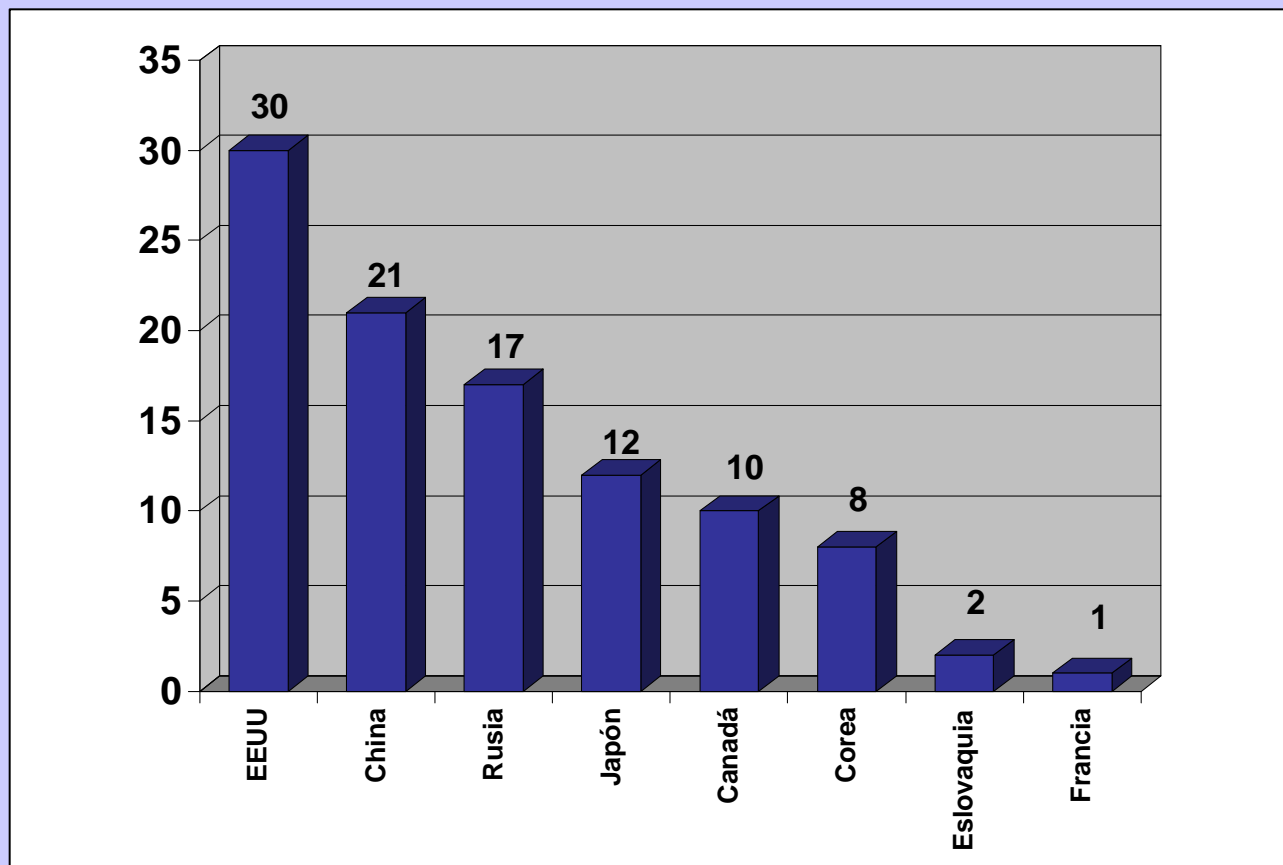
| País           | Nº Reactores | País       | Nº Reactores |
|----------------|--------------|------------|--------------|
| Estados Unidos | 104          | Eslovaquia | 5            |
| Francia        | 59           | Suiza      | 5            |
| Japón          | 53           | Finlandia  | 4            |
| Rusia          | 31           | Hungría    | 4            |
| Corea          | 20           | Argentina  | 2            |
| Reino Unido    | 19           | Brasil     | 2            |
| Canadá         | 18           | Bulgaria   | 2            |
| Alemania       | 17           | México     | 2            |
| India          | 17           | Pakistán   | 2            |
| Ucrania        | 15           | Rumania    | 2            |
| China          | 11           | Sudáfrica  | 2            |
| Suecia         | 10           | Armenia    | 1            |
| España         | 8            | Lituania   | 1            |
| Bélgica        | 7            | Holanda    | 1            |
| Rep. Checa     | 6            | Eslovenia  | 1            |

|  |       |
|--|-------|
| En Operación   | 436   |
| En Construcción  | 52    |
| Pot. Instalada GW(e)   | ~ 370 |
| Porcentaje en la Generación Mundial de Energía Eléctrica (%) | ~ 15  |

