



El estado de los materiales nucleares en Sudamérica

Gonzalo Gutiérrez,

Departamento de Física, Facultad de Ciencias,
Universidad de Chile

gonzalo@fisica.ciencias.uchile.cl

Universidad Austral, 17 Abril 2012

Energía

Definición según diccionario Real Academia Española:
(www.rae.es)

energía.

Artículo enmendado

(Del lat. *energīa*, y este del gr. ἐνέργεια).

1. f. Eficacia, poder, virtud para obrar.

2. f. *Fís.* Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios. (Símb. *E*).

~ atómica.

1. f. energía nuclear.

~ cinética.

1. f. *Fís.* La que posee un cuerpo por razón de su movimiento.

~ de ionización.

1. f. *Fís.* **energía** mínima necesaria para ionizar una molécula o átomo.

~ nuclear.

1. f. La obtenida por la fusión o fisión de núcleos atómicos.

~ potencial.

1. f. *Fís.* Capacidad de un cuerpo para realizar trabajo en razón de su posición en un campo de fuerzas.

~ radiante.

1. f. *Fís.* **energía** existente en un medio físico, causada por ondas electromagnéticas, mediante las cuales se propaga directamente sin desplazamiento de la materia.

2. f. *Fís.* **energía** causada por una corriente de partículas, como electrones, protones, etc.

Definición energía

En **tecnología y economía**, una fuente de energía es un recurso natural, así como la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial y económico del mismo.

La energía en sí misma a veces es un bien para el consumo final, y otras veces es un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios.

Al ser un bien escaso, la energía es fuente de conflictos por el control de los recursos energéticos.

(adaptado wikipedia, Marzo 2011)

Matriz energética

Conjunto de energías que alimentan un país

Su estructura depende de varios factores, entre ellos:

- modelo de desarrollo y estructura económica del país:
demanda energética por sectores, respeto al medio ambiente
- geografía económica del país: fuentes primarias disponibles
- situación geopolítica: ubicación geográfica y condicionantes políticas
- condicionantes históricas

Chile: matriz energética primaria

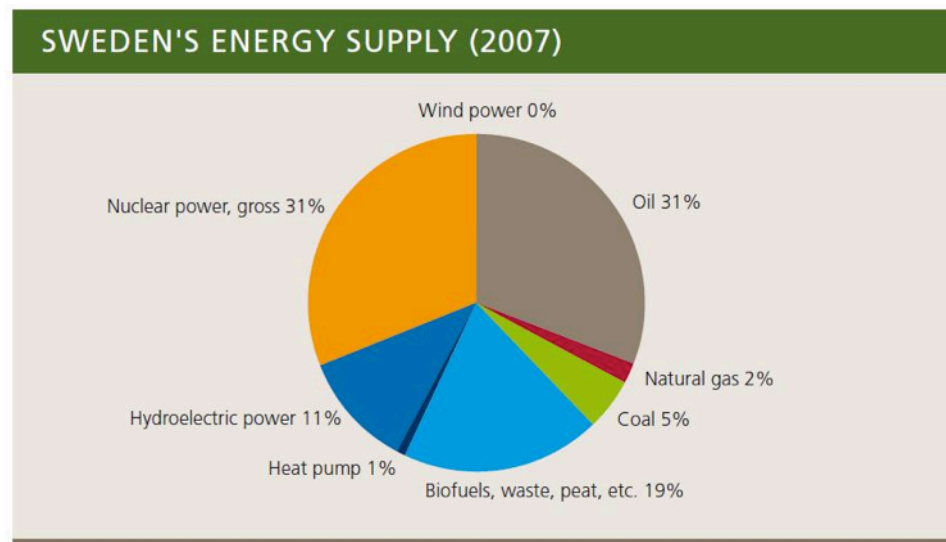
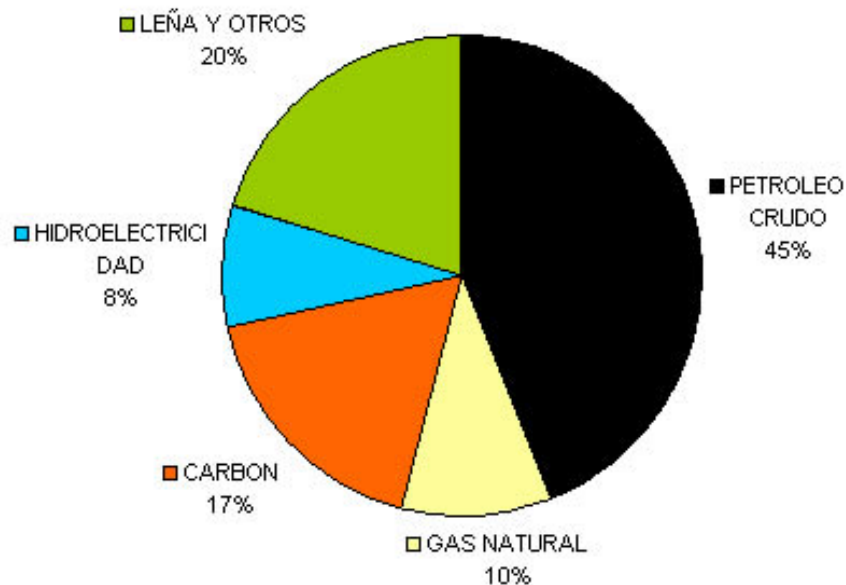
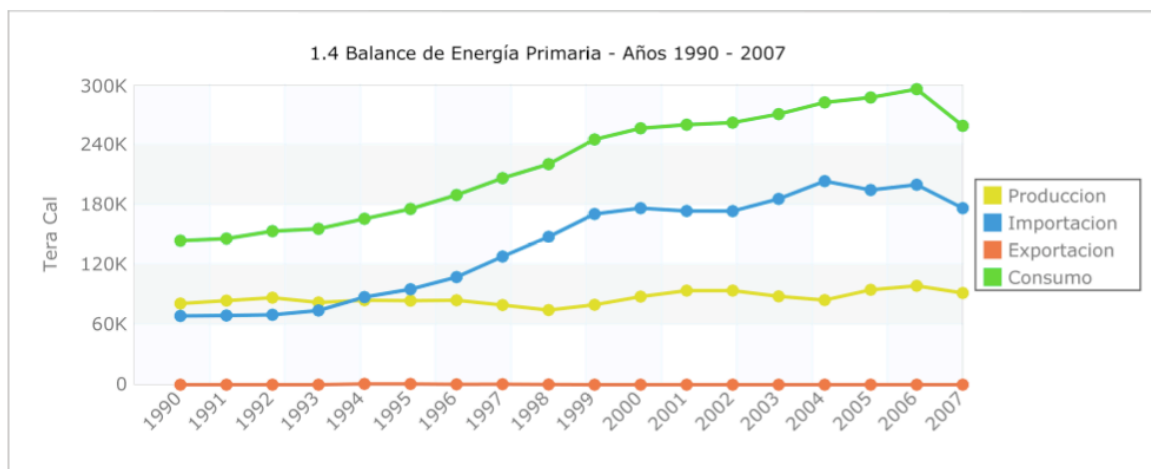
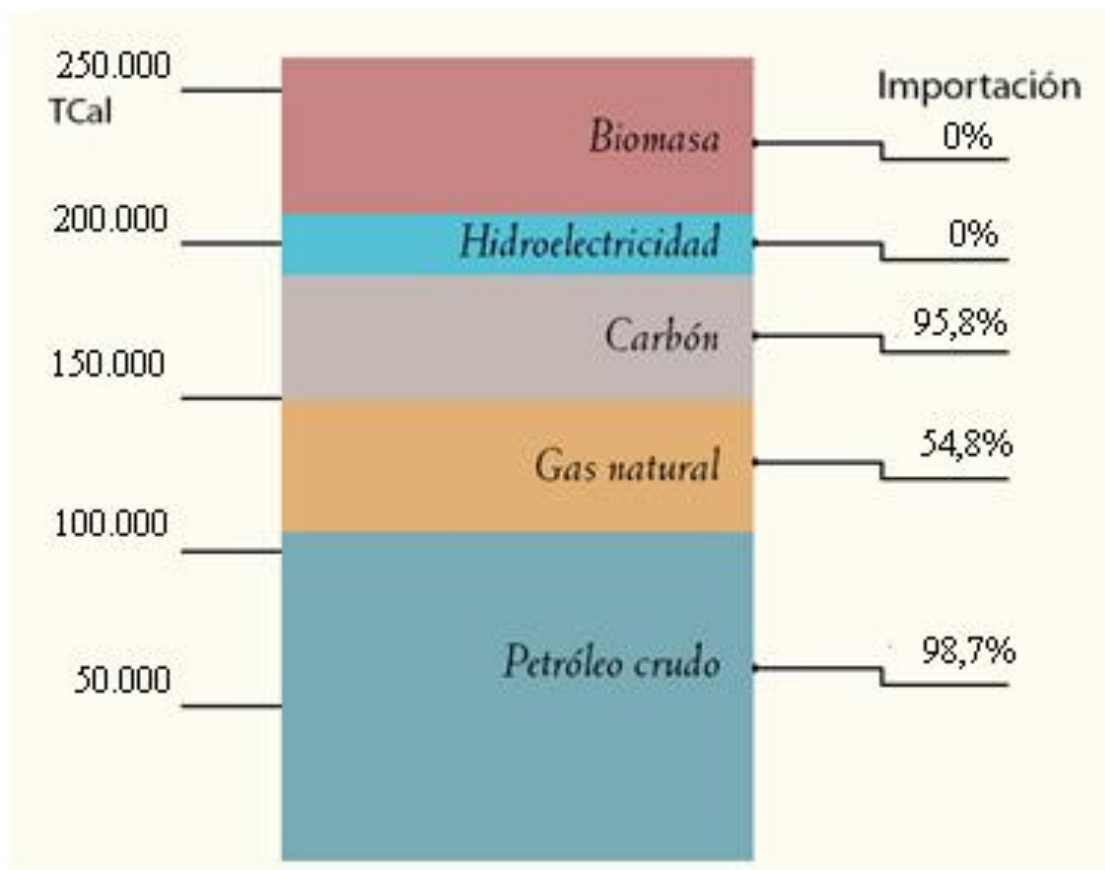


Figure 6. Sweden's energy supply 2007. Total 624 TWh. Heat pumps in the diagram refer to large heat pumps in the energy sector. See Table 5.



Chile: matriz energética primaria (cont)



Dependencia
externa 2008

En el balance primario de Chile, el nivel de importaciones equivale al 68% del consumo

La “cuestión” de la energía

-la energía es un insumo indispensable y fundamental para asegurar el desarrollo económico de un país (Smil)

-en el mundo moderno ha sido tal vez más decisiva que la materias primas y las condiciones geográficas (Wrigley y las razones de la revolución industrial inglesa)

-la disponibilidad de energía ha moldeado al tipo de sociedad que existe

Así, la cuestión de la energía no es sólo un problema técnico o ecológico.

