Mercado Eléctrico Chileno

Hugh Rudnick
Facultad de Ingeniería
Pontificia Universidad Católica de Chile

Curso de Minería para Periodistas 2009

9 Julio 2009

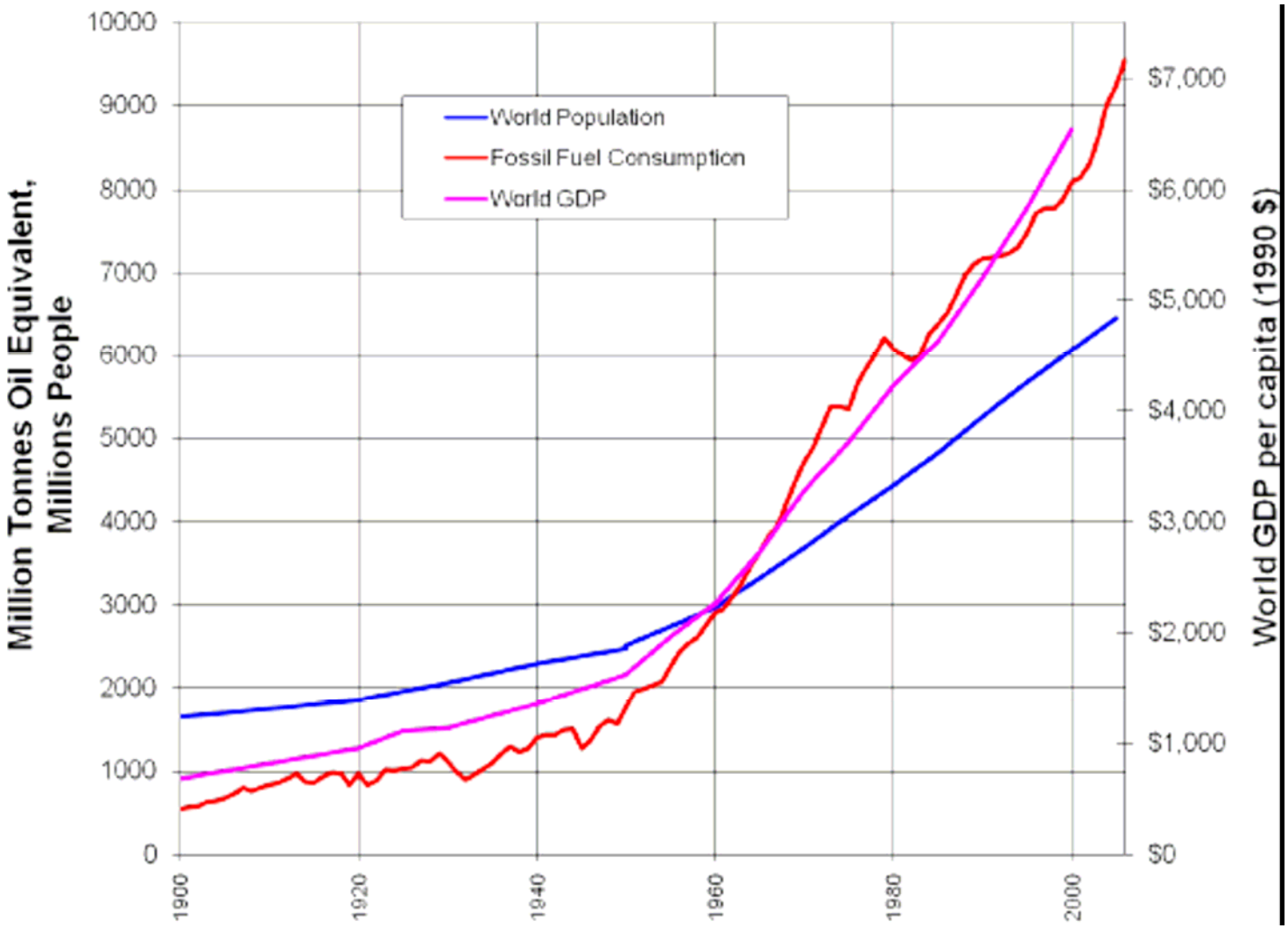
Objetivos

- Visión global del abastecimiento energético como requisito para un desarrollo sustentable
- Características y desarrollo del mercado eléctrico chileno y del Sistema Interconectado Central (SIC)