# Centrales Nucleares en el Mundo

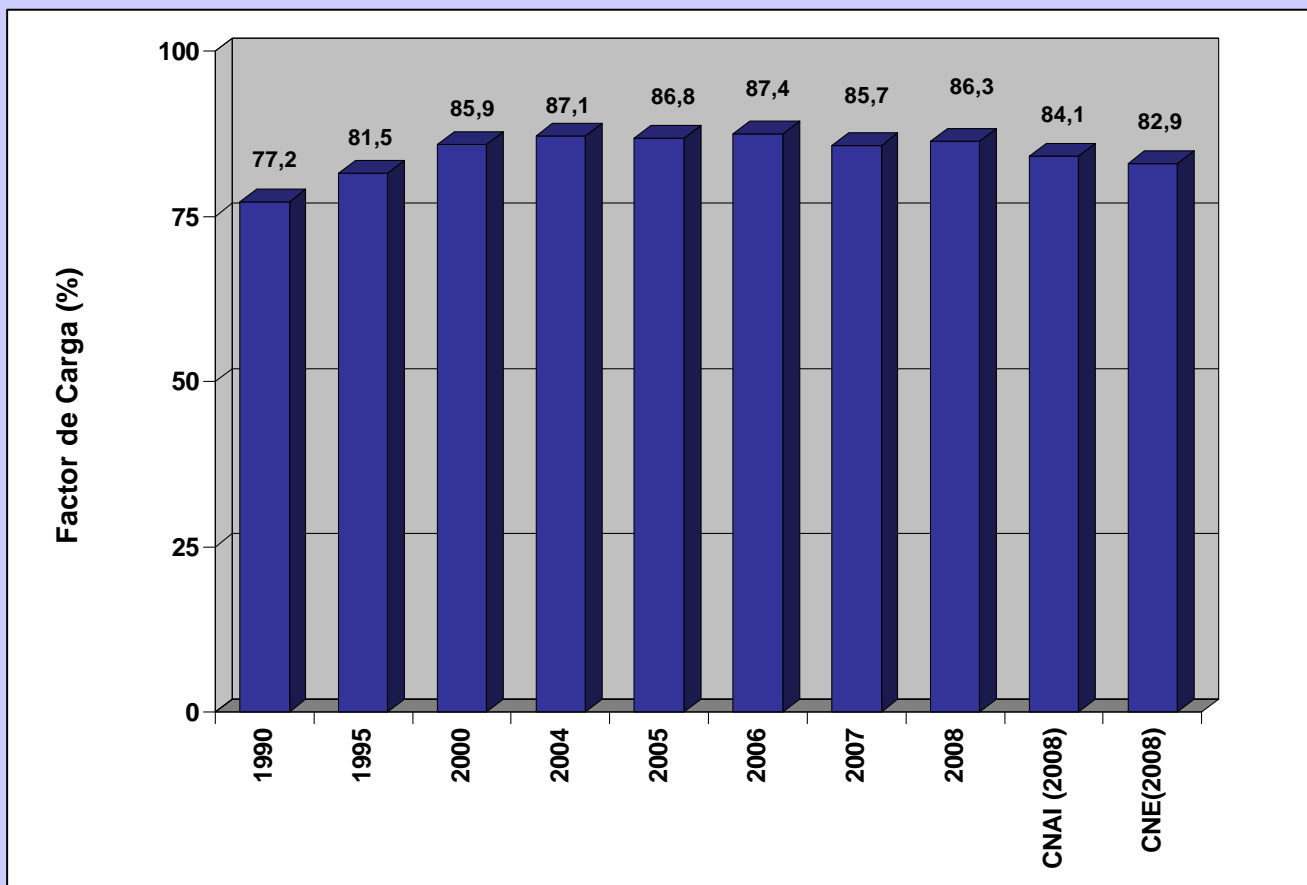


## Proyectos Nucleares en el Mundo



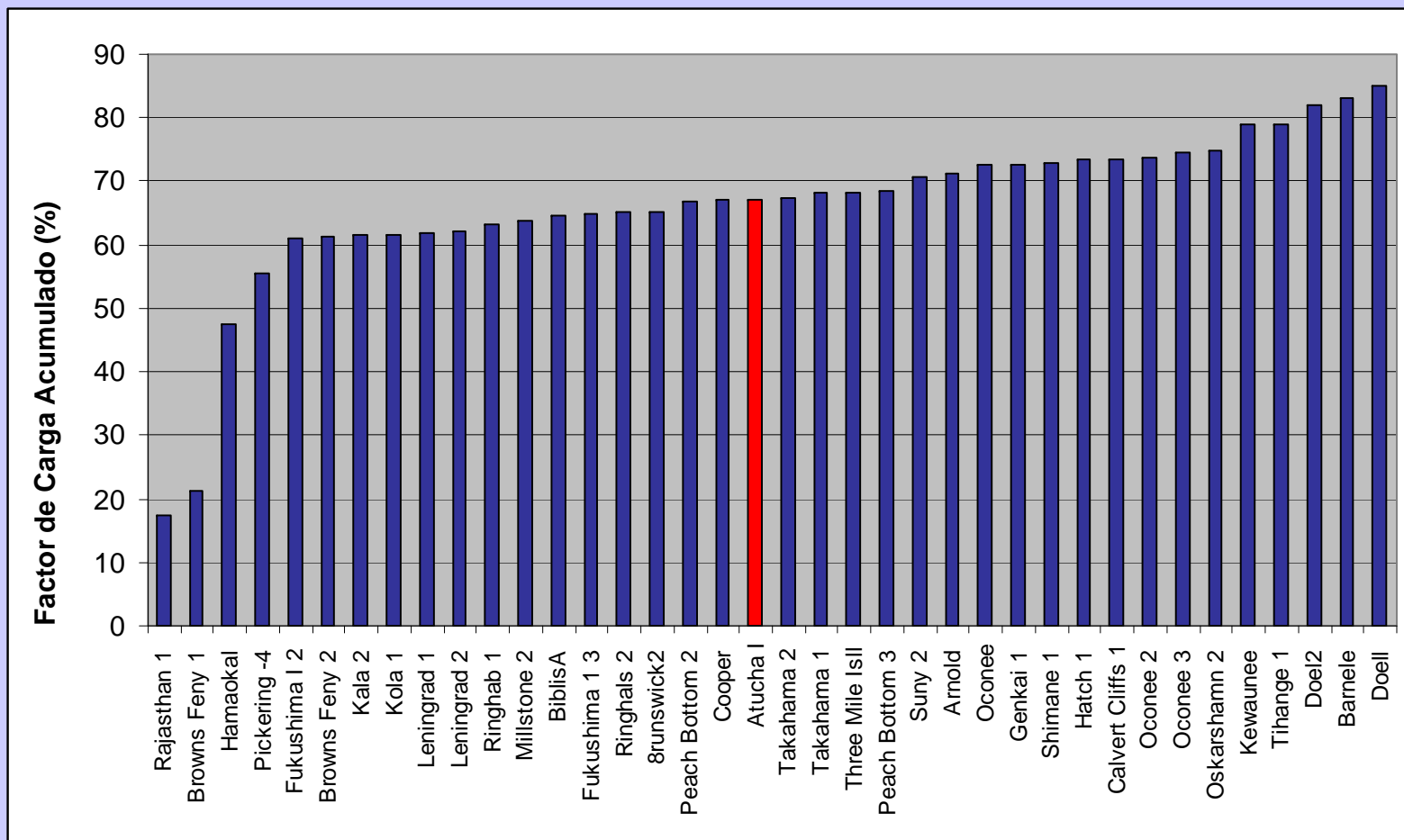
# Performance de Centrales Nucleares

## Factor de Carga (Promedio Mundial)



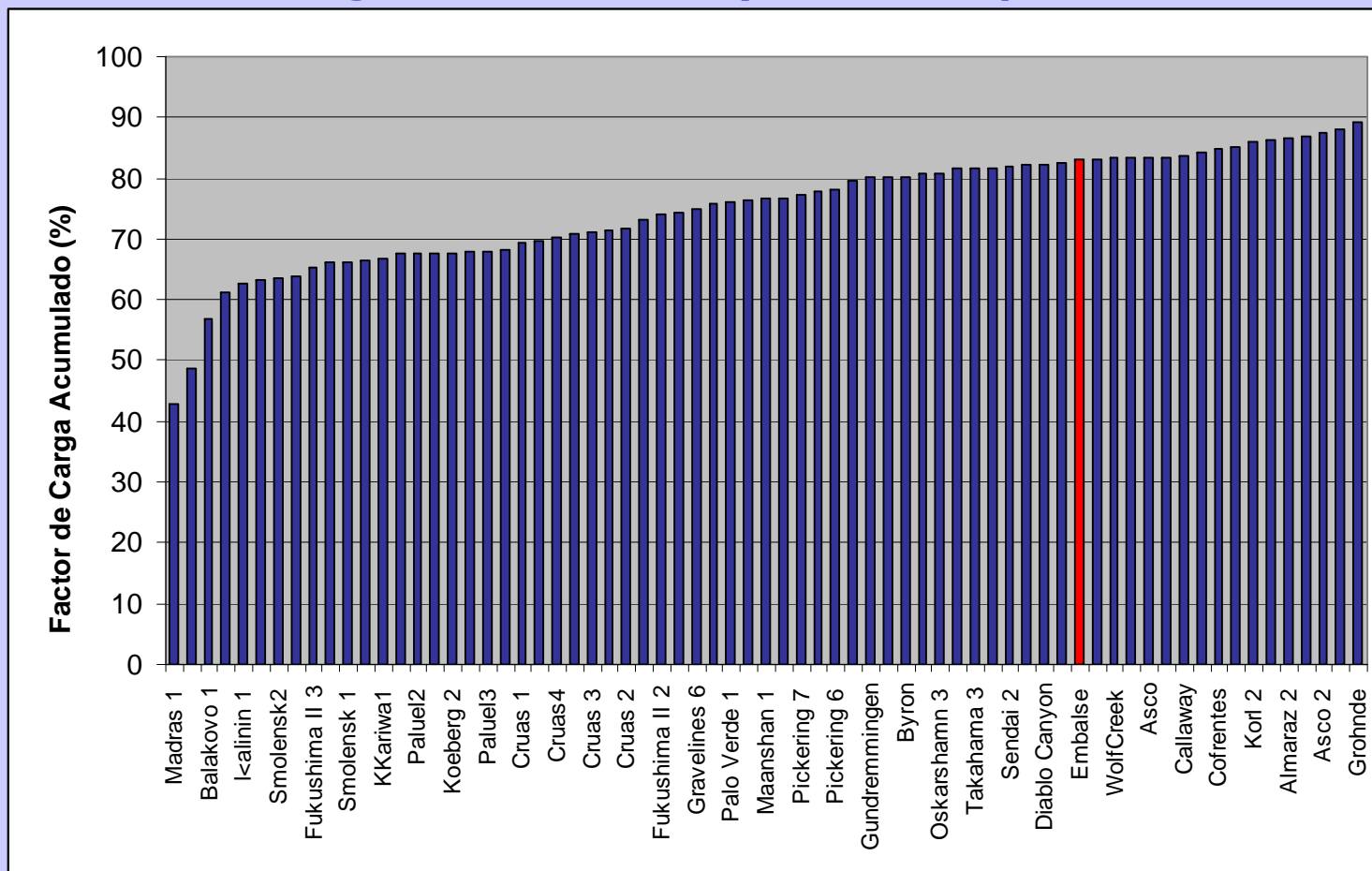
# Performance de Centrales Nucleares

## Factor de Carga Acumulado CNA-I y Centrales op. 1973 / 1975



# Performance de Centrales Nucleares

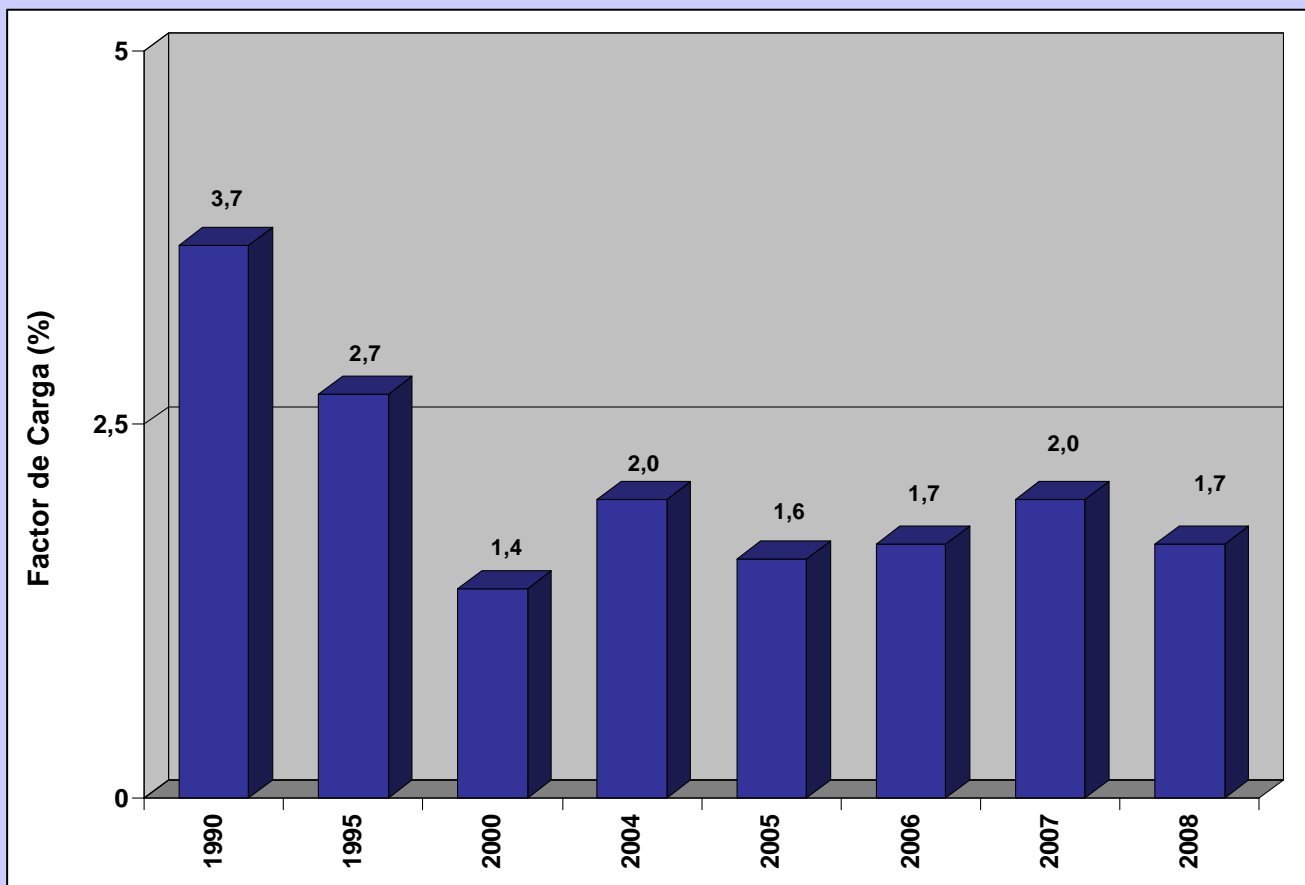
## Factor de Carga Acumulado CNE y Centrales op. 1983 / 1985