Es por sobre todo un problema socio-político

¿Cómo diseñar la matriz energética?

Existe un variado menú a disposición:

Energías renovables y no-renovables

Las **energías primarias** se clasifican primeramente en

renovables:
fuentes de uso
sustentable
en el tiempo

Hidroenergía
Geotermia
Eólica
Solar
Biomasa
Oceánica
Hidro pequeña

Energía
Renovables
No
Convencionales
ERNC

no renovables:
fuentes de uso
limitado
en el tiempo.

Petróleo crudo
Gas Natural
Carbón mineral

Nuclear

hidrocarburos

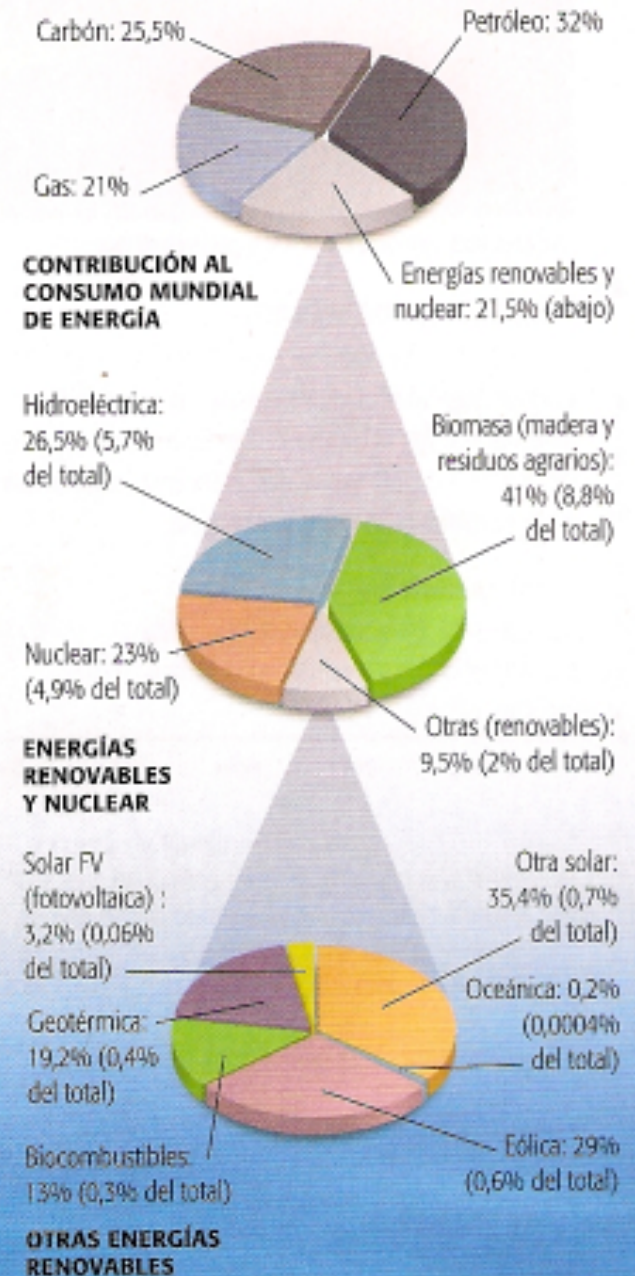
Energías renovables y no-renovables: el mundo

Consumo mundial de energía 2007:

Energías renovables: 16,6 %
(hidroeléctrica, biomasa, leños solar y eólica 0,6%)

Energías no-renovables: 83,4 %
(petróleo, carbón, gas, leños nuclear 5%)

(Enciclopedia Ciencia, Adam H .Davis, 2010)



El debate energético

¿por qué la energía “se ha tomado” la agenda pública?

Contexto internacional

- Agotamiento de fuentes fósiles: producción petróleo llegó a su peak
- Consideraciones medio-ambientales: calentamiento global, consecuencias física y sociales (Cumbre Rio 1992, IPCC)
- Creciente demanda energética: China e India

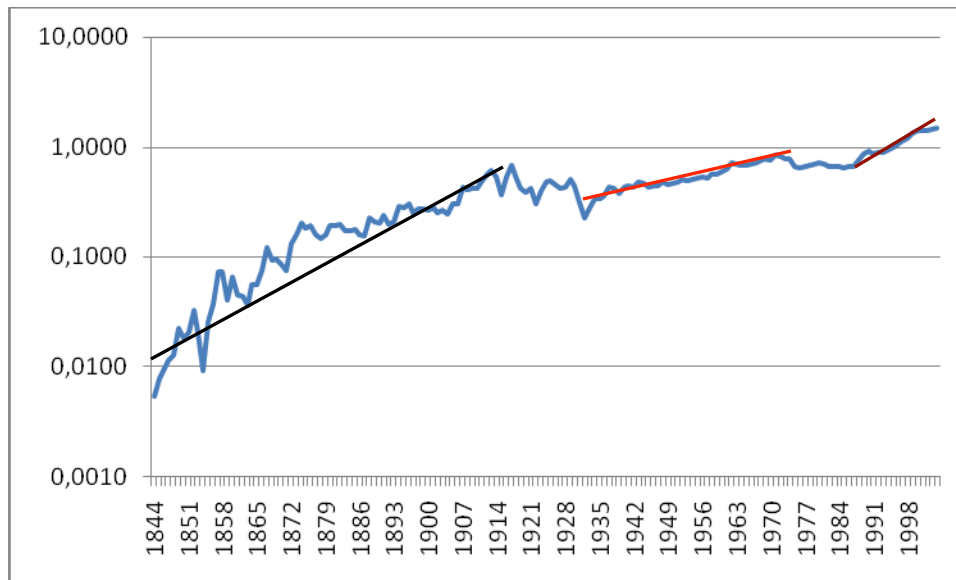
El debate energético (cont)

Contexto nacional

1) modelo de desarrollo chileno: “chilean way” implica mayor consumo de energía

-Crecimiento del 5,5% entre 1990-2006

-Desarrollo basado en explotación de materias primas, muy intensivo en energía



Consumo de energías modernas por habitante en Chile, 1844-2004 (TEP)

Fuente: C. Yáñez, *El consumo de energía primaria moderna y el desempeño de la economía chilena en el largo plazo (1844-2004)*, Actas Congreso Historia Ec., 2011.

El debate energético Contexto nacional (cont)

2) Ciudadanía en democracia

-se intuye que energía es clave para los grandes proyectos de inversión en el futuro (minería...)

-país con gran desigualdad:

Ingreso del 20% más rico es 15,6 mayor al de 20% pobre
2006: 10% más rico captaba 37,2% ingreso p/c hogar,
40% más pobre captaba 14,6%

-ciudadanía con voz y deseos de participar en decisiones

“o se decide en conjunto que hacer y como se reparten las riquezas, o no estamos dispuestos a ceder nuestra naturaleza para crear más desigualdad”

Manifestante en marcha contra HidroAysén, Mayo 2011

¿Es la energía nucleoelectrónica una opción para Chile?

¿Que es la energía nuclear?

Energía producida a partir de romper o juntar núcleos atómicos

- **Fisión**

- Un núcleo de gran número másico se separa en dos núcleos más pequeños

- **Fusión**

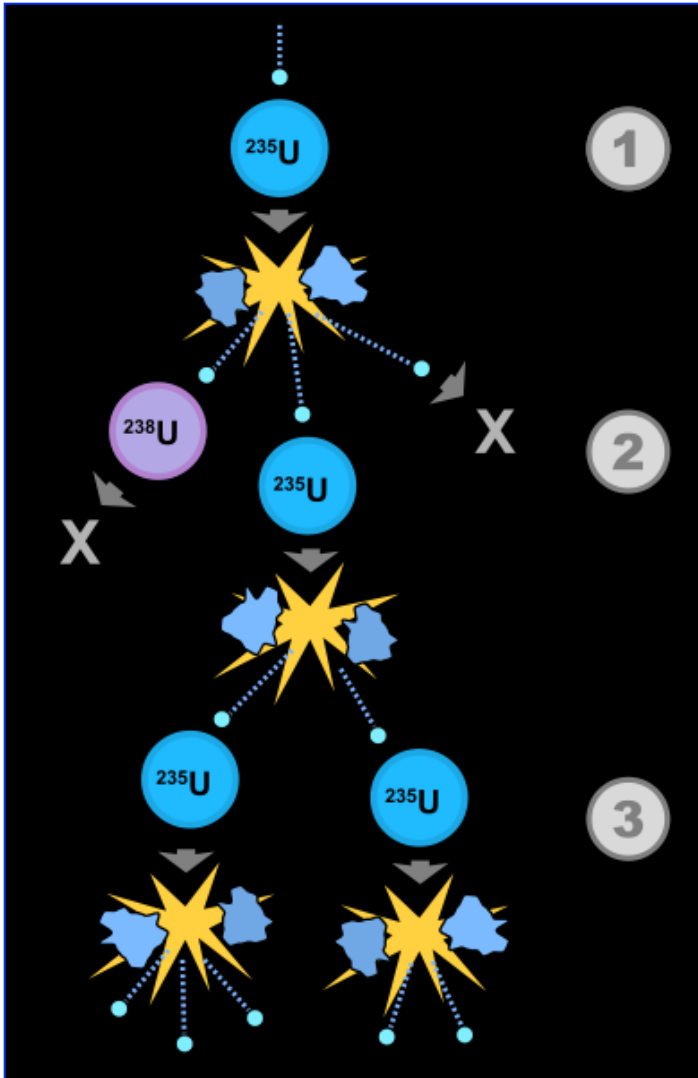
- Dos núcleos livianos se juntan para formar un núcleo más grande

En ambos caso se libera gran cantidad de energía

Fisión

Algunas desintegraciones nucleares emiten neutrones, que a su vez pueden romper otros núcleos...