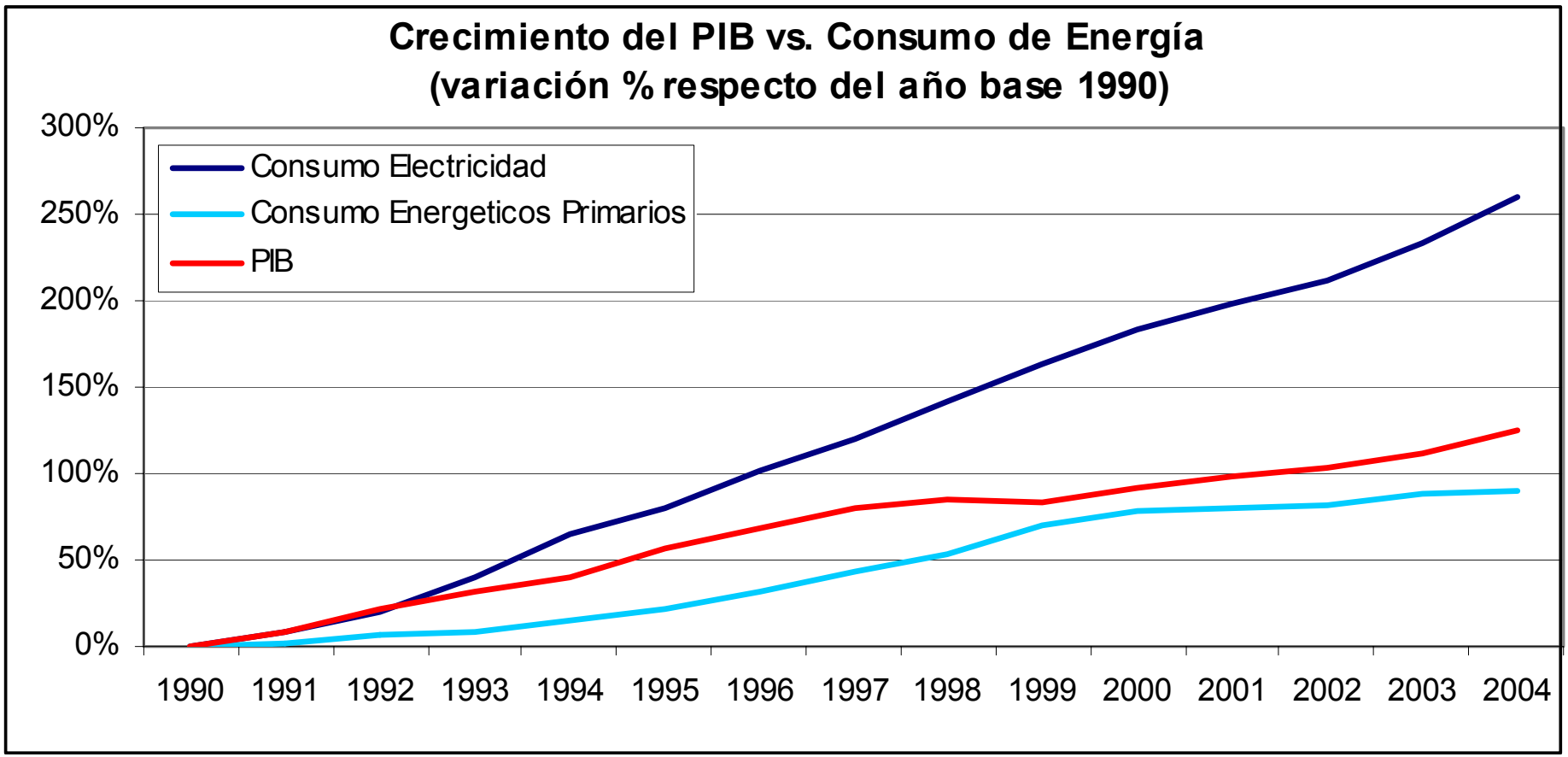
Los principales desafíos a futuro

1. Energía
2. Agua
3. Alimentación
4. Medio ambiente
5.
6.

El desafío del crecimiento v/s energía



Crecimiento económico y energético

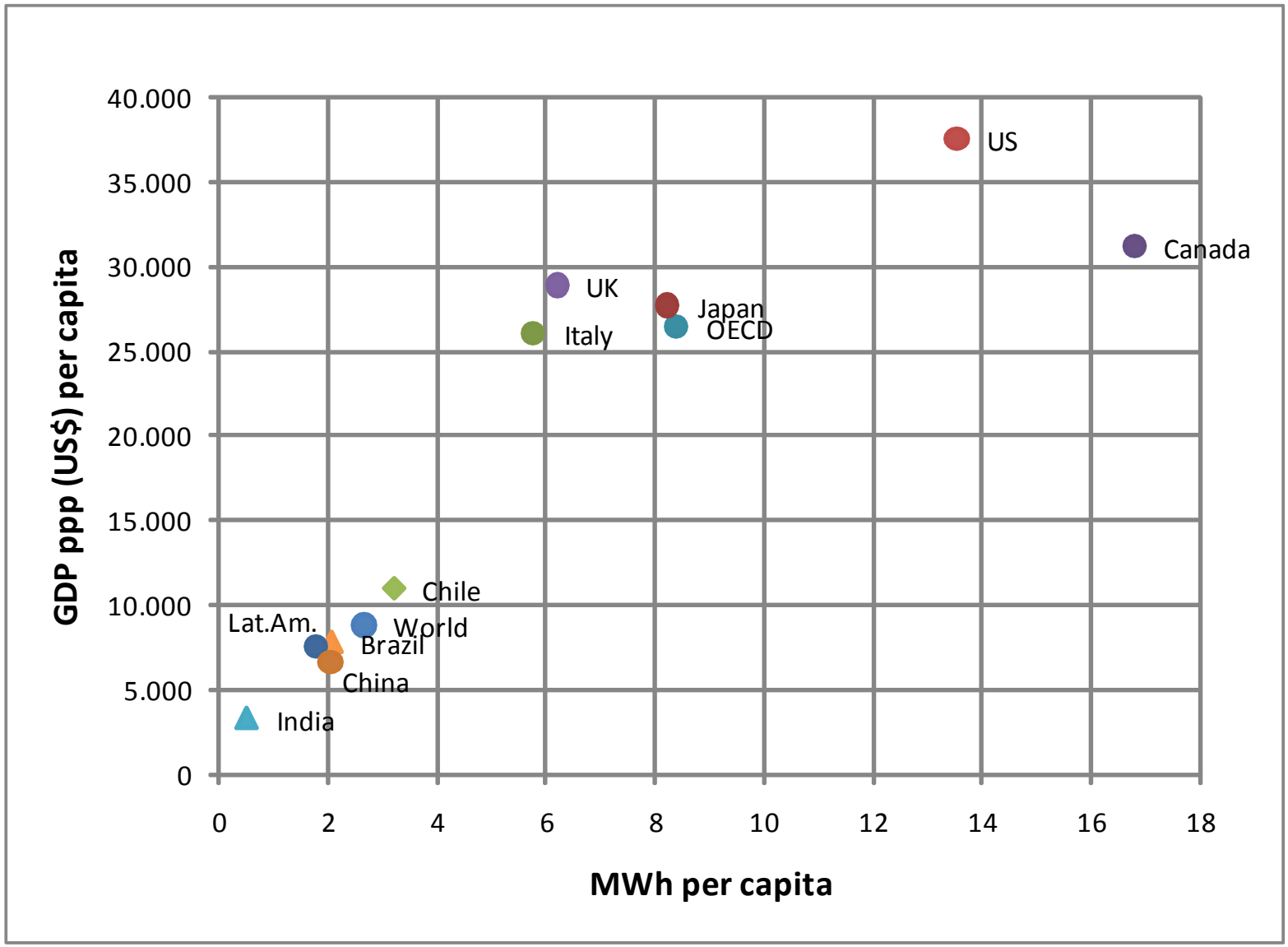


Chile: Crecimiento Producto Geográfico Bruto versus Consumo Energético (Fuente: CNE y Banco Central)