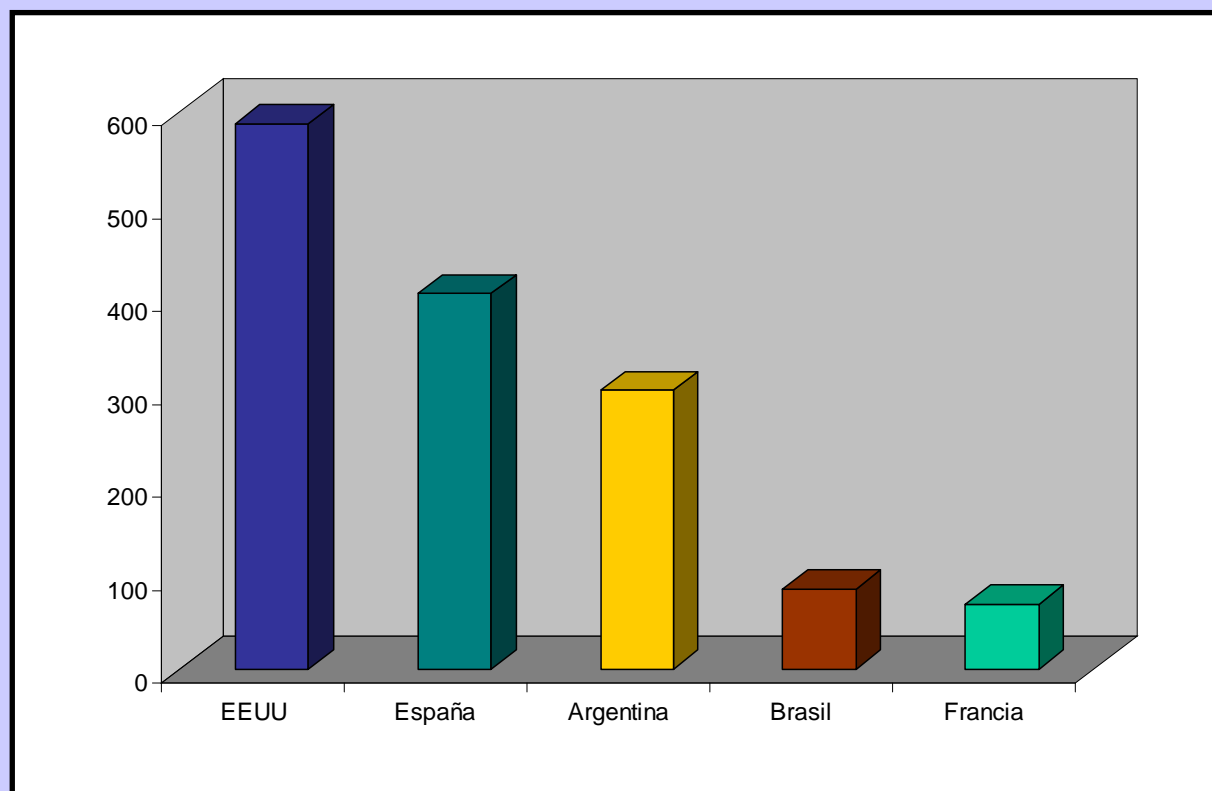
# Performance de Centrales Nucleares

## Pérdidas no planeadas de Factor de Carga (Promedio Mundial)



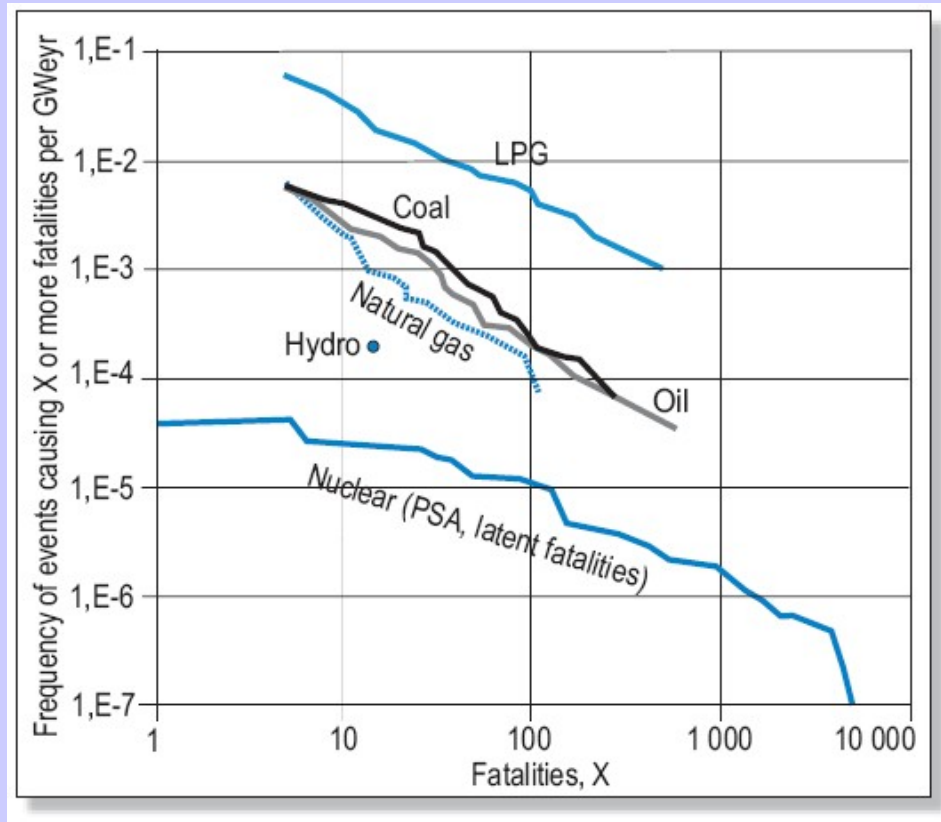
## Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