Reacción en cadena



Proceso controlado, estable (crítico)

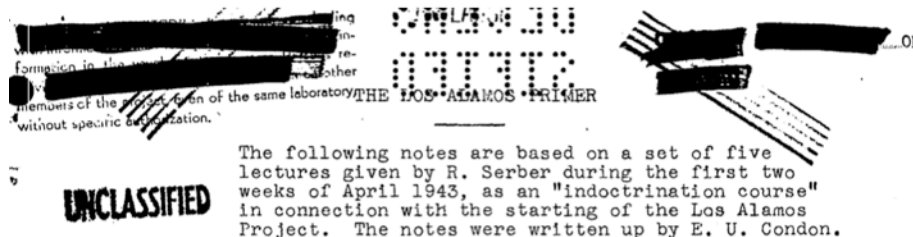


Proceso inestable, descontrolado (súper crítico)



Aplicaciones militares

Recientes trabajos realizados por Enrico Fermi y Leo Szilard, cuya versión manuscrita ha llegado a mi conocimiento, me hacen suponer que el elemento uranio puede convertirse en una nueva e importante fuente de energía en un futuro inmediato[...] se ha abierto la posibilidad de realizar una reacción nuclear en cadena en una amplia masa de uranio mediante lo cual se generaría una gran cantidad de energía[...] Este nuevo fenómeno podría conducir a la fabricación de bombas y, aunque con menos certeza, es probable que con este procedimiento se pueda construir bombas de nuevo tipo y extremadamente potentes.
Carta de Einstein enviada a Roosevelt.



UNCLASSIFIED

Bob Serber

1. Object

The object of the project is to produce a practical military weapon in the form of a bomb in which the energy is released by a fast neutron chain reaction in one or more of the materials known to show nuclear fission.

2. Energy of Fission Process

The direct energy release in the fission process is of the order of 170 MEV per atom. This is considerably more than 10^7 times the heat of reaction per atom in ordinary combustion processes.

This is $170 \cdot 10^6 \cdot 4.8 \cdot 10^{-10} / 300 = 2.7 \cdot 10^{-4}$ erg/nucleus. Since the weight of 1 nucleus of 25 is $3.88 \cdot 10^{-22}$ gram/nucleus the energy release is

$$7 \cdot 10^{17} \text{ erg/gram}$$

The energy release in TNT is $4 \cdot 10^{10}$ erg/gram or $3.6 \cdot 10^{16}$ erg/ton. Hence

$$1 \text{ kg of } 25 \approx 20000 \text{ tons of TNT}$$

3. Fast Neutron Chain Reaction

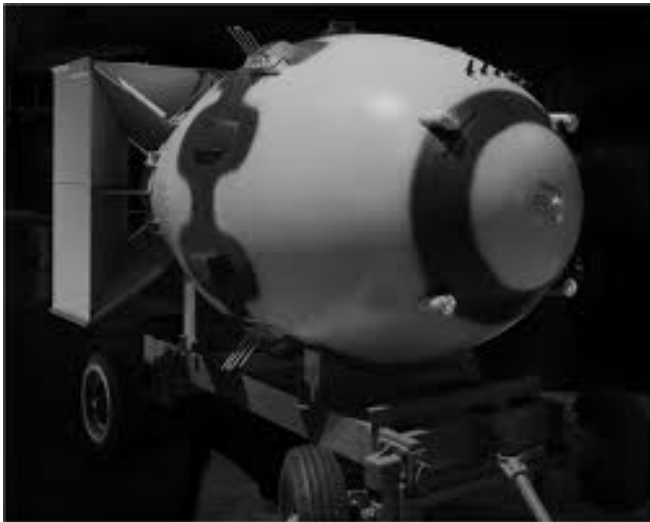
Release of this energy in a large scale way is a possibility because of the fact that in each fission process, which requires a neutron to produce it, two neutrons are released. Con-



Aplicaciones militares



Little boy:
bomba de
Uranio 235
Hiroshima, Lu.
6 Agosto 1945



Fat man:
bomba de
plutonio,
Nagasaki, Jue.
9 Agosto 1945.



Aplicaciones pacíficas

- Producción de electricidad:
reactores de potencia



- Medicina: radioisótopos,
exámenes

 **Nuclear Medicine**

Diagnostic **Therapeutic**



Typically short half life (hours to days)

Briefing for Media

A slide titled "Nuclear Medicine" with a logo in the top left corner. It is divided into two sections: "Diagnostic" and "Therapeutic". Under "Diagnostic", there are two images: one showing a gloved hand holding a syringe and another showing a patient sitting in a large circular scanner. Under "Therapeutic", there is one image showing a patient sitting at a table with a medical professional. Below the images, it says "Typically short half life (hours to days)" and "Briefing for Media".

- Agricultura

- Construcción

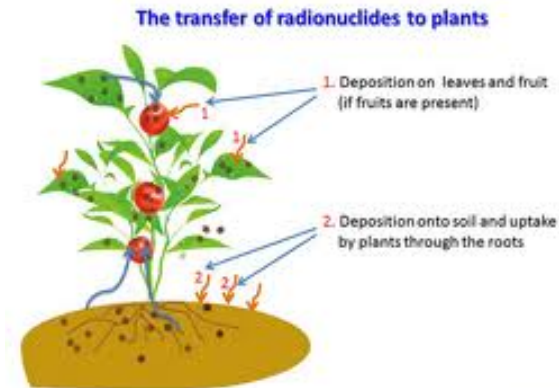
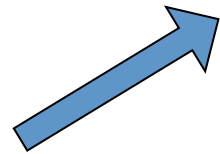
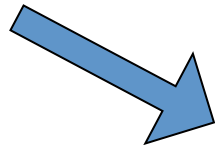


Figure 4: The transfer of radioactive material (radionuclides) to plants
U. Austral / Gonzalo Gutiérrez, U Chile

Reactor Nucleares

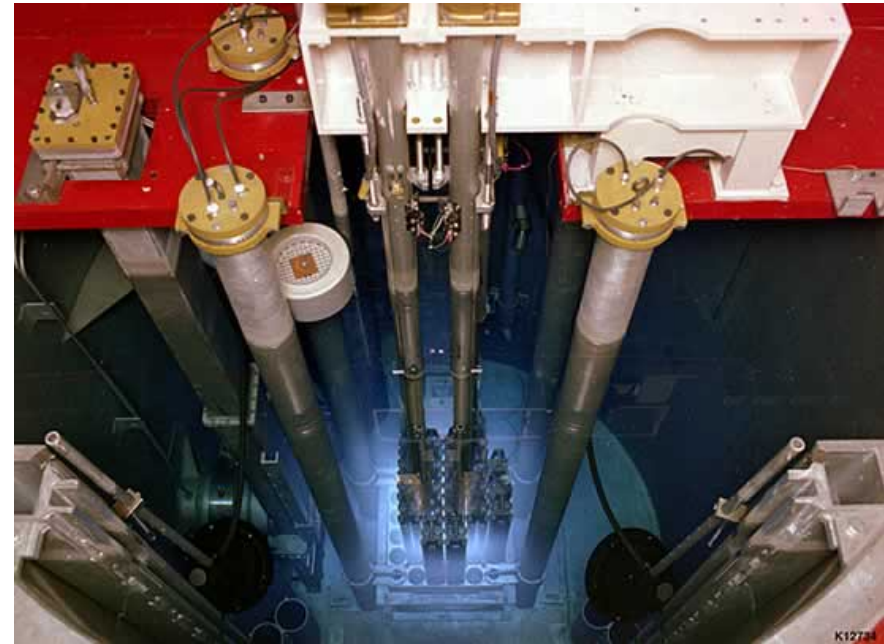
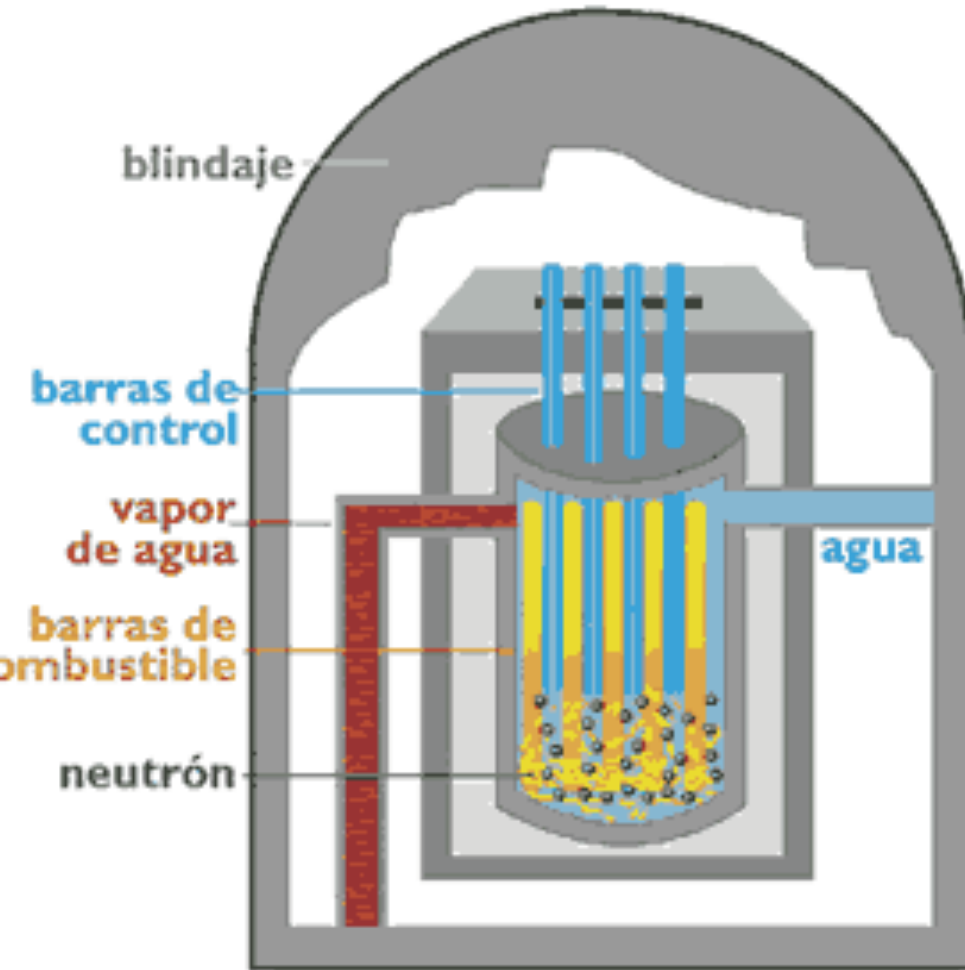


De potencia: para producir electricidad
(aprox. 1 GW)