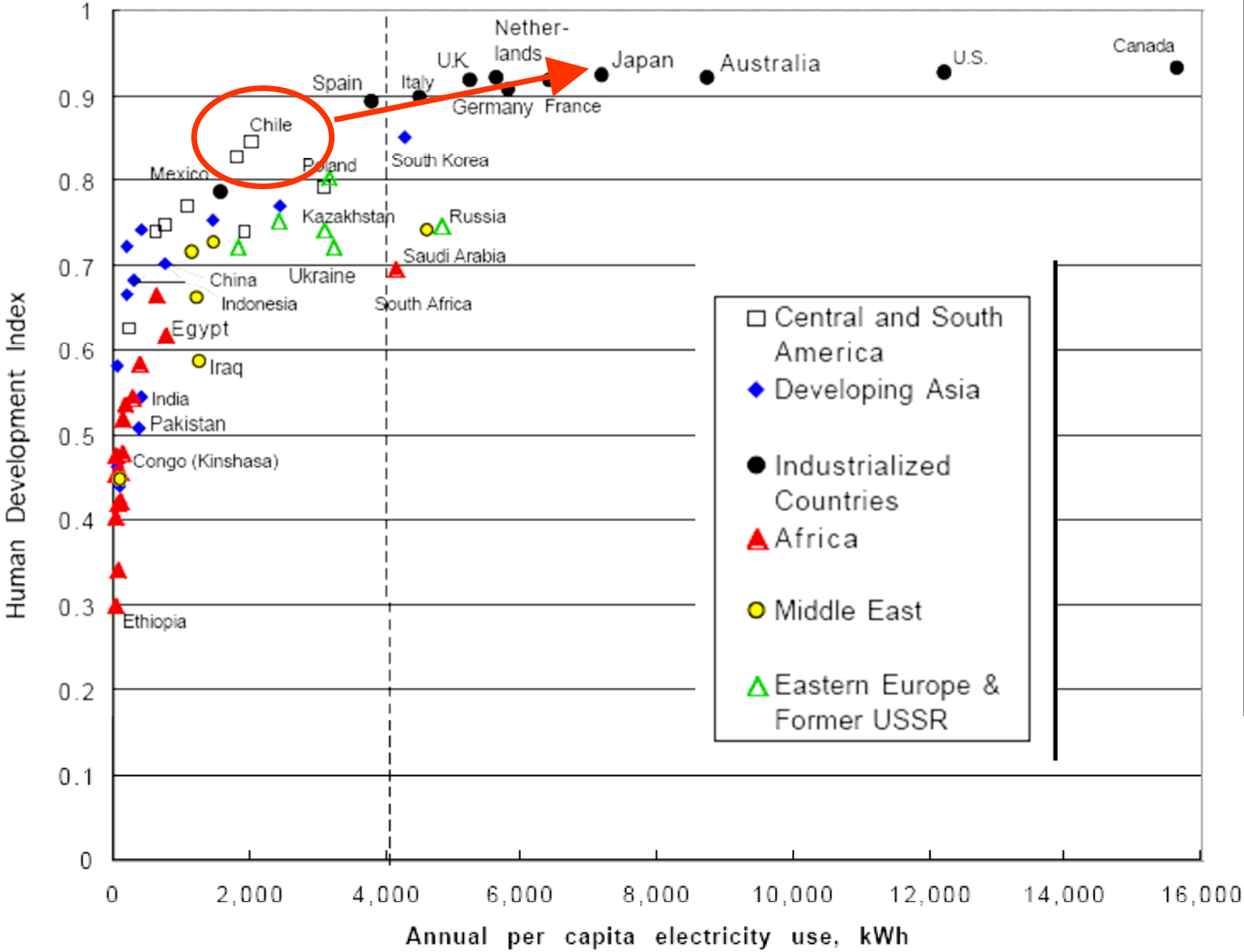
Estado del futuro - la energía

- Demanda energética mundial podría doblarse en 20 años.
- Sin cambios tecnológicos notables, los combustibles fósiles proveerán 81% de la energía primaria el 2030, con altas emisiones de carbón
- La demanda por el petróleo crecerá casi 40% desde 2006 al 2030, con máximos de producción alcanzándose en 40–70 años.