### Emisiones del Sector Eléctrico (Kg CO<sub>2</sub>/MWh) – Comparación Internacional

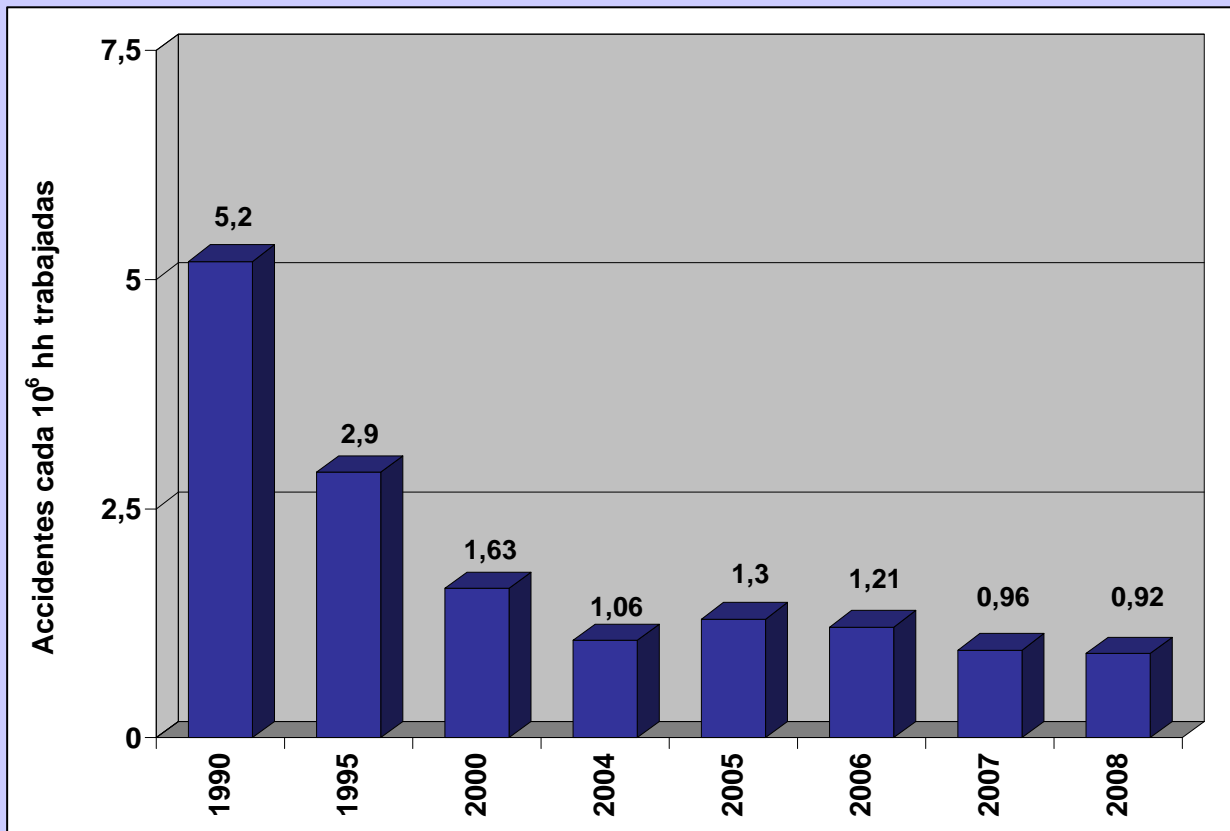


Fuente: Diagnóstico, perspectivas y lineamientos para definir estrategias posibles ante el Cambio Climático. Fundación Bariloche.

## Fatalidades relacionadas con la generación de energía: Comparación de tecnologías



## Seguridad Industrial en Centrales Nucleares

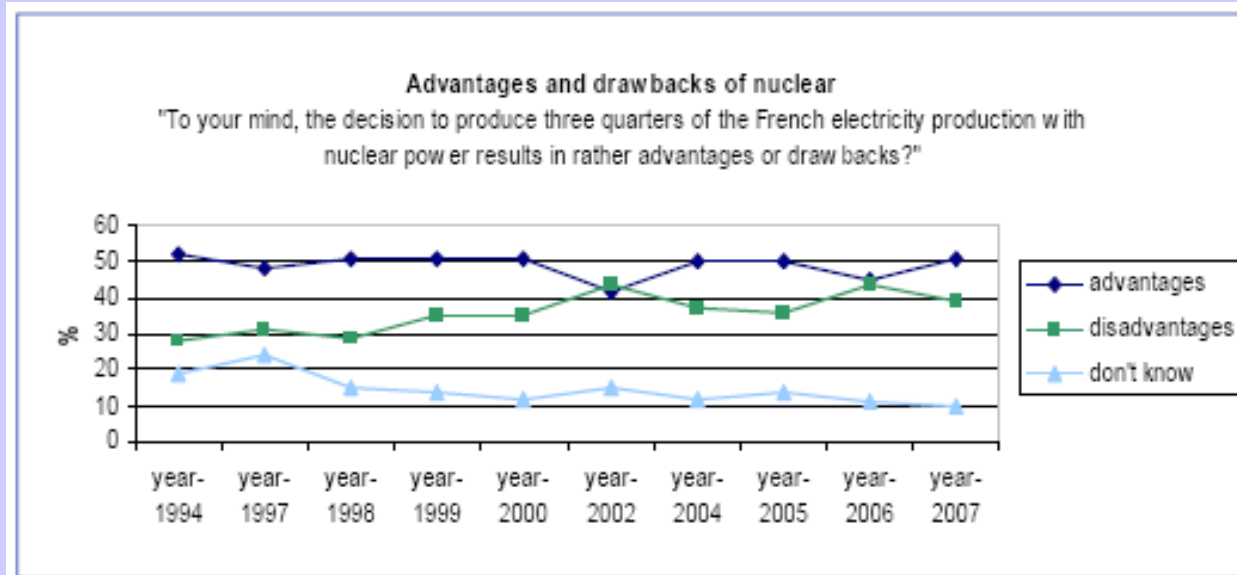


*La industria nuclear provee uno de los ambientes industriales más seguros*



## ***Opinión Pública***

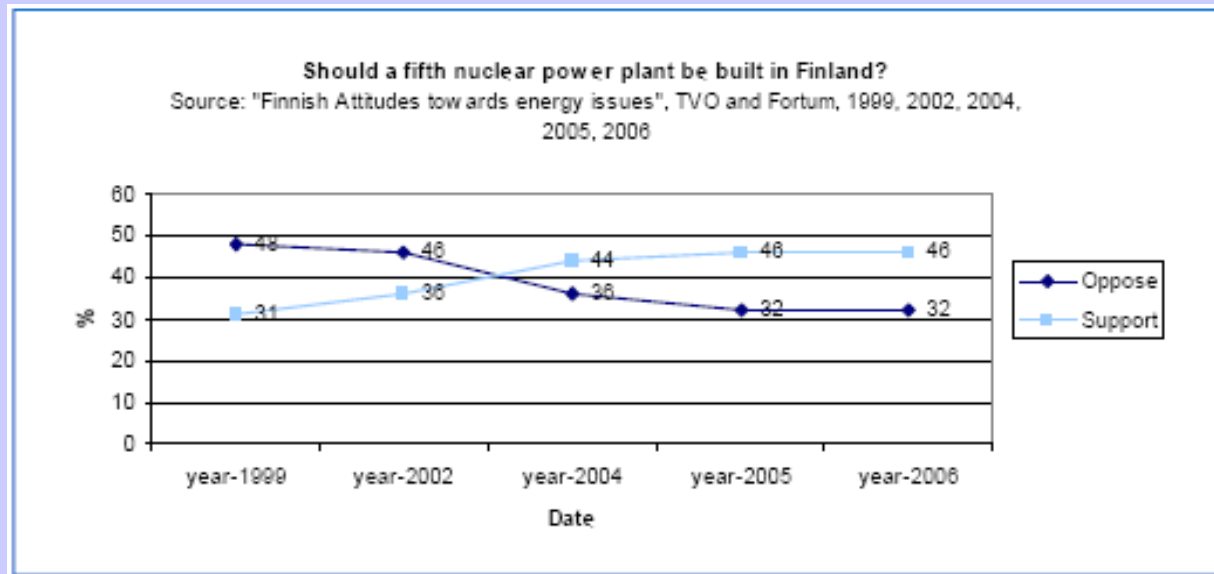
## Francia



### Consideraciones:

- La opinión pública en Francia siempre a sido favorable a la energía nuclear.
- El gobierno y las compañías han llevado adelante numerosas campañas para fomentar la aceptación pública.
- Los franceses consideran riesgosas las actividades nucleares, pero confían en que sus autoridades controlarán y asegurarán la operación de los reactores.
- La experiencia muestra que la operación de los reactores nucleares franceses siempre ha sido segura.

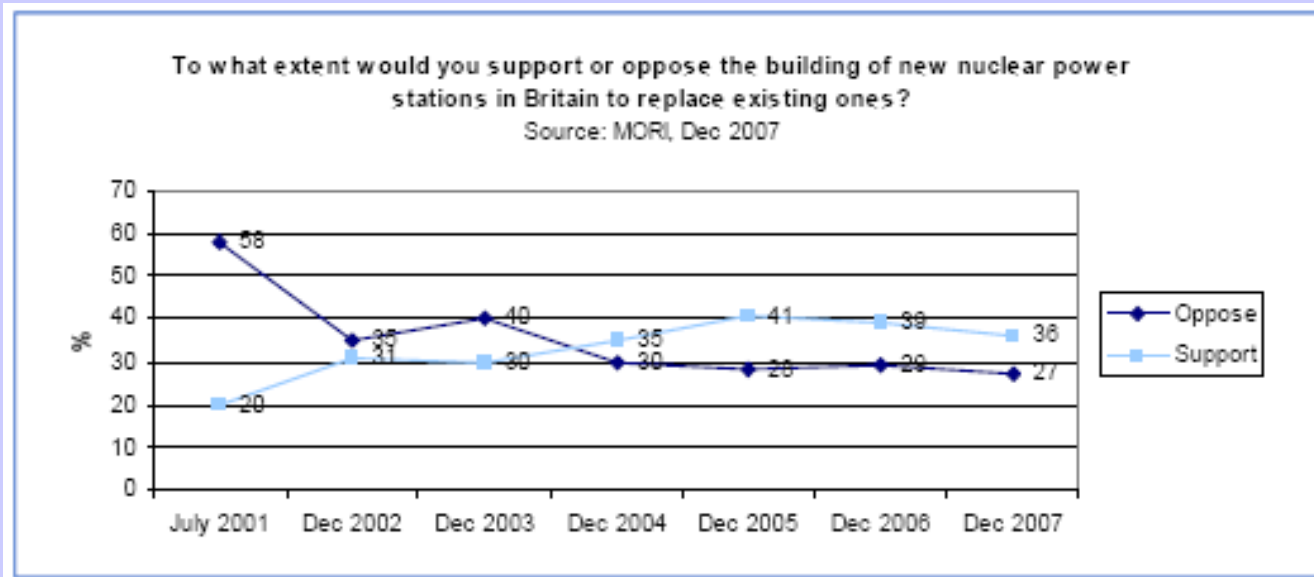
# Finlandia



## Consideraciones:

- La población está bien informada y participa en debates públicos.
- Los fineses son pragmáticos y consideran que la energía nuclear es la mejor solución para el cambio climático y la seguridad de suministro.
- Los argumentos anti-nucleares esgrimidos en ese país resultaron erróneos: la energía nuclear paga por el desmantelamiento de las plantas y el sitio para el repositorio fue elegido democráticamente.