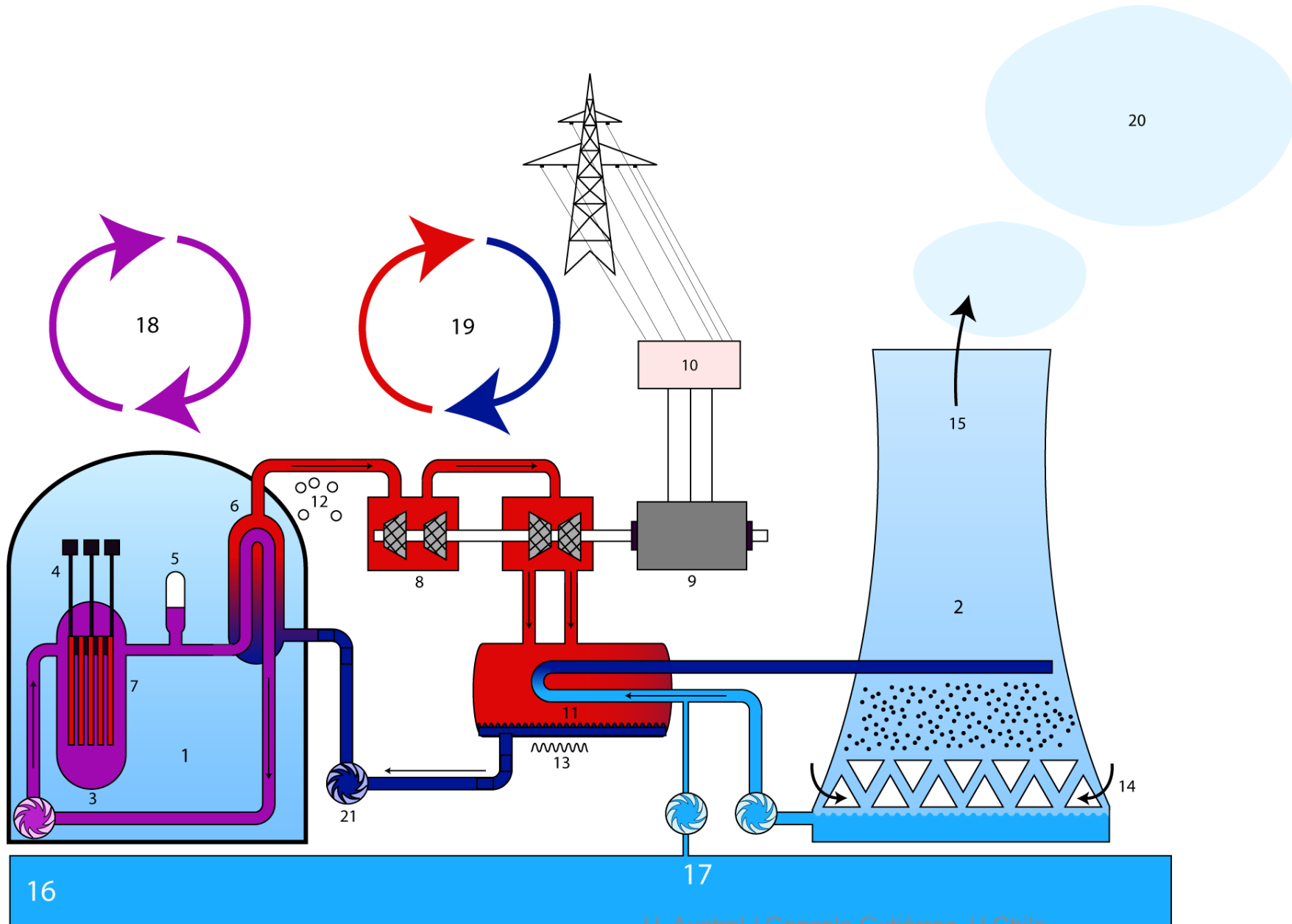


Experimentales: usos materiales,
médicos, (aprox. 5 MW)

Reactor Nucleares: núcleo



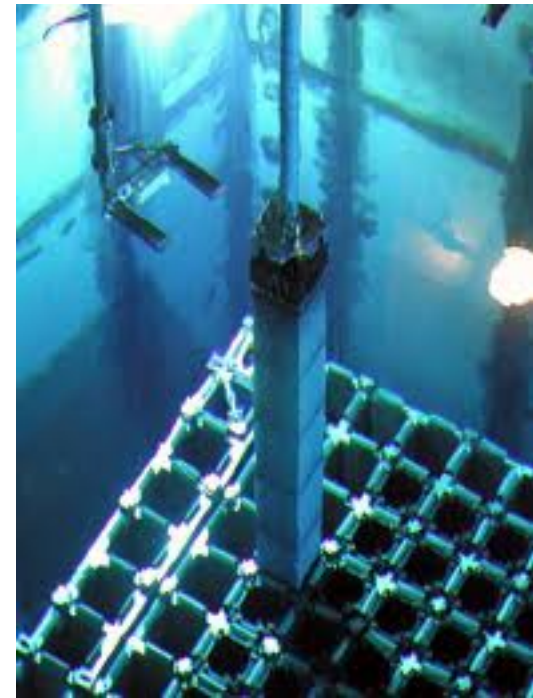
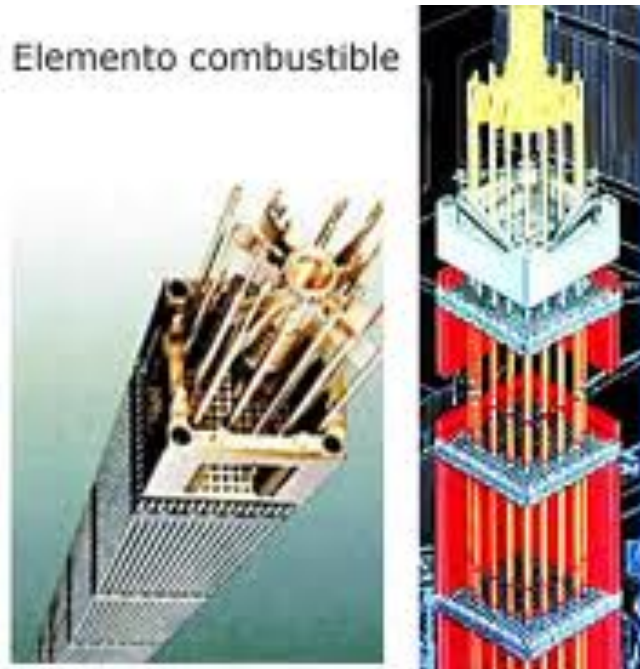
Reactor Nuclear (tipo PWR)



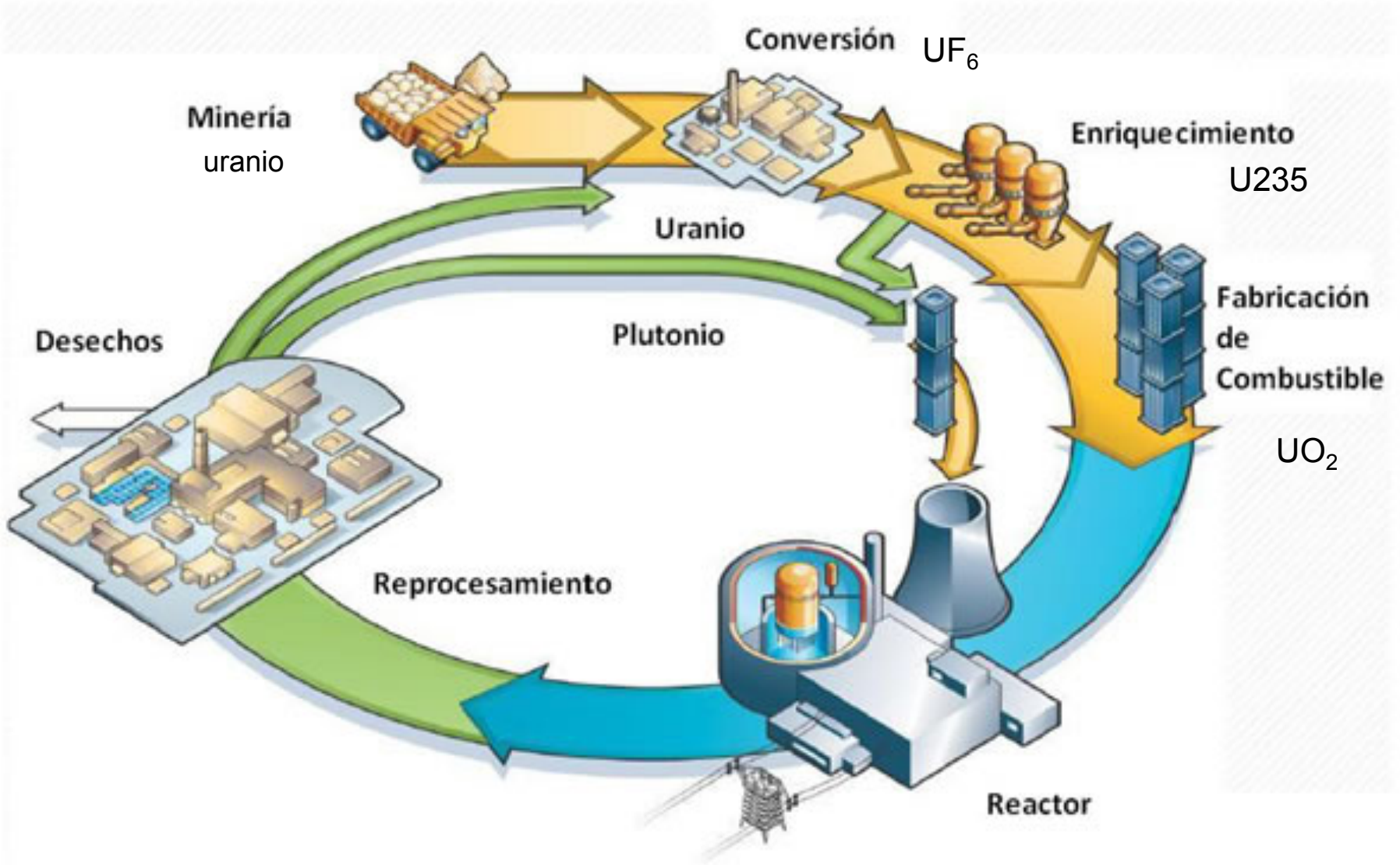
Elementos combustibles



Elemento combustible



Ciclo del combustible



Situación reactores sudamérica

Argentina:

- 3 reactores de potencia funcionando (Atucha)
- fabrica y vende reactores experimentales (Bariloche)
- puede enriquecer uranio (Pilcomayo)

Brasil:

- Dos reactores de potencia (Angra Reis)

Chile:

- dos reactores experimentales
- fabrica elementos combustibles

Reactores Chile



Centro La Reina



Centro Lo Aguirre

Comisión Chilena de Energía Nuclear, CCHEN, www.cchen.cl

Los inicios

La CCHEN se crea en 1965, a instancias del Dr. Eduardo Cruz-Coke

Atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia y uso pacífico de la energía atómica y los materiales fértiles, fisionables y radiactivos



ca. 1935

E. Cruz-Coke

Benjamín Viel

Chile: infraestructura

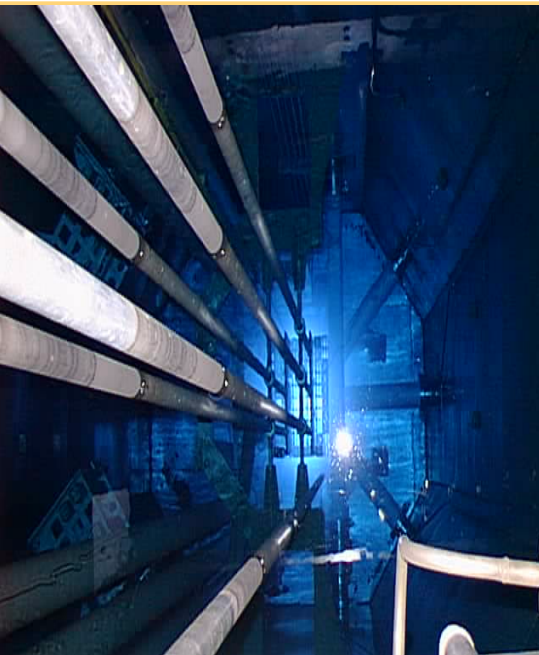
La Reina

- Reactor Nuclear Investigación de 5 MW
- Acelerador de Partículas, Ciclotrón, tipo Cyclone 18/9
- Generador Potencia Pulsada, Speed2
- 3 Irradiadores Exp., Cobalto⁶⁰ y Cesio¹³⁷
- Laboratorios:
 - Producción Radioisótopos y Radiofármacos
 - Análisis por Activación Neutrónica
 - Radiactividad Ambiental
 - Radiomedicina
 - Aplicación de Trazadores
 - Laboratorio de Isótopos Ambientales
 - Técnicas Nucleares en Agricultura
 - Dosimetría Personal
 - Caracterización Física
 - Física de Plasma
 - Procesamiento de Tejidos Biológicos
 - Metrología Química y de Radiaciones Ionizantes.
 - Talleres

Lo Aguirre

- Reactor Nuclear Investigación de 10 MW
- Plantas:
 - Fabricación de Elementos Combustibles
 - Irradiación Multipropósito
 - Acondicionamiento de desechos radiactivos
 - Almacenamiento de desechos radiactivos
 - Hidrometalurgia de Uranio (piloto)
 - Radioquímica
- Laboratorios:
 - Análisis Químico, convencional
 - Fluorescencia de Rayos X.
 - Geología y Minería
 - Talleres

Chile: infraestructura La Reina



Los primeros 20 años

Instalación

- producción radioisótopos y radiofármacos, 1968
- aplicaciones de las irradiación, 1969
- aplicaciones a la industria y medio ambiente: trazadores, 1969
- investigaciones geológicas, 1969
- procesos metalúrgicos, 1969
- culmina con la puesta a crítico Reactor La Reina, 1969-1974

Consolidación

- producción rutinaria RI & RF, 1975
- Planta irradiación multipropósito, 1978-1979.
- Trazadores en minería (1976), en industria (1984).
- Aplicaciones en agricultura, 1981.
- Carta pronóstico Uranio, 1975-85
- hidrometalurgia mineral uranio: yellow cake y concentrado 1975-85
- combustible para reactores de investigación, 1981, 1986

Chile: infraestructura Lo Aguirre



Cont.1965-1985

Además, se desarrollaron otras tareas:

- Regulación, fiscalización y control
- capacitación y difusión
- relaciones internacionales
- redacción de leyes, decretos y reglamentos
- Producción y servicios: análisis químico, isótopos, instrumentación
- estudios sobre energía nuclear de potencia: 1969, 1975-79, 1983

Los años recientes: 1985-2010

- aplicación medioambiental: tratamiento gases, aguas servidas, 1993
- metrología química, 1993: metales traza en mar, aerosoles
- banco de tejidos, 2000
- ciclotrón + PET, 2003: impulso medicina nuclear
- detector minas antipersonales, 2008
- monitoreo a distancia, 2009

- desarrollo de la tecnología de sinterización al vacío, 1990-93
- elementos combustibles RECH-1, 1994-2000
- conversión de UF_6 en U metálico, 2003-2010.

- física del plasma y fusión nuclear: 1995;
- potencia pulsada, speed 2, 2002
- plasmas densos en dispositivos pequeños, 2000-2009

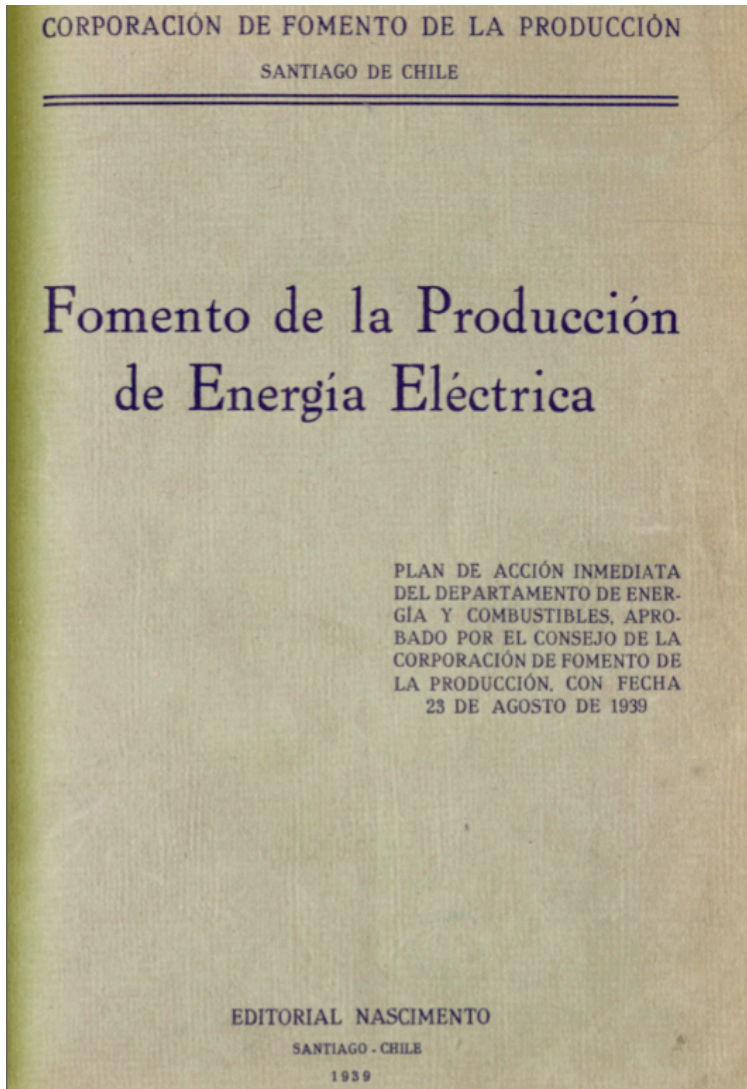
Envío combustible Nuclear a EE. UU, Marzo 2010

En el marco del programa “Átomos para la Paz” que se inicia en 1950, los Estados Unidos proporcionó tecnología nuclear a naciones extranjeras para aplicaciones pacíficas, comprometiéndose éstas a no desarrollar armas nucleares.

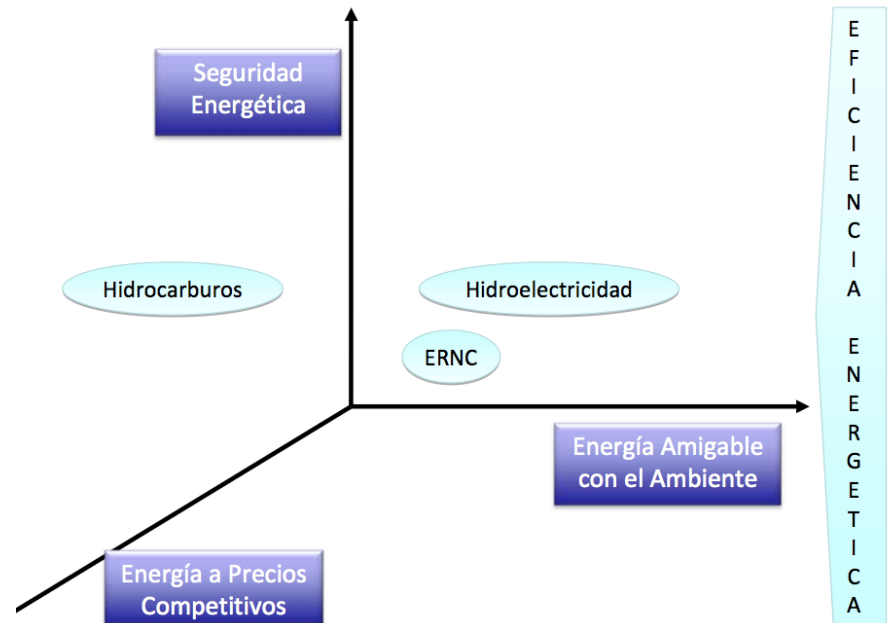
El uranio altamente enriquecido (> 20 % en peso de ^{235}U) usado en los elementos combustibles e irradiados en el reactor pueden ser recuperados y utilizados en armas nucleares.

Con el objeto de reducir el peligro de proliferación de armas nucleares los Estados Unidos inicia en 1978 el programa de Reducción de Enriquecimiento para Reactores de Investigación y Ensayos (Programa RERTR) que tiene como objetivo convertir estos reactores del uso de uranio altamente enriquecido al uso de uranio de bajo enriquecimiento (<20% en U-235).

Desafíos para la política energética



Ejes de Nuestra Política Energética



Presentacion ex
Ministro Raineri

Carbón, 1850

ENAP, 1950

Ley eléctrica, 1981

Política Energética: Nuevos Lineamientos
Transformando la crisis energética en una
oportunidad, CNE 2008

Desafíos para la política energética

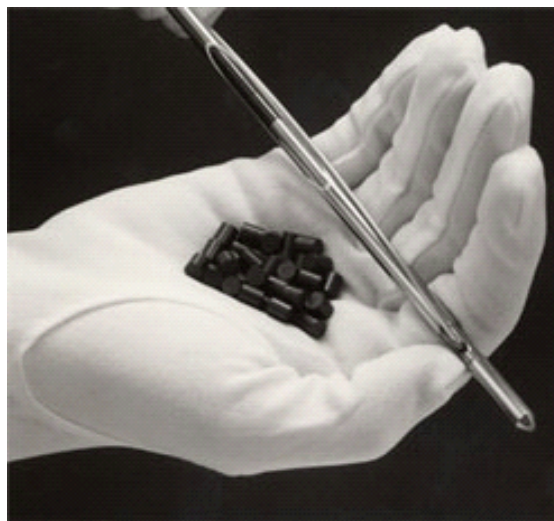
Largo plazo (40-70 años)

- que país se quiere construir
 - estilo de desarrollo que se quiere seguir para llegar allá
 - energía que esas necesidades demandan
 - para satisfacerlas, que tipos de energía se prefieren
(todas tienen ventajas y desventajas: no demonizar ni endiosar)
- la discusión debe ser del conjunto de país,
no exclusiva de expertos

La opción nuclear ¿es válida para Chile?