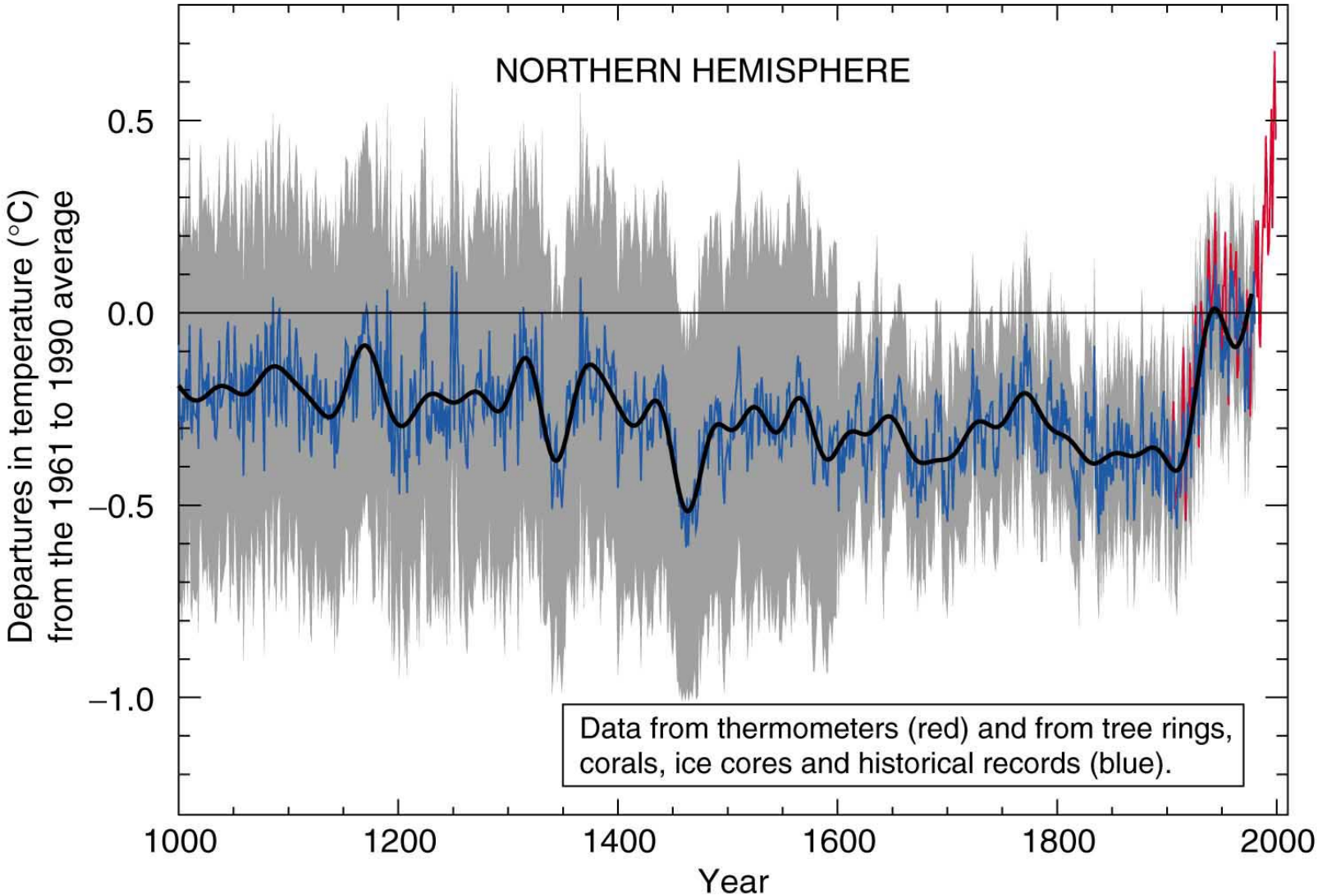
PGB y Consumo Eléctrico

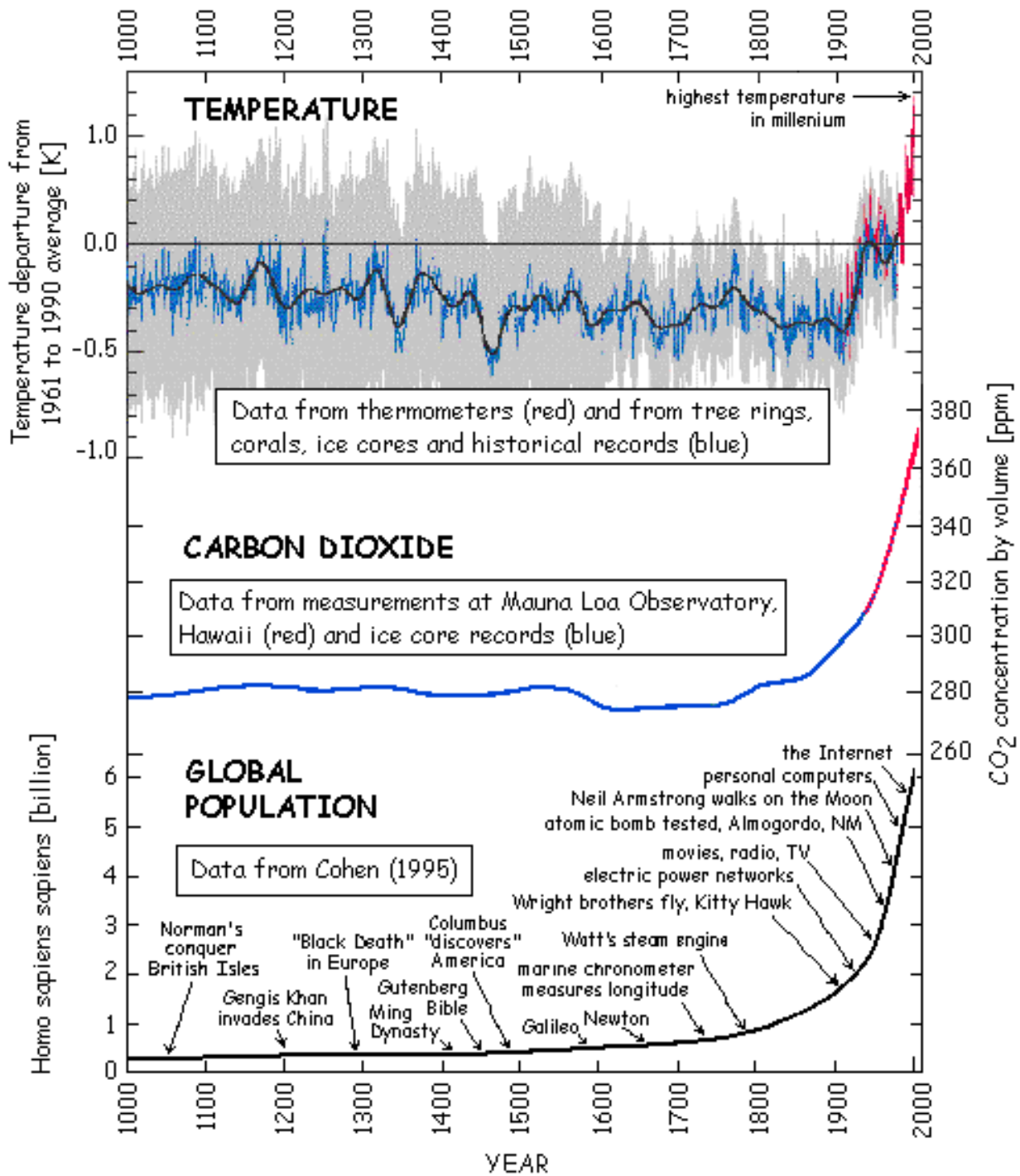


Fuente: IEA 2006


Human Development Index
Annual per capita electricity use, kWh
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
0
2,000
4,000
6,000
8,000
10,000
12,000
14,000
16,000
Canada
U.S.
Australia
Japan
Nether-
lands
U.K.
Germany
France
Spain
Italy
South Korea
Chile
Mexico
Poland
Kazakhstan
Russia
Saudi Arabia
China
Ukraine
Indonesia
South Africa
Egypt
Iraq
India
Pakistan
Congo (Kinshasa)
Ethiopia
Central and South America
Developing Asia
Industrialized Countries
Africa
Middle East
Eastern Europe & Former USSR

Energía y calentamiento global




TEMPERATURE
highest temperature in millenium
Temperature departure from 1961 to 1990 average [K]
1.0
0.0
-0.5
-1.0
Data from thermometers (red) and from tree rings, corals, ice cores and historical records (blue)
CARBON DIOXIDE
Data from measurements at Mauna Loa Observatory, Hawaii (red) and ice core records (blue)
380
360
340
320
300
280
260
CO_2 concentration by volume [ppm]
GLOBAL POPULATION
Data from Cohen (1995)
Homo sapiens sapiens [billion]
6
5
4
3
2
1
0
Norman's conquer British Isles
Gengis Khan invades China
"Black Death" in Europe
Ming Dynasty
Gutenberg Bible
Columbus "discovers" America
Galileo
Newton
marine chronometer measures longitude
Watt's steam engine
Wright brothers fly, Kitty Hawk
electric power networks
movies, radio, TV
atomic bomb tested, Almogordo, NM
Neil Armstrong walks on the Moon
personal computers
the Internet
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
YEAR

El negro futuro – el carbón

- Se construyen 850 nuevas plantas a carbón para operar el 2012 en EEUU, China, e India que acelerarán el cambio climático
- Resistencia creciente a su construcción; 60 de 151 propuestas de nuevas plantas en EEUU fueron detenidas durante el 2007 por gobiernos locales o estatales
- Precio del carbón llegó a duplicarse; futuros impuestos ambientales al carbón lo harán menos competitivo