## Reino Unido



### Consideraciones:

- Las reservas de petróleo están bajando en el Mar del Norte. Como resultado, los precios están subiendo y la seguridad energética está amenazada.
- La opinión pública consideró que la energía nuclear es una solución a estos problemas.
- Asimismo, se consideró que las energías renovables por sí solas no serán suficientes para asegurar el abastecimiento energético y los problemas ambientales.





## Otros casos (favorables)

### **Suiza:**

- **La energía nuclear tiene una aceptación del 70% de la población.**
- **La mayor parte de la misma considera que la energía nuclear es necesaria para el abastecimiento energético del país.**

### **Nuevos miembros de la UE:**

- **En República Checa, Bulgaria, Hungría, Rumania, Eslovenia, Polonia y los Estados Bálticos la opinión pública está fuertemente a favor de la energía nuclear.**
- **Algunos de estos países han sido exhortados a cerrar sus plantas nucleares como condición para su ingreso a la UE.**
- **En esos países la población está en contra del cierre de las centrales.**



## Otros casos (desfavorables)

### **Bélgica:**

- Se aprobó una ley para cerrar las centrales nucleares a partir de 2015.
- La sustentabilidad de la ley es cuestionada: Las primeras medidas de cierre deberían tomarse en 2009-2010 y un informe indica que los precios de la energía se duplicarán y que el país tendrá serios problemas para abastecer sus necesidades de energía y reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **España:**

- La opinión pública tradicionalmente no está a favor de la energía nuclear.
- El gobierno está estudiando el cierre de las centrales nucleares, aunque sin un calendario definido.

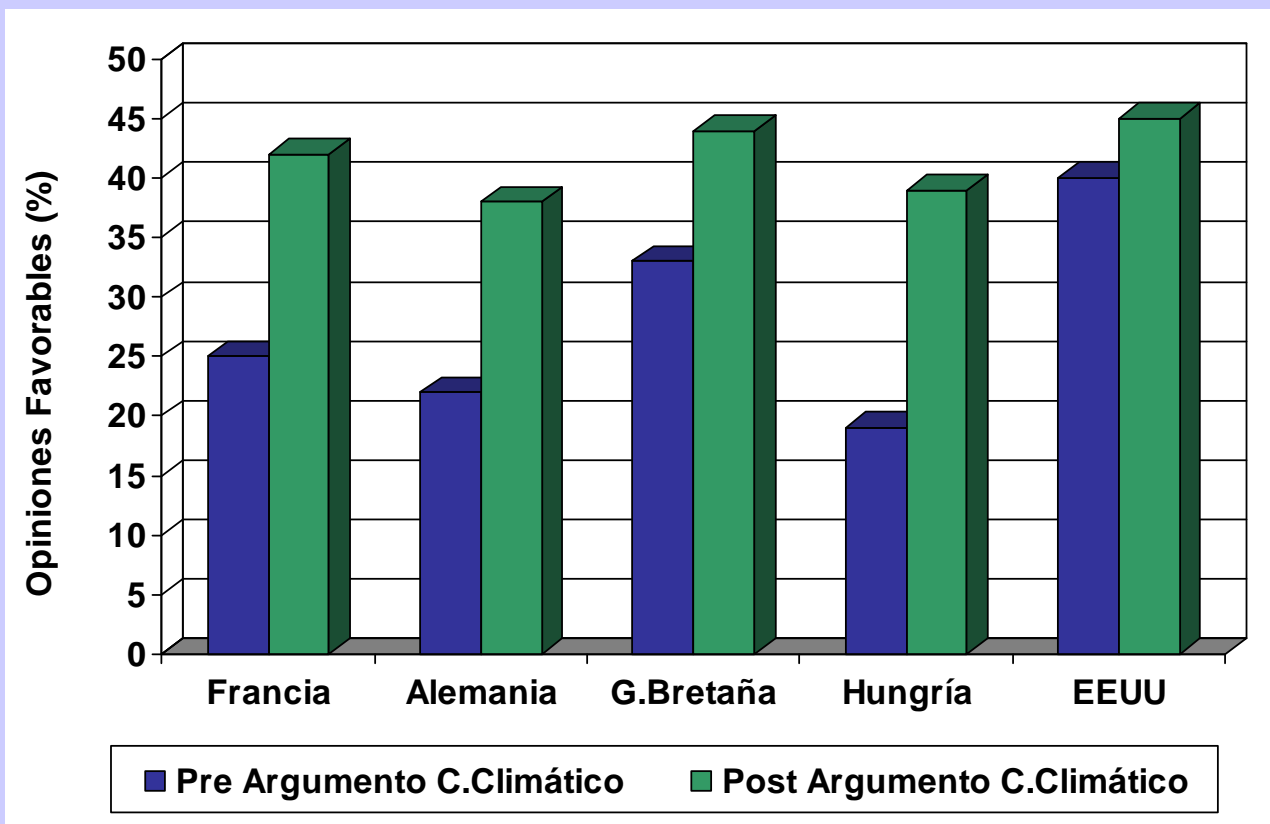
### **Países que se oponen a la energía nuclear:**

- En Austria, Noruega, Dinamarca, Irlanda y Luxemburgo la opinión pública está tradicionalmente en contra de la energía nuclear.

### **Otros países:**

- En Chipre, Grecia, Malta y Portugal no hay un debate acerca de la energía nuclear, la cual no es un tema de relevancia para la opinión pública.
- La población está fuertemente en contra de la energía nuclear

## Opiniones favorables Pre y Post argumento Cambio Climático





## Conclusiones:

- **El rol de la información es esencial: mientras la gente más conoce sobre la energía nuclear, más a favor de ella está.**

- **Poblaciones que viven cerca de plantas nucleares están más a favor de la energía nuclear.**

- **El rol de Estado es fundamental:**

**En aquellos países donde el gobierno ha adoptado una posición anti nuclear, la opinión pública se ha vuelto en contra de este tipo de energía.**

**En países como Francia, las campañas gubernamentales han fomentado actitudes favorables a esta energía.**

- **Algunos miedos de la población provocan actitudes antinucleares.**
- **Temas que permanecen como los de mayor preocupación para la población:**

**Manejo de residuos.**

**Amenaza de un ataque terrorista (sobre todo después del 11-S)**

**Proliferación de armas nucleares.**



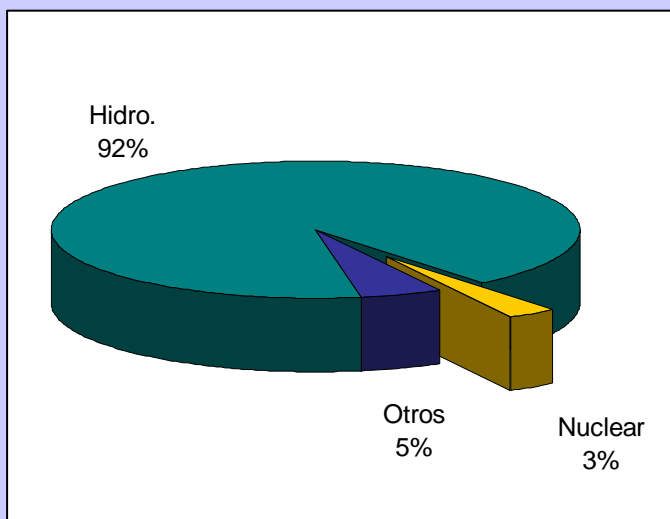
***La Energía Nuclear  
en América Latina***

**Brasil**

## REACTORES EN OPERACION

| Reactor | Tipo | Potencia (MWe) | Operación Comercial |
|---------|------|----------------|---------------------|
| Angra 1 | PWR  | 626            | 1985                |
| Angra 2 | PWR  | 1.270          | 2000                |

## ENERGIA ELECTRICA GENERADA POR FUENTE



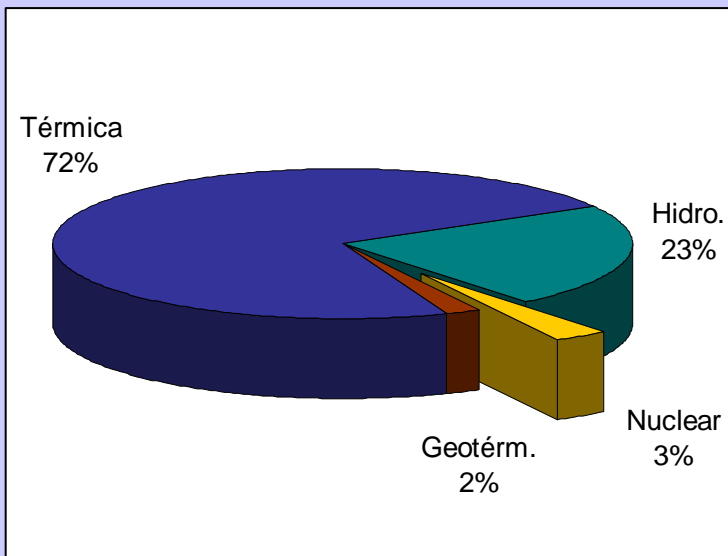
## PROYECTOS NUCLEARES

- Finalización de Angra-3
- Plan Nuclear: El gobierno espera licenciar la construcción de nuevas plantas nucleares en las regiones noreste y sureste del país en concordancia con el Plan Energético Nacional, que especifica 6.000 MWe de capacidad nuclear para 2030.
- Eletronuclear planea completar los primeros reactores en 2019, 2021, 2023 y 2025.