Las próximas diapositivas son tomadas de J. Zanelli

Combustible Nuclear:
Pequeño volumen, alto
contenido energético



Combustible **consumido** y desechos producidos para generar 1 GW (Ton./año)

Nuclear	27 T U enriquecido 3% (160T U natural) ~ 8m³/año		Toda la producción de residuos nucleares del mundo ≈ 1.000m ³
Carbón	2.600.000 T coke ~2.000.000m ³ ~20 Est.Nac. ~1.400 T/día ~1 teatro/día	6.000.000T CO ₂ 44.000T SO ₂ 22.000T NO _x 320.000T ceniza (400T metales pesados)	
Petróleo	2.000.000 T P.Diesel ~10 Exxon Valdez tankers	5.000.000T CO ₂	

(Tomado de J. Zanelli)

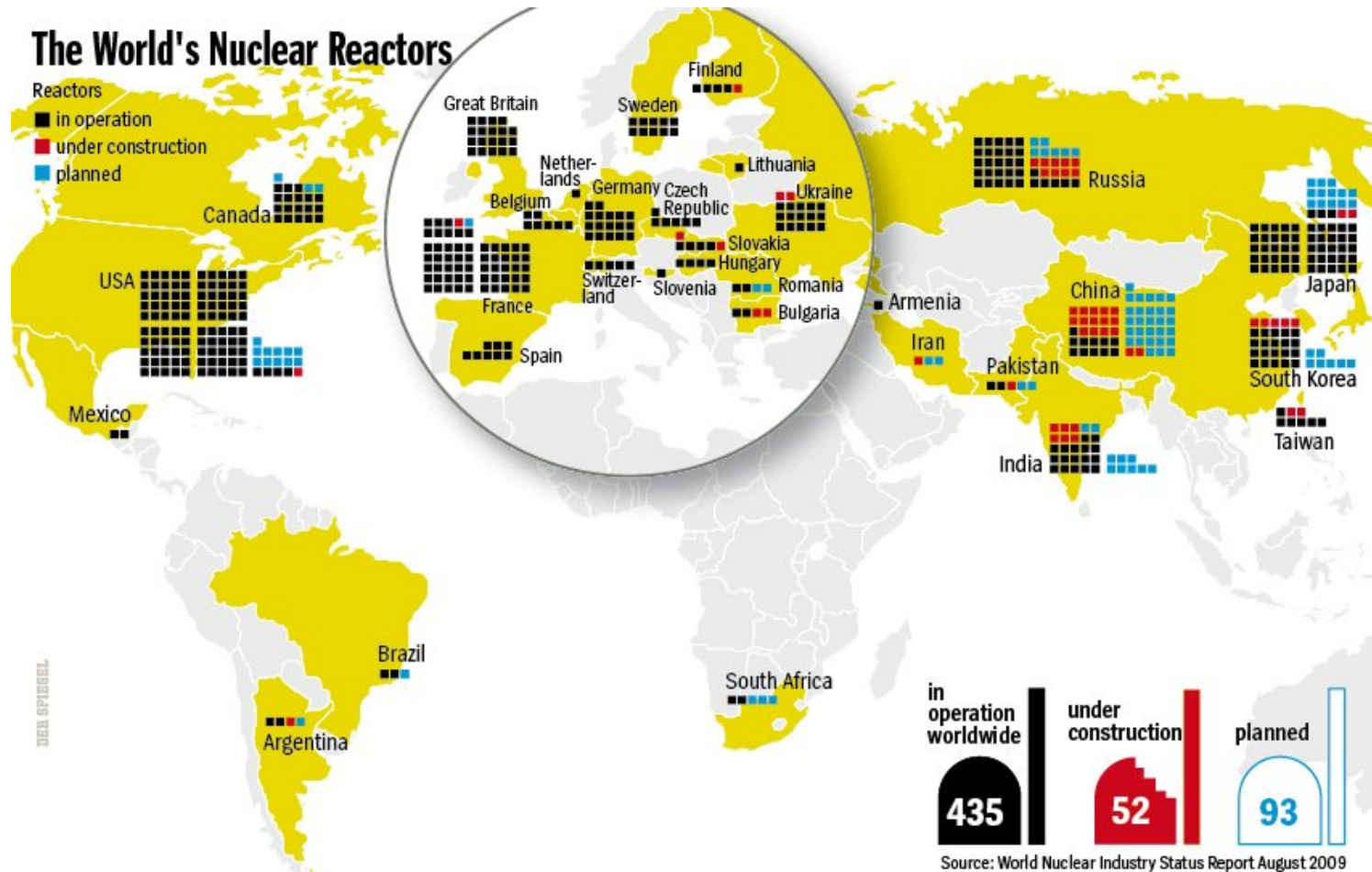
Estatus actual

- 435 reactores en operación (11%)
- 52 en construcción
- 93 en camino
- USA: 104 (20%)
- Francia: 59 (80%)
- Japón: 55 (35%)
- Rusia: 31 (16%)

(Tomado de J. Zanelli)



¿Renacimiento Nuclear?



- China, Rusia, India y Korea lideran el “renacimiento nuclear”.
- Italia, Suecia, Alemania revierten decisiones de reducir sus PENP

Factores claves: Seguridad, garantía de suministro, medio ambiente, economía

Medio Ambiente v.s. Energía Nuclear

Ventajas

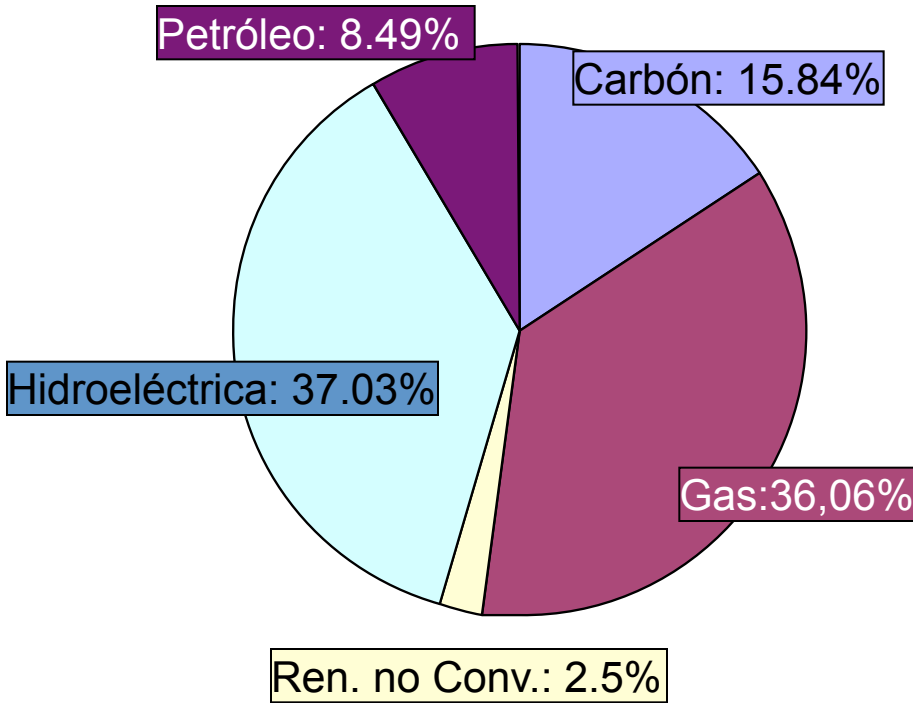
- Bajísimas emisiones y radiación
- Escaso uso del suelo
- Pequeño volumen de combustible y desechos
- Estabilidad de costos
- Desechos fácilmente manejables
- Sismicidad no es un obstáculo insalvable

Pero los desechos...

- No hay repositorios definitivos en operación
- Alta toxicidad
- Necesidad de aislamiento seguro por mucho tiempo
- Pasivo para futuras generaciones

(Tomado de J. Zanelli)

Generación eléctrica en Chile



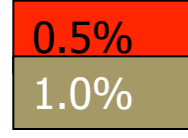
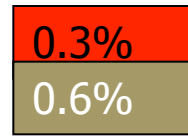
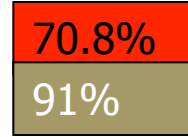
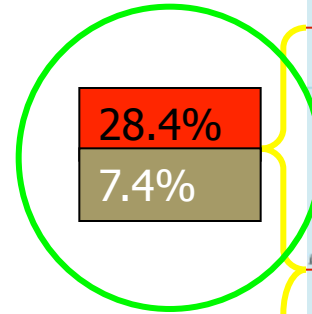
Renovables: 39%

Fósiles: 61%

(Tomado de J. Zanelli)

% Demanda

% Población



• Sector Eléctrico

- Capacidad instalada de generación : 12GW
- Generación, transmisión y distribución: actividades privadas y desreguladas
- Rol del Estado: fair play, transparencia de mercados, planificación estratégica limitada
- Neutralidad tecnológica: suministro ajustado a la demanda y prioridad por precio (hidro, carbón, gas,..)

- 63% de la electricidad a partir de combustibles fósiles
- Chile importa 95% del carbón
 - 80% del gas natural
 - 98% del petróleo

*“...Francia no tiene petróleo, Francia no tiene carbón,
Francia no tiene gas; Francia no tiene opciones...”*

Red eléctrica pequeña y dividida ~ 12GW

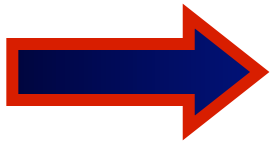
Demanda eléctrica se duplica cada 10-12 años

Más del 90% de combustibles importados

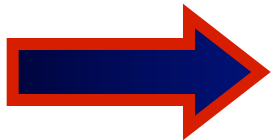
1997: Acuerdo con Argentina para Natural Gas

2005-06-07: Drásticas reducciones de suministro de gas

Sólo quedan 2 grandes ríos aún no embalsados (línea de transmisión de 2.000km de Corriente continua)



Dependencia, fragilidad, vulnerabilidad
Debilidad estratégica fundamental



Búsqueda de soluciones de largo plazo



Energía nuclear ?

(Tomado de J. Zanelli)

Resumen

La ENP es una opción a considerar:

- (baja emisiones y de escaso impacto ambiental y territorial)
- Económicamente atractiva (desplazaría al carbón, estabilidad de precio, y no compite con la ERNC)
- Socialmente interesante (seguridad de suministro, multiplicidad de proveedores)

Un programa de ENP presenta importantes desafíos para Chile (cultura, institucionalidad, rigor, disciplina).