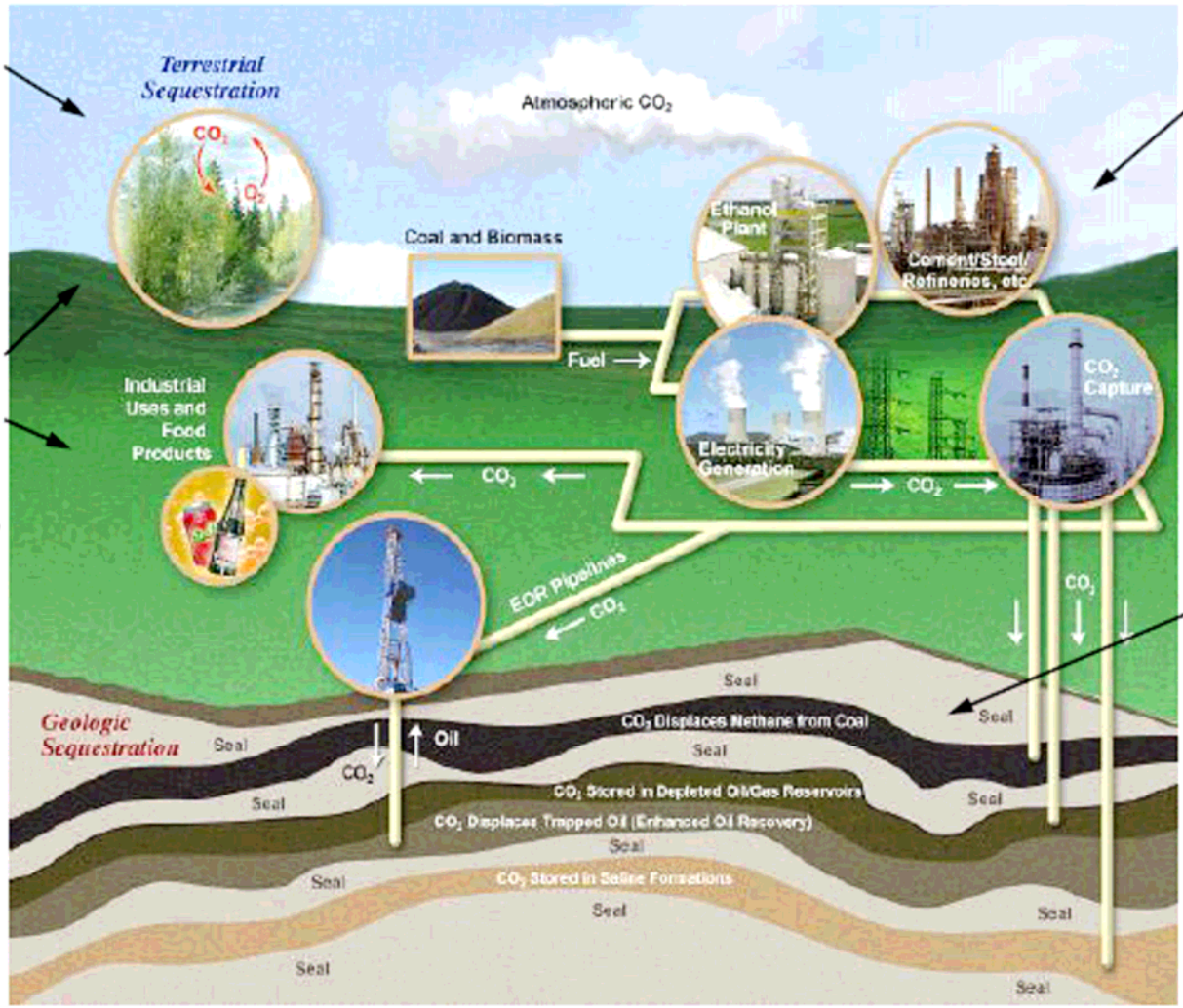
Gestión del carbono

Terrestrial Capture

CO_2 absorbed from air

Terrestrial Storage

Trees, grasses, soils



Point Source Capture

Power plants

Ethanol plants

Cement, steel, refineries

Natural gas processing

Geologic Storage

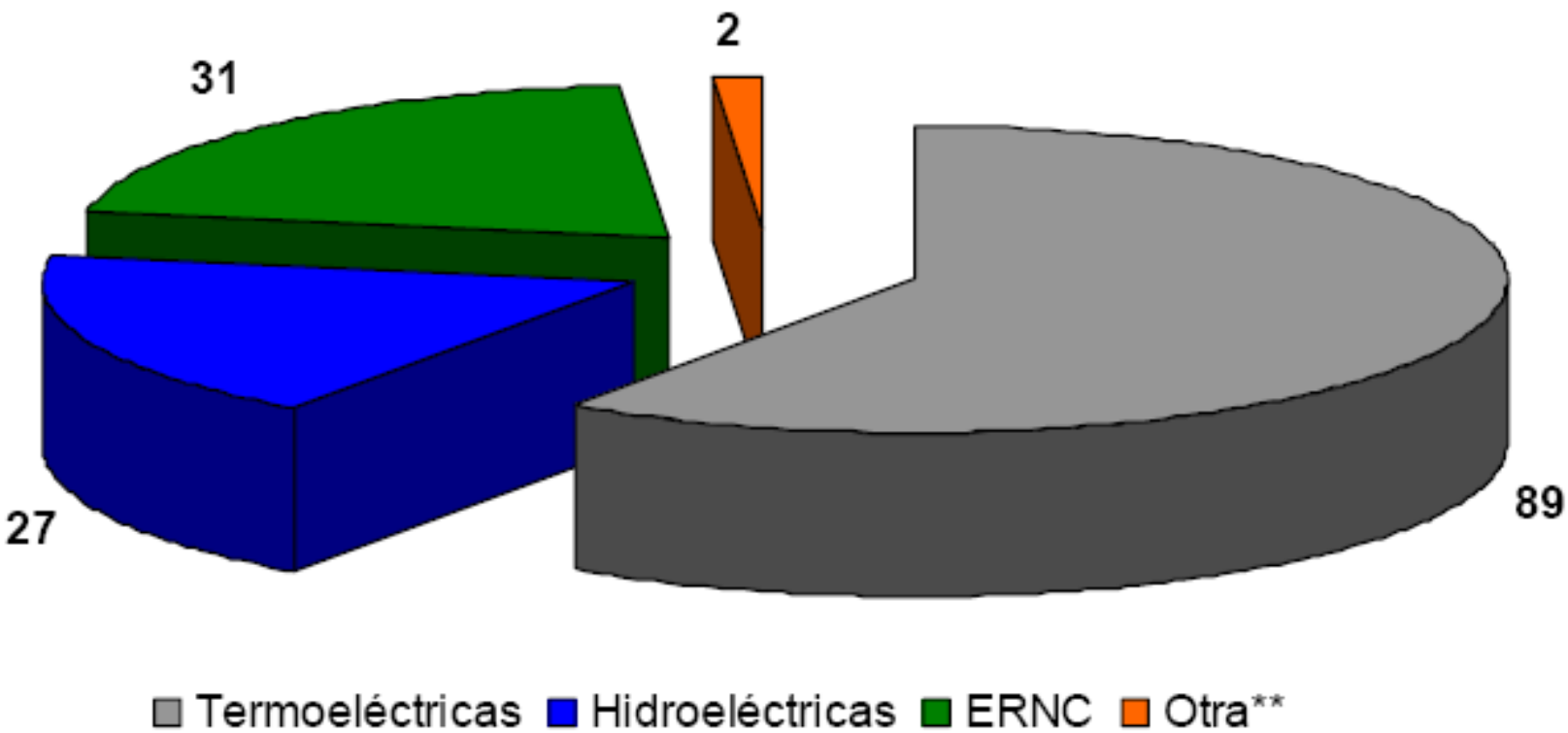
Saline formations

Depleted oil / gas wells

Unmineable coal seams

Basalts, shales, other

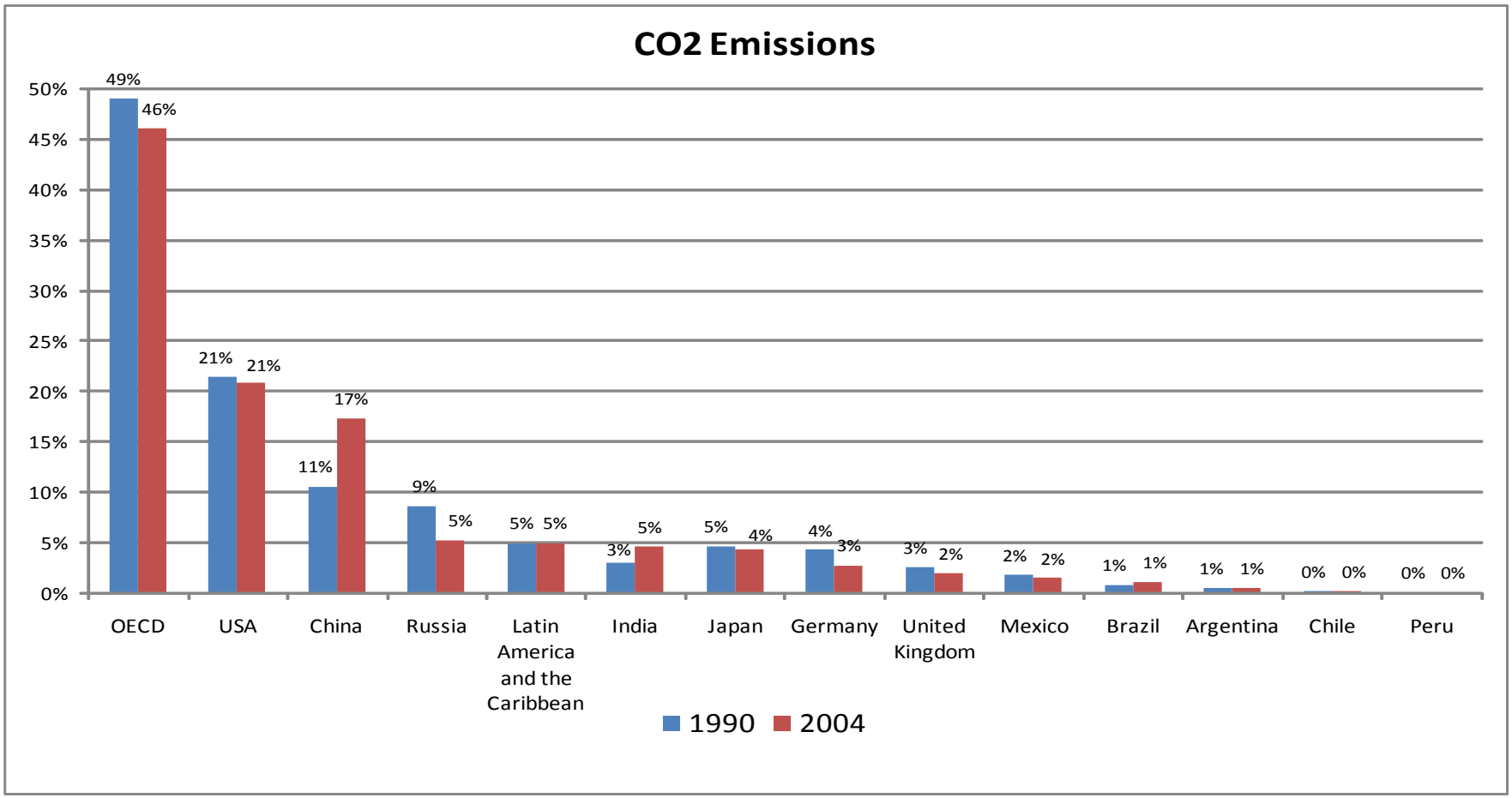
El negro futuro en Chile– el carbón



Chile: # proyectos ingresados al SEIA 2000-08