## REACTORES EN OPERACION

| Reactor        | Tipo | Potencia (MWe) | Operación Comercial |
|----------------|------|----------------|---------------------|
| Laguna Verde 1 | BWR  | 665.5          | 1990                |
| Laguna Verde 2 | BWR  | 665.5          | 1995                |

## POTENCIA INSTALADA POR FUENTE



## PROYECTOS NUCLEARES

- Instalación de nuevas turbinas y generadores en Laguna Verde para incrementar la potencia en 20%.
- Se ha creado un comité que ha recomendado la construcción de nuevas plantas para aumentar al 12% la participación nuclear en el país. La primer planta debería comenzar a operar en 2015, sumándose otras 7 para 2025.
- A largo plazo, México planea utilizar pequeños reactores tipo IRIS para generar energía y realizar el tratamiento de agua marina para uso agrícola.



# ***La Energía Nuclear en Argentina***



## Central Nuclear Atucha I



- Entrada en servicio: 1974
- Tipo de Reactor: PHWR.
- Combustible: Uranio Natural o ULE
- Moderador y Refrigerante: Agua Pesada
- Potencia Térmica: 1.179 MWt
- Potencia Eléctrica: 357 MWe (1.4% de la P.Inst.Arg.)
- Genera > 2 millones de MWh por año

## Central Nuclear Embalse



- Entrada en servicio: 1984
- Tipo de Reactor: PHWR.
- Combustible: Uranio Natural.
- Moderador y Refrigerante: Agua Pesada
- Potencia Térmica: 2.065 MWt
- Potencia Eléctrica: 648 MWe (2.6% de la P.Inst.Arg.)
- Genera > 5 millones de MWh por año

## Central Nuclear Atucha II



Tipo de Reactor: PHWR.

Combustible: Uranio Natural.

Moderador y Refrigerante: Agua Pesada

Potencia Térmica: 2.175 MWt

Potencia Eléctrica: 745 MWe Brutos

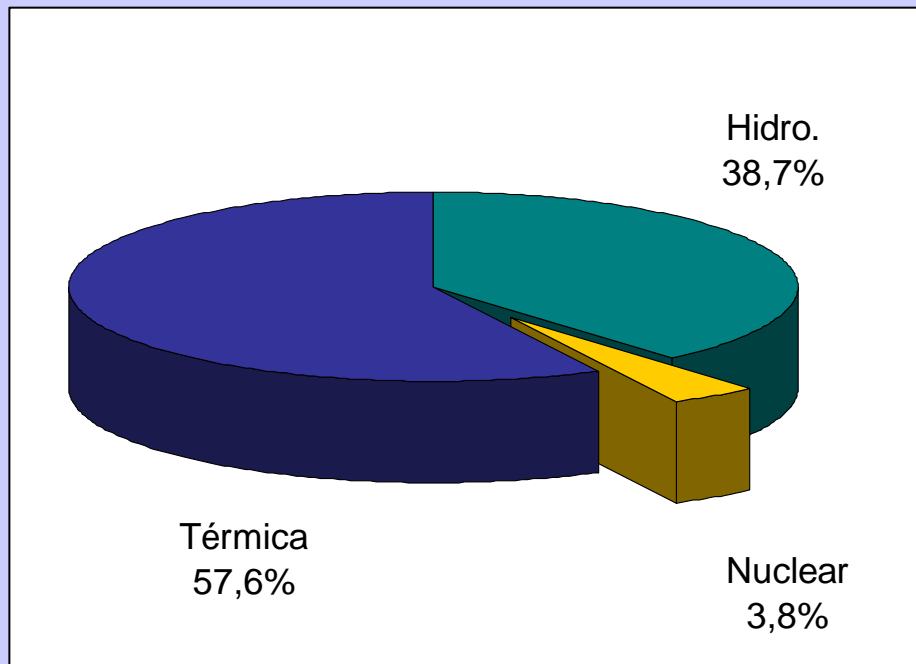
Entrada en servicio prevista : 2011



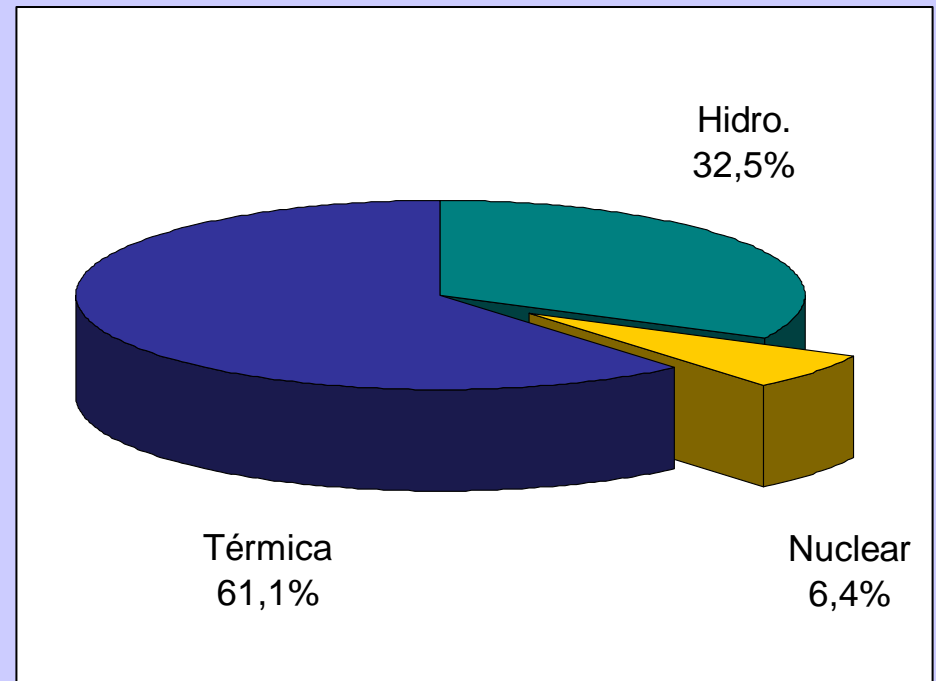
***Aporte de la Generación Nuclear al  
Abastecimiento Eléctrico en Argentina***

# Sistema Eléctrico Argentino

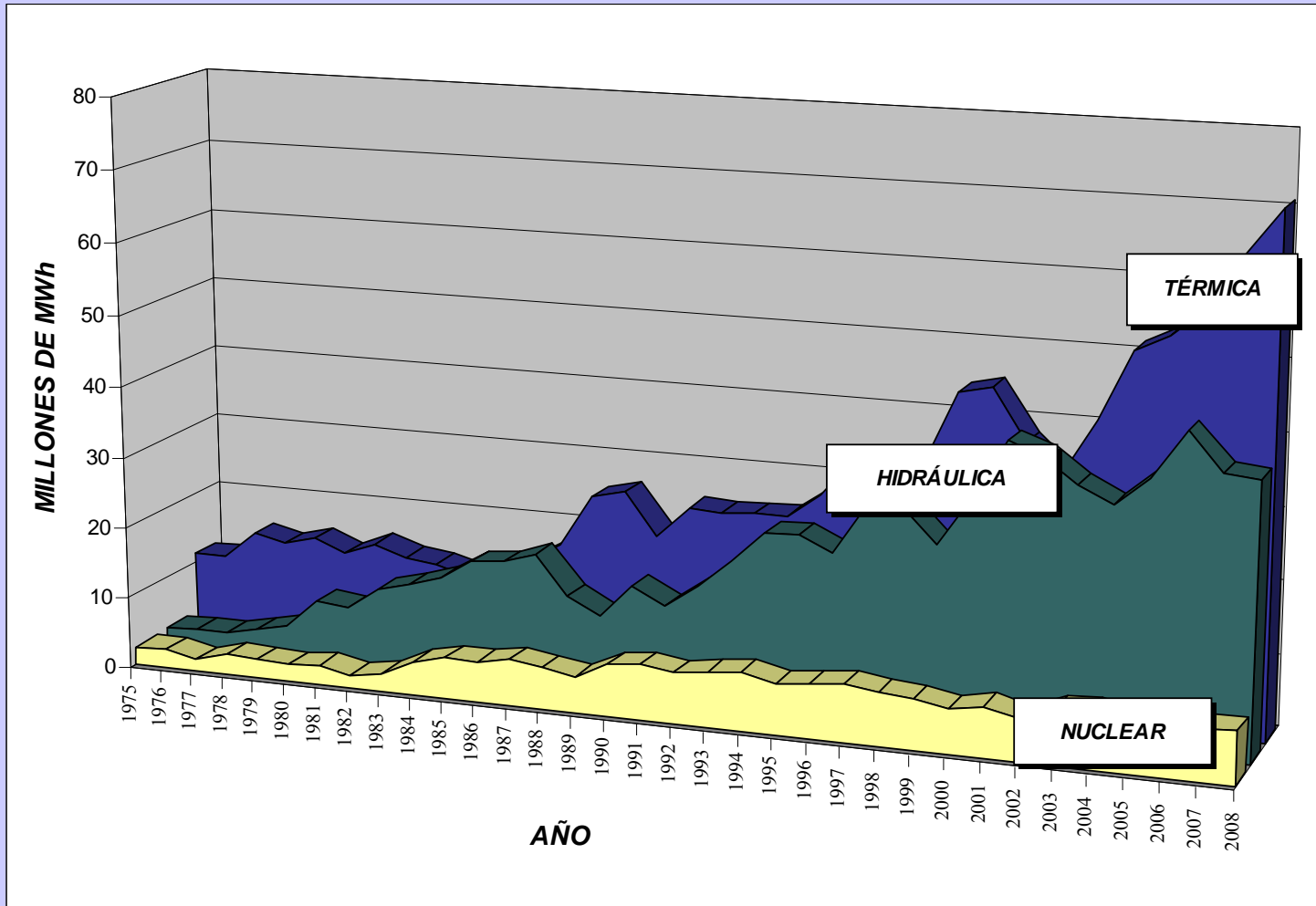
## Potencia Instalada (Julio 2009)