La ENP tensionará nuestra sociedad de un modo sin precedentes. Pero los beneficios serían mucho mayores que la disponibilidad energética (desarrollo tecnológico, spin-offs, colaboración regional).

Nuestras fortalezas (2006)

Índice de Competitividad Global (Foro Económico Mundial)

Chile: 27 de 125; 1° en Latinoamérica

Índice de Conectividad (Foro Económico Mundial)

Chile: 29 de 125; 1° en Latinoamérica

Libertad económica (The Wall Street Journal)

Chile: 11 de 150; 1° en Latinoamérica

Nuestras debilidades (2006)

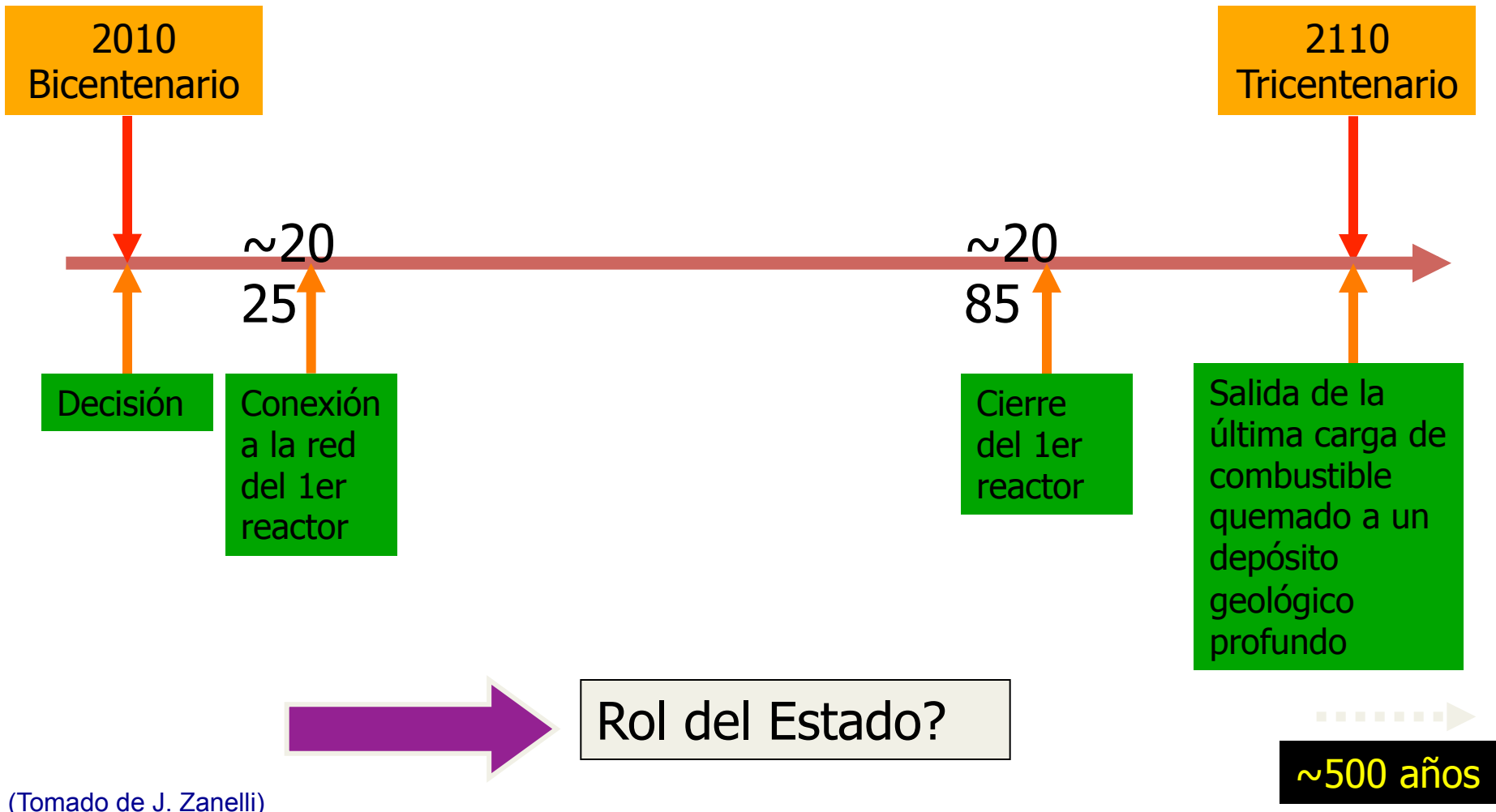
Calidad de la educación (Foro Económico Mundial)

Chile: 102 de 125; 13° en Latinoamérica

Distribución del Ingreso (PNUD)

Chile: 114 de 126; 14° en Latinoamérica

Escala de tiempo y responsabilidad



(Tomado de J. Zanelli)

Cómo es el país que queremos para nuestros tatarra nietos?

Desafíos para la política energética

mediano plazo (10-40 años)

- Diversificar matriz energética: seguridad en el suministro
 - Incorporar renovables no convencionales
 - política exterior imaginativa, en particular con nuestros vecinos cercanos
 - estar preparados para diversos escenarios (ciencia y tecnología)
- Asegurar suministro a todos los sectores: personas, industrias, norte, sur
- Respeto medioambiente, derechos humanos, derechos laborales: generación, transmisión y distribución
- Estudiar papel del estado, la iniciativa privada y las regulaciones
- Estudiar sistema transparente y democrático de toma de decisiones

Desafíos para la política energética

corto plazo (5-10 años)

- Diversificar matriz energética: **seguridad en el suministro**
 - Incorporar renovables no convencionales: eliminar barreras de entrada ¿sistema eléctrico marginalista?
- Eficiencia energética
- Discusión de nuevos proyectos sobre la base de un plan maestro general (no caso a caso)
- Estudiar papel del estado y la iniciativa privada y las regulaciones
- Estudiar sistema transparente y democrático de toma de decisiones

- Establecer la bases para el diseño de política energética: **participativa, transparente, vinculante**

Conclusión

Urge la elaboración de una política energética para Chile,

Esta debería hacerse de una manera democrática y transparente, con la más amplia participación ciudadana,

GRACIAS

Reactores Japón

ESTADO DE LAS CENTRALES NUCLEARES

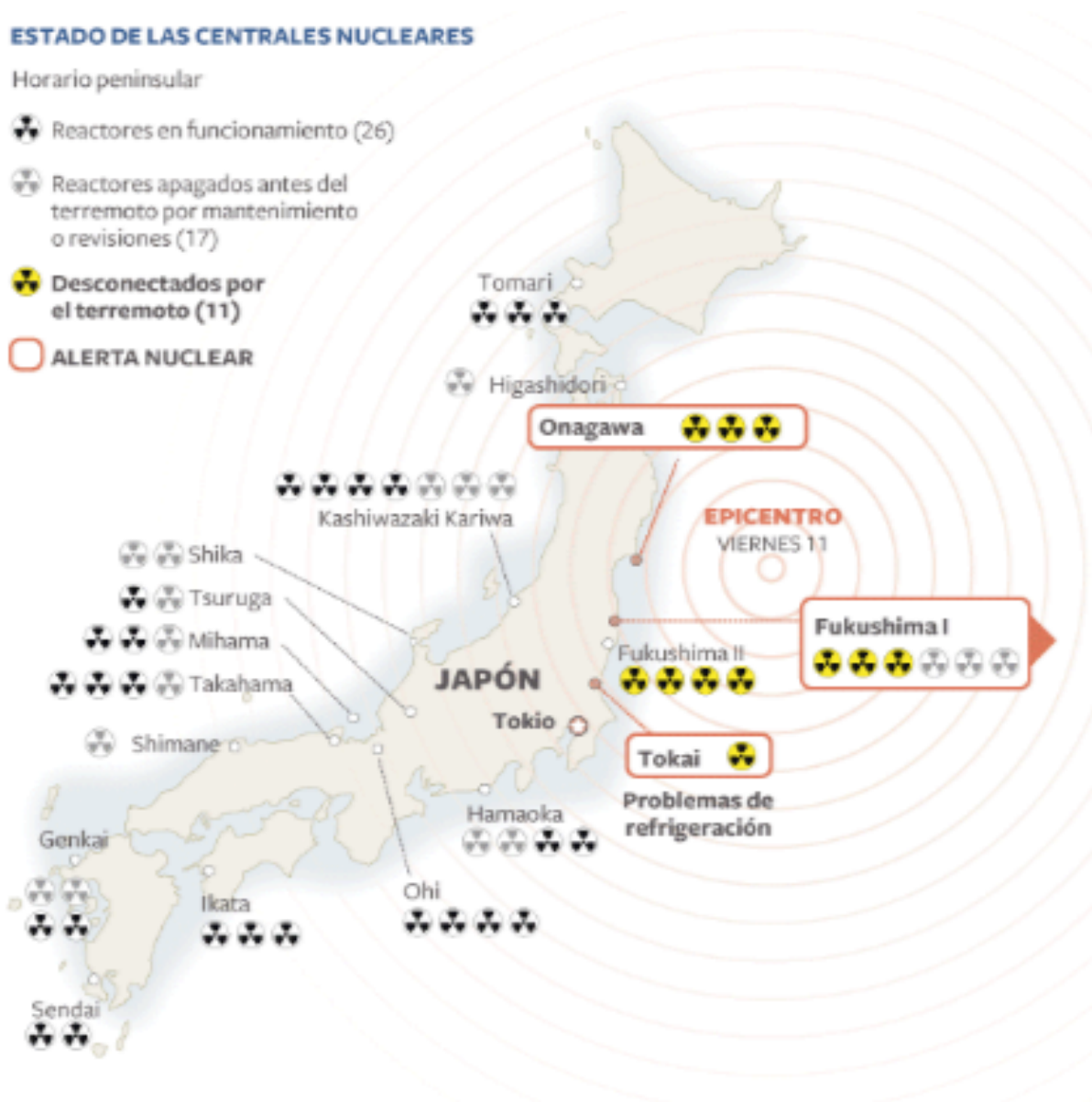
Horario peninsular

☢ Reactores en funcionamiento (26)

☢ Reactores apagados antes del terremoto por mantenimiento o revisiones (17)

☢ Desconectados por el terremoto (11)