Emisiones de CO2 1990 vs 2004

Chile emite el 0,2% de las emisiones mundiales



Source: Human Development Report 2007/2008

Eólicas

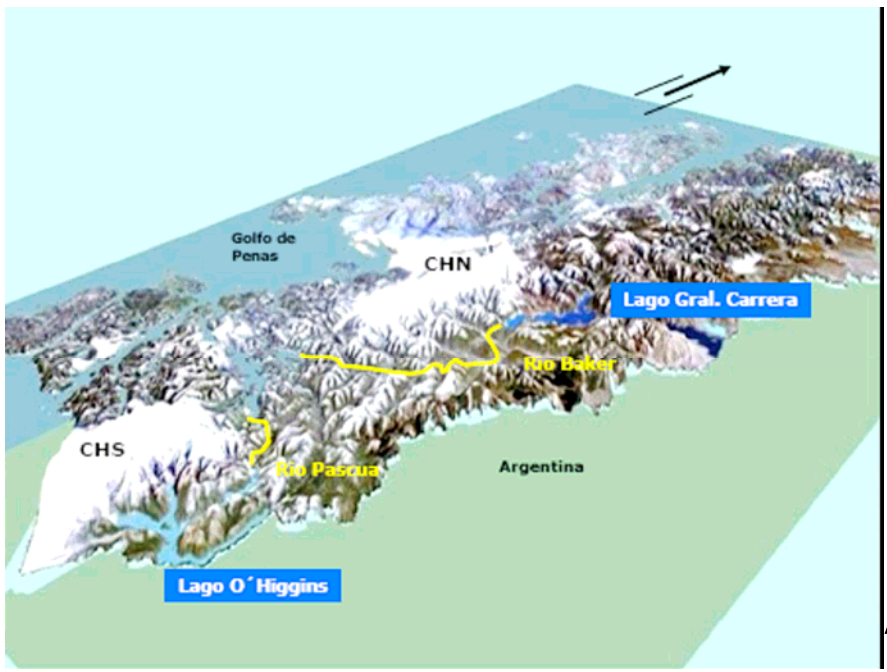
Mini-Hidráulicas

Mareomotriz

Biomasa

Eficiencia

Geotermia

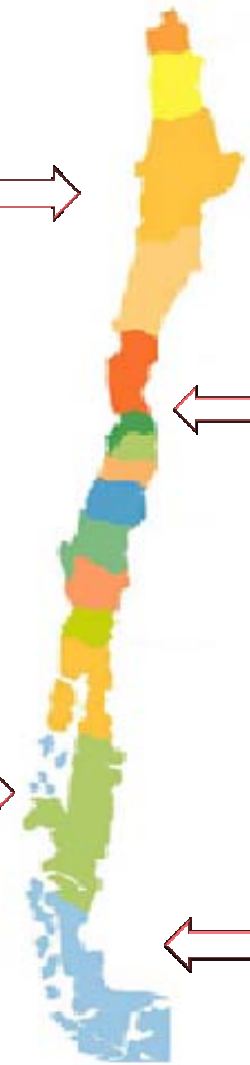


Aysén

Sistemas Eléctricos Chilenos (2008)

Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)	
Demanda Máxima (MW)	1.715
Ventas (GWh)	13.148
Potencia Instalada (MW)	3.581
Cobertura	Región I y II
Población	5,7%