## Energía Generada (Total Año 2008)



# Energía Generada por Fuente



## Datos de Performance de Centrales Nucleares

| Centrales    | FACTORES DE CARGA         |  |
|--------------|---------------------------|--|
|              | Año 2009<br>(hasta 07/09) | Acumulado desde su<br>entrada en<br>operación<br>(hasta 07/09) |
| CNA I        | 93.93                     | 69.97  |
| CNE          | 99.38                     | 85.18  |
| <b>TOTAL</b> | <b>97.45</b>              | <b>78.64</b>   |



## Beneficios de las Centrales Nucleares

- Diversificación de la Matriz Energética Nacional.
- Sustitución de combustibles fósiles.
- Bajo costo variable de producción.
- Baja significativa en las emisiones de GEI.
- Alto factor de disponibilidad.

## Datos de Interés

- Desde 1974, CNAI + CNE sustituyeron:  $\approx 37 \text{ Mdam}^3$  de GN (CC) o  $\approx 43 \text{ Mton}$  de Fuel Oil (TV)
- Argentina es el 3º productor mundial de Cobalto-60 (5% del total mundial)





## ***El Sector Nuclear Argentino***



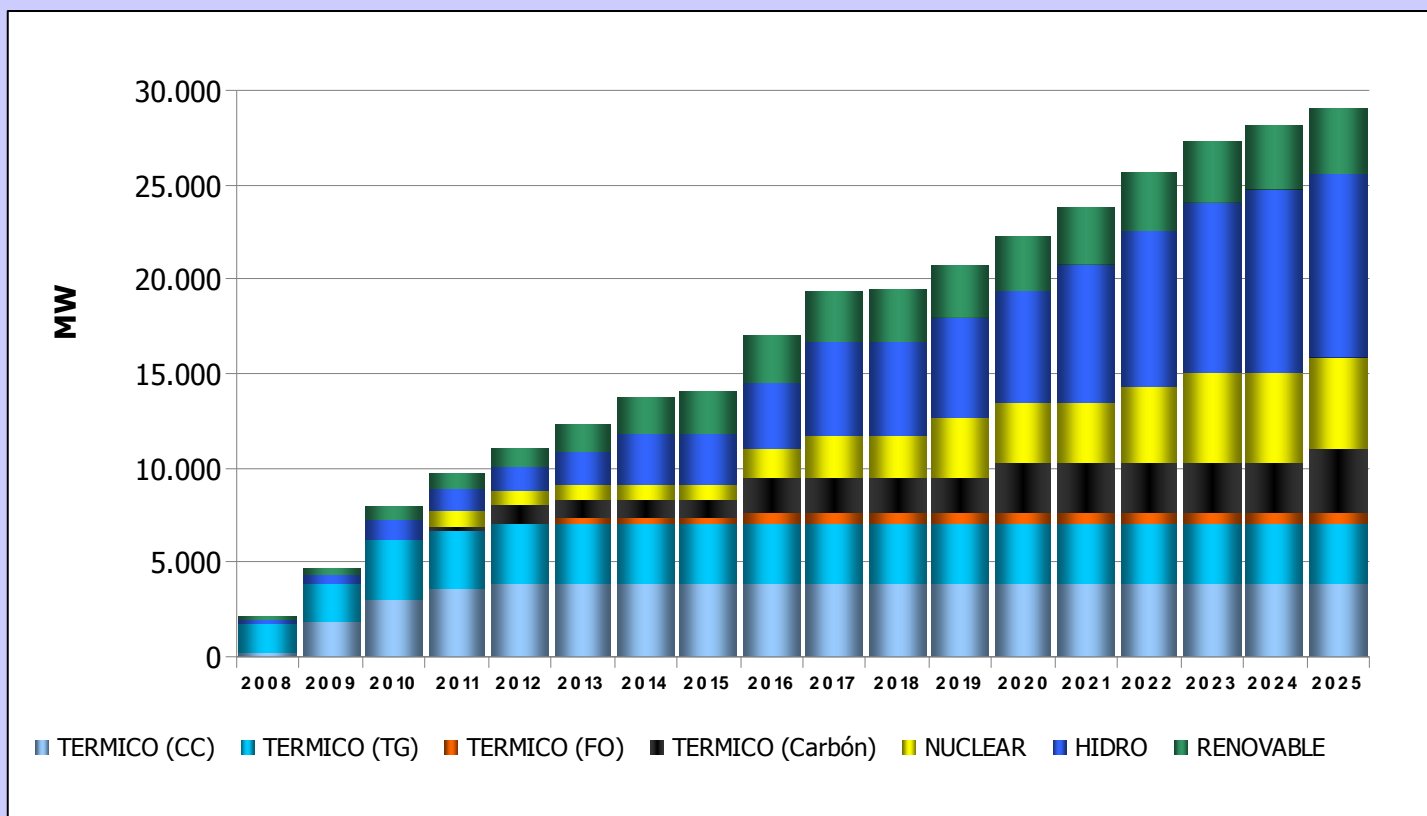
## **El Sector Nuclear Argentino**

- **NASA (Operación y Construcción de Centrales Nucleares)**
- **CONUAR (Fábrica Elementos Combustibles )**
- **ENSI-PIAP (Planta de Agua Pesada)**
- **DIOXITEK (Producción de  $UO_2$ , prod. y com. de fuentes de Co60)**
- **FAE (Elementos de Zircaloy)**
- **CNEA (C.Nac.Energía Atómica)**
- **INVAP (Ing. y Construcc. Reactores)**
- **Minería de Uranio**