⊠ ALERTA NUCLEAR



CENTRAL NUCLEAR DE FUKUSHIMA I



Fuente: agencias, elaboración propia

ELPAÍS

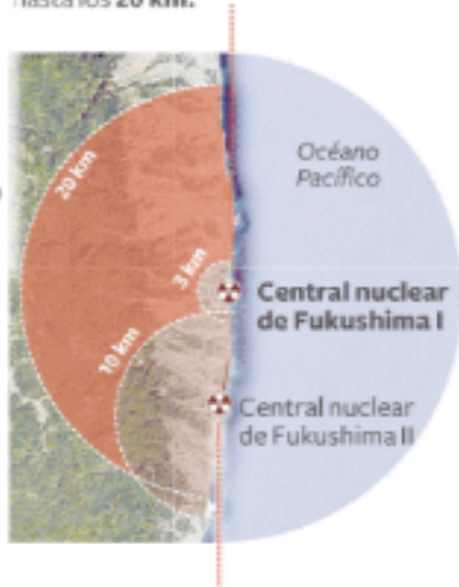
Reactores Fukushima I

REACTORES NUCLEARES EN LA CENTRAL DE FUKUSHIMA I

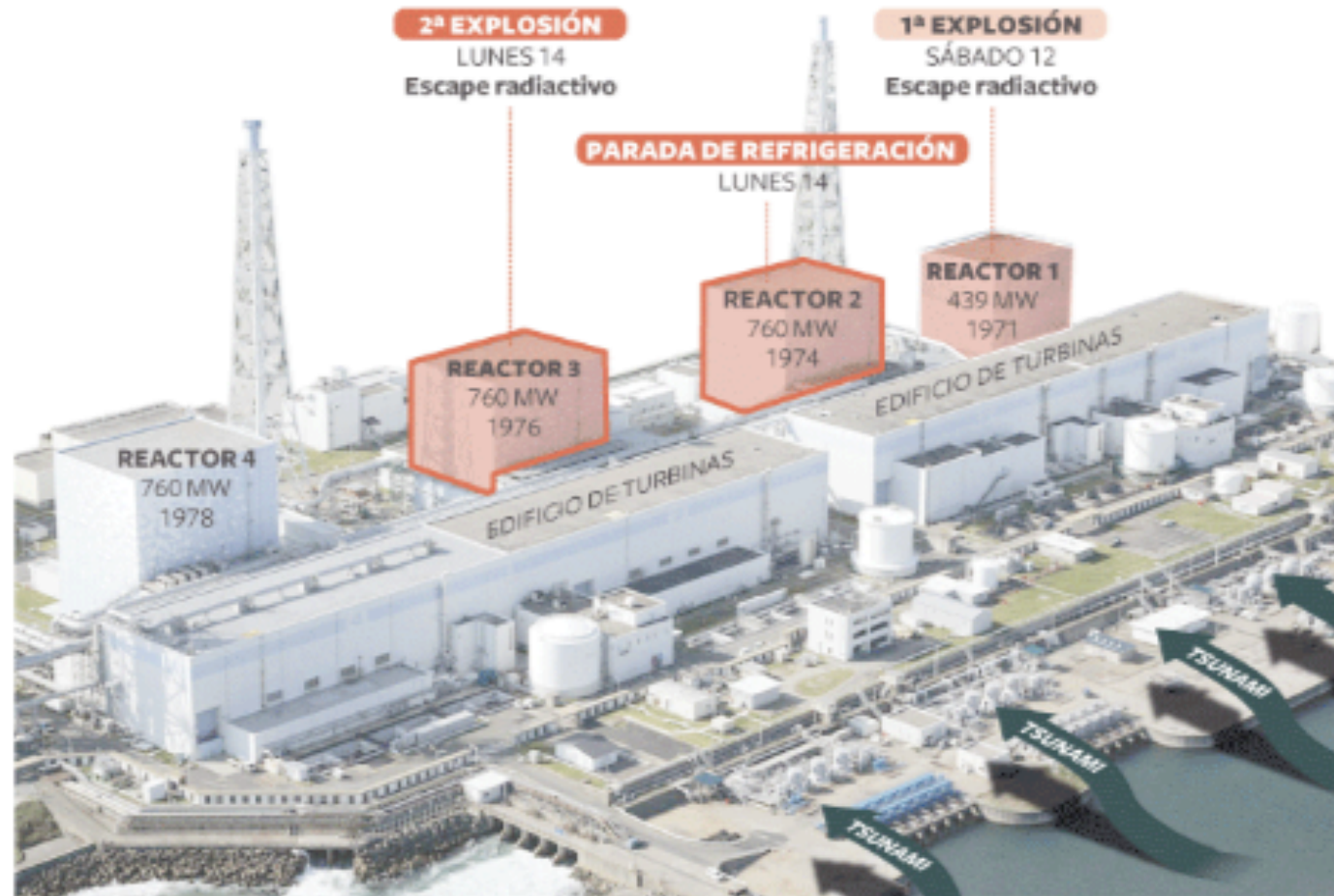
Potencia y el año de entrada en funcionamiento de cada reactor

PERÍMETRO DE SEGURIDAD

En torno a la central de Fukushima I se estableció un perímetro de **tres kilómetros**, que se ha ampliado hasta los **20 km**.



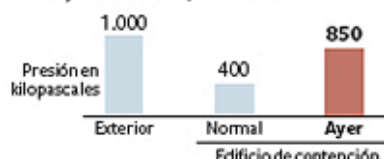
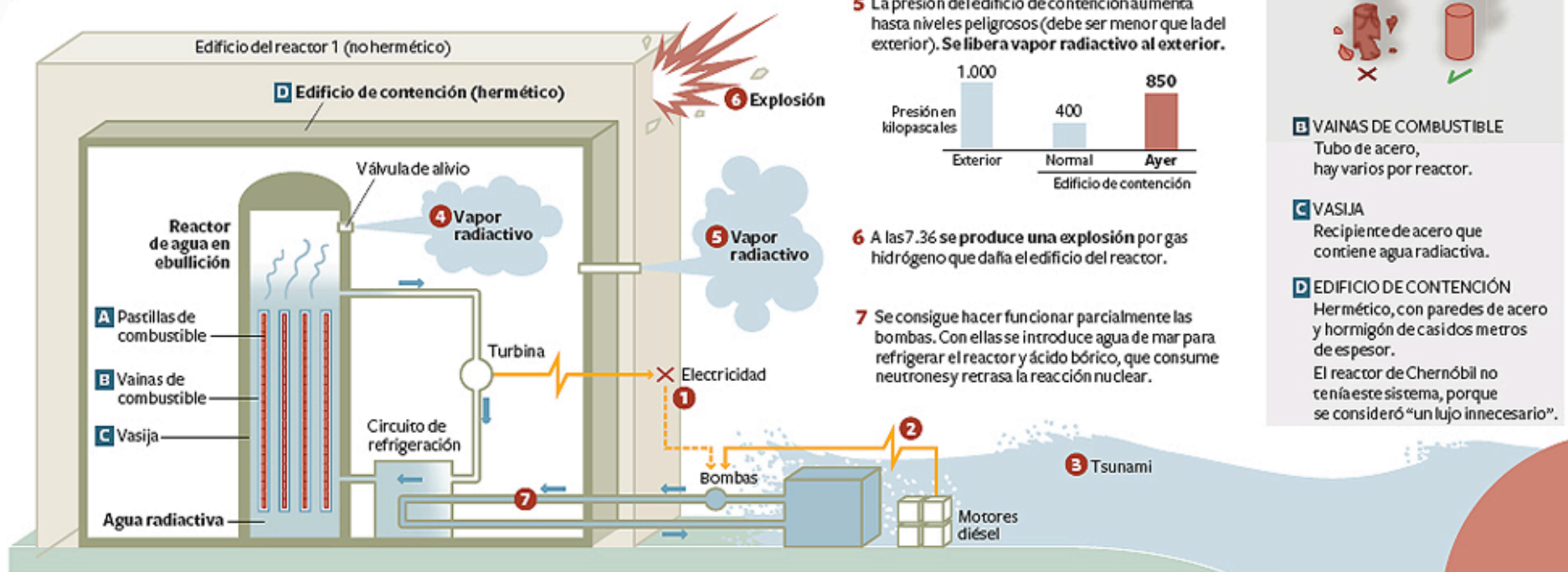
En Fukushima II el perímetro de seguridad establecido es de **10 kilómetros**.



Fukushima

■ CÓMO SE PRODUJO LA FUGA

- 1 6.46. Los reactores se detienen automáticamente por el terremoto. Se corta el suministro eléctrico.
- 2 Unos motores diésel (hay cuatro por reactor) se ponen en marcha para generar electricidad y refrigerar el reactor.
- 3 El tsunami llega a la zona arrasando los motores y el cableado, por lo que deja de refrigerarse el reactor.
- 4 El núcleo se recalienta y aumenta la presión. Para aliviarla, se libera vapor radiactivo al edificio de contención.
- 5 La presión del edificio de contención aumenta hasta niveles peligrosos (debe ser menor que la del exterior). Se libera vapor radiactivo al exterior.
- 6 A las 7.36 se produce una explosión por gas hidrógeno que daña el edificio del reactor.
- 7 Se consigue hacer funcionar parcialmente las bombas. Con ellas se introduce agua de mar para refrigerar el reactor y ácido bórico, que consume neutrones y retrasa la reacción nuclear.



■ BARRERAS DE CONTENCIÓN

- A PASTILLAS DE COMBUSTIBLE**
Son de uranio enriquecido. No libera fragmentos, solo gases.
- B VAINAS DE COMBUSTIBLE**
Tubo de acero, hay varios por reactor.
- C VASIJAS**
Recipiente de acero que contiene agua radiactiva.
- D EDIFICIO DE CONTENCIÓN**
Hermético, con paredes de acero y hormigón de casi dos metros de espesor. El reactor de Chernóbil no tenía este sistema, porque se consideró "un lujo innecesario".

■ ESCALA INTERNACIONAL DE SUCESOS NUCLEARES Y RADIOLÓGICOS (INES)

Niveles	INCIDENTE			ACCIDENTE			
	1 Anomalía	2 Incidente	3 Incid. importante	4 Alcance local	5 Mayor alcance	6 Importante	7 Grave
Casos más importantes				2011. Fukushima (Japón) Daño grave en el núcleo del reactor.	1979. Three Mile Island, Harrisburg (EE UU) Daño grave en el núcleo de reactor.	1957. Kyshtym (Rusia) Explosión de un tanque de desecho de alta actividad.	1986. Chernóbil Liberación extrema de una parte considerable del contenido del núcleo del reactor.

■ NIVEL DE RADIACIÓN

En los alrededores de la central (microsievert/ hora)

0,07	1.015
Antes del escape (niveles normales)	Ayer

Post-Fukushima

<http://www.nature.com/news/japan-s-post-fukushima-earthquake-health-woes-go-beyond-radiation-effects-1.10179>

NATURE | FROM SCIENTIFIC AMERICAN

Japan's post-Fukushima earthquake health woes go beyond radiation effects

Heart disease and depression are likely to claim more lives than radiation after the earthquake, tsunami and nuclear accident, experts say.

Katherine Harmon

07 March 2012