## ***Proyectos a Mediano y Largo Plazo***

# Evolución de la nueva potencia a instalar en la Argentina Escenario Estructural



# Proyectos Nucleares

**CNA-II  
745 MW**



**2011**

**PEV CNE  
683 MW**



**2011 2012**

**CN-IV  
1500 MW**



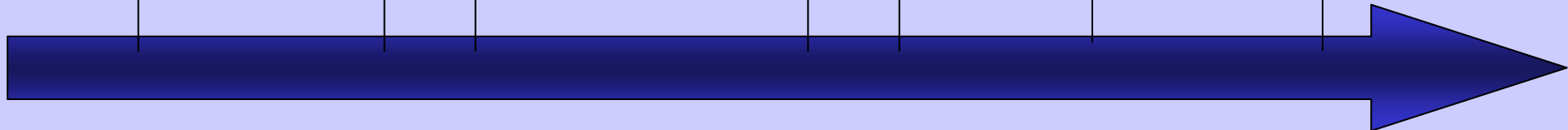
**2016 2017**

**~3000 MW**



**2019**

**2025**





***Extensión de Vida y Repotenciación de la  
Central Nuclear Embalse***



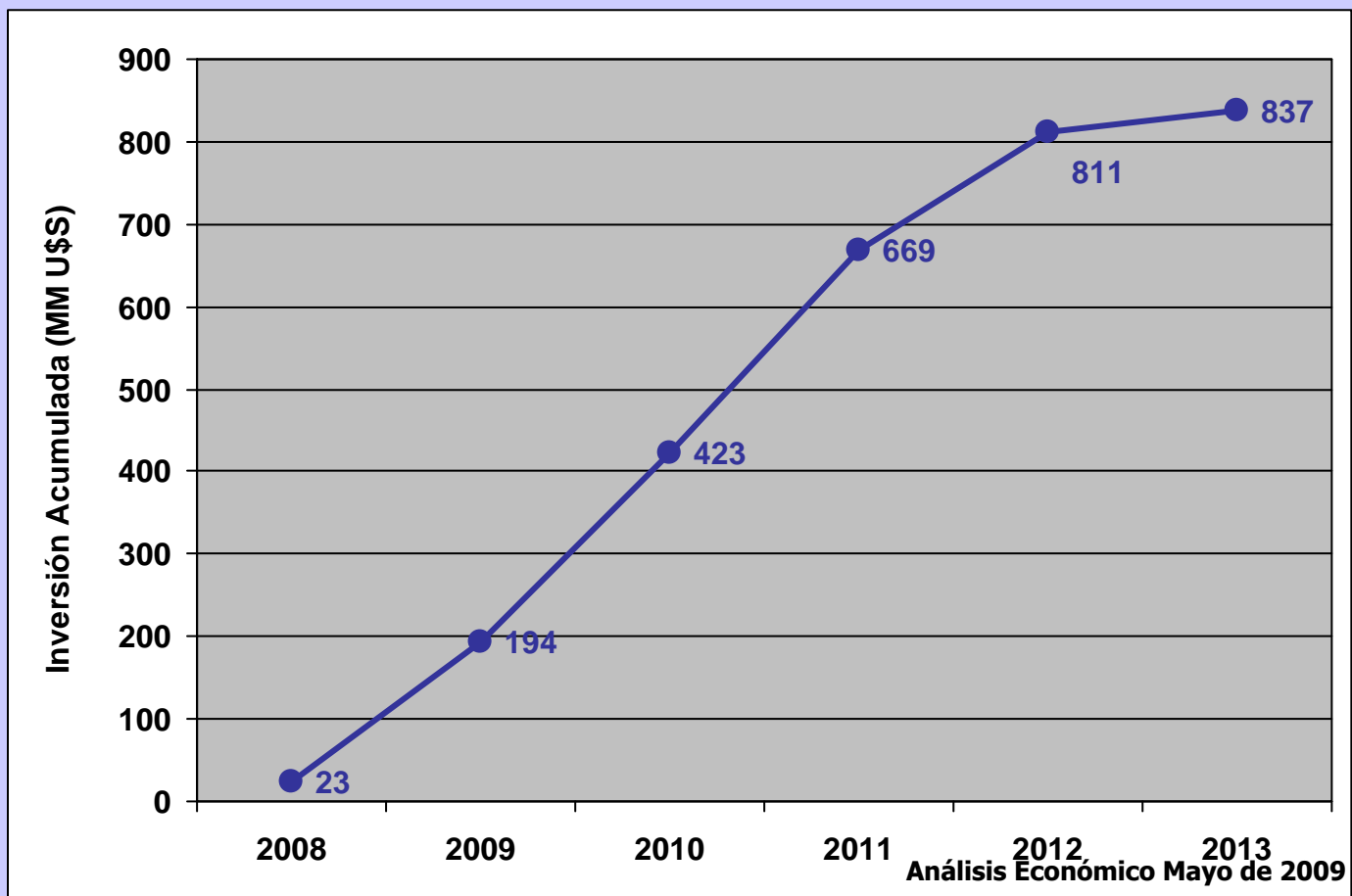
## Definición del Proyecto

- ✚ **Extender la vida útil de la Central para adicionar 25 años de operación Segura, Confiable y Competitiva, disminuyendo el sector eléctrico su aporte a los Gases de Efecto Invernadero**
- ✚ **Incrementar la potencia eléctrica en ~35 MWe (hasta 683 MW)**



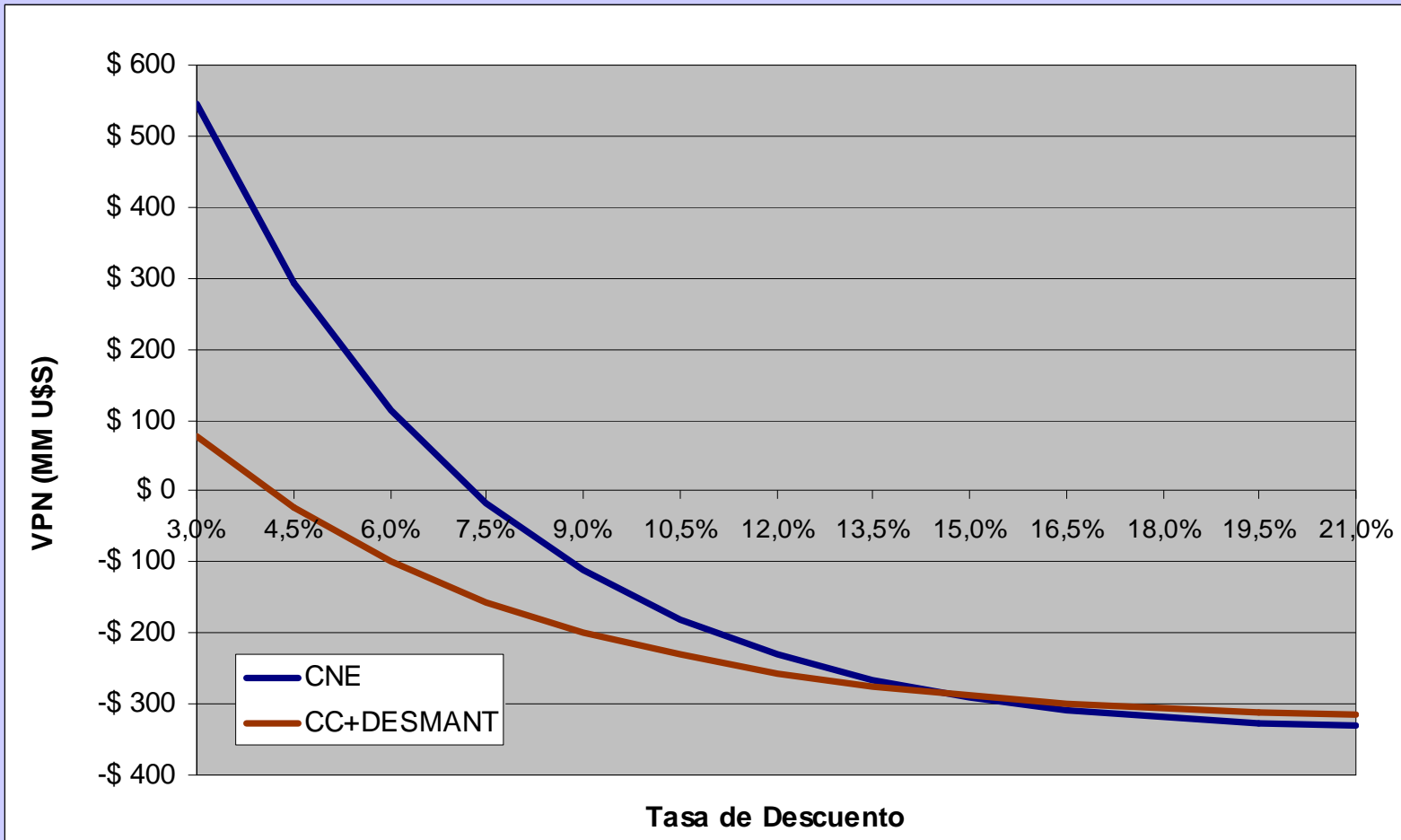


## Distribución de Inversiones



# Comparación de Inversiones

## Extensión de Vida CNE vs. Ciclo Combinado + Desmantelamiento





## Beneficios de la CNE

- ✚ **Provee el 5% de la Energía del MEM**
- ✚ **Suministro confiable (FC > 85%)**
- ✚ **Bajo costo variable de producción**
- ✚ **Significa ~ 550 puestos de trabajo directos**
- ✚ **Genera ~ 1200 puestos de trabajo indirectos en la comunidad**
- ✚ **Sustituyó ~ 27 Millones Tn Fuel Oil ó**
  - ✚ **~ 23 Mdam<sup>3</sup> Gas Natural**
- ✚ **Desde 1984 produjo ~ 65.800.000 Ci de Co60**
- ✚ **Permite ahorrar ~ 2 x 10<sup>6</sup> Tn de CO<sub>2</sub> anuales**



***Proyecto  
Cuarta Central Nuclear Argentina***



## **1. Definición del Proyecto**

El Proyecto tiene por objetivo obtener la ingeniería, construcción, montaje, puesta en marcha y operación comercial de una nueva Central Nuclear, tomando como referencia una Planta CANDU de última generación en funcionamiento (Central Nuclear de Qinshan en China), con un objetivo de al menos 50% de componentes nacionales.

## **2. Economía de Escala**

La propuesta se basa en una Central con 2 unidades similares, difiriendo en el tiempo la construcción de cada unidad entre 9 y 12 meses, para alcanzar Economía de Escala, entre otros aspectos en el Project Management, Abastecimiento de Equipos, Construcción y Puesta en Marcha.



### 3. Datos Técnicos



|                                 | <b>1 Unidad</b> | <b>2 Unidades</b> |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|
| Tipo de Reactor                 | PHWR            | PHWR              |
| Potencia Bruta (MWe)            | 740             | 1.480             |
| Potencia Neta (MWe)             | 690             | 1.380             |
| Factor de Carga Promedio (%)    | 88              | 88                |
| Generación Anual Promedio (MWh) | 5.300.000       | 10.600.000        |
| Duración Proyecto (meses)       | 69              | 78                |



## 4. Beneficios del Proyecto

- Consolidación del desarrollo del sector nuclear argentino.
- Incorporación de los sectores industrial y de servicios al desarrollo del Sector Nuclear.
- Posibilidad de participación en proyectos CANDU fuera del país.
- Transferencia de tecnología con el fin de que NASA se constituya en Autoridad de Diseño para otras Centrales Nucleares.



## 5. Criterios de decisión

- Competitividad
- Seguridad
- Gestión de Residuos
- No Proliferación
- Sitio
- Módulo
- Consolidación del Sector Nuclear Argentino
- Desarrollo de Recursos Humanos
- Desarrollo Industria local
- Aceptación Pública





***Muchas Gracias***