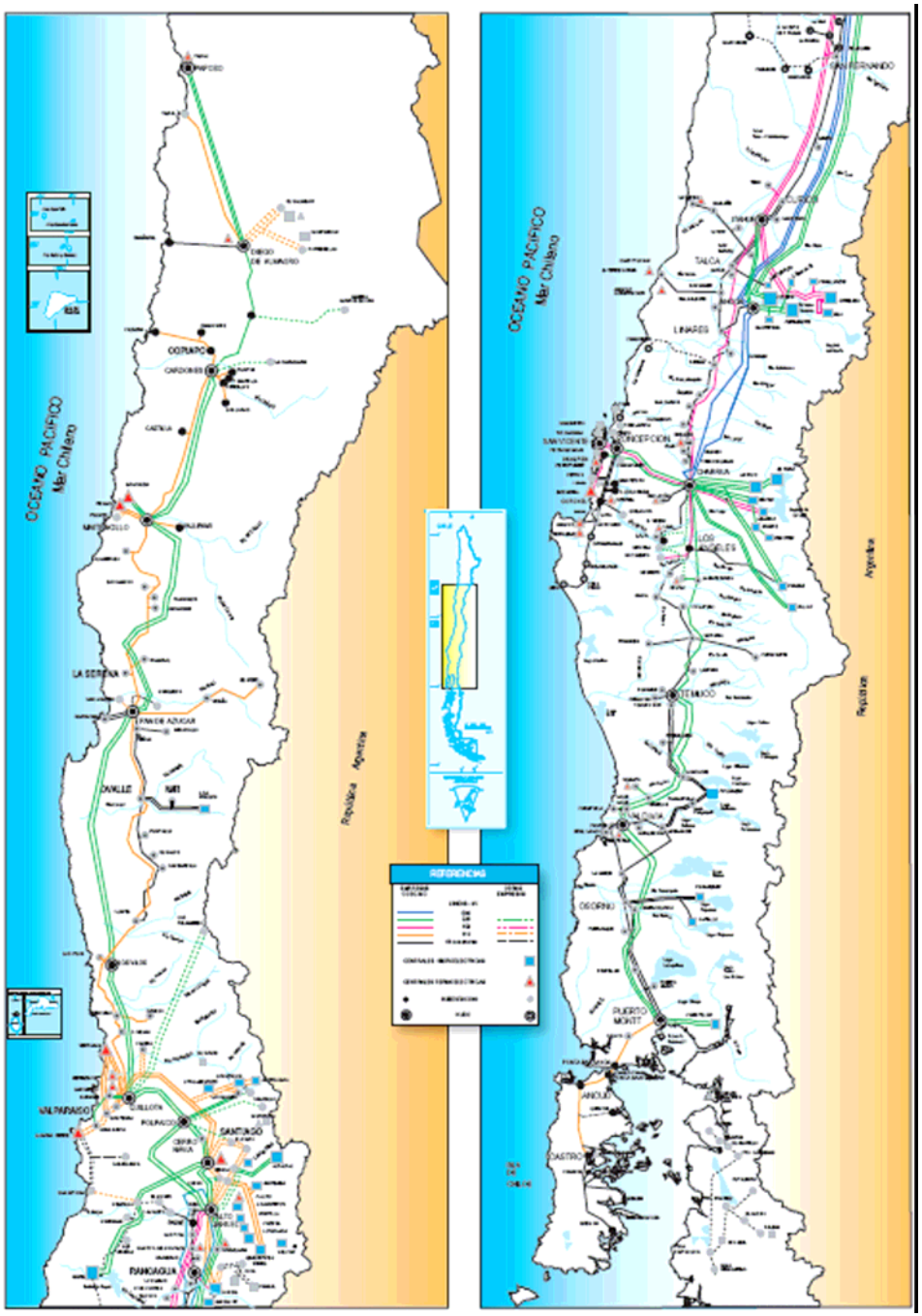
Sistema Interconectado Central (SIC)	
Demanda Máxima (MW)	6.147
Ventas (GWh)	39.964
Potencia Instalada (MW)	10.226
Cobertura	Región III a X
Población	92,6%



Sistema Eléctrico de Aysén	
Demanda Máxima (MW)	21
Ventas (GWh)	106
Potencia Instalada (MW)	48
Cobertura	XI Región
Población	0,6%

Sistema Eléctrico de Magallanes	
Demanda Máxima (MW)	45
Ventas (GWh)	218
Potencia Instalada (MW)	80
Cobertura	XII Región
Población	1,1%

Fuente: CNE

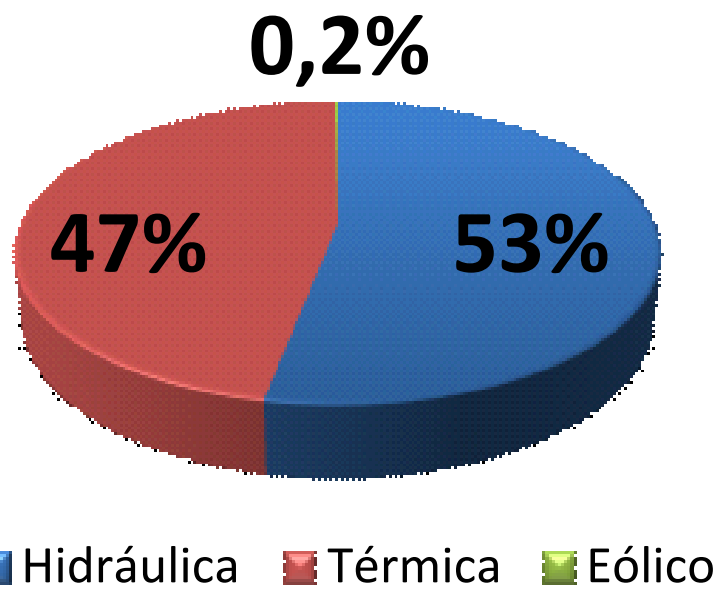


SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL (SIC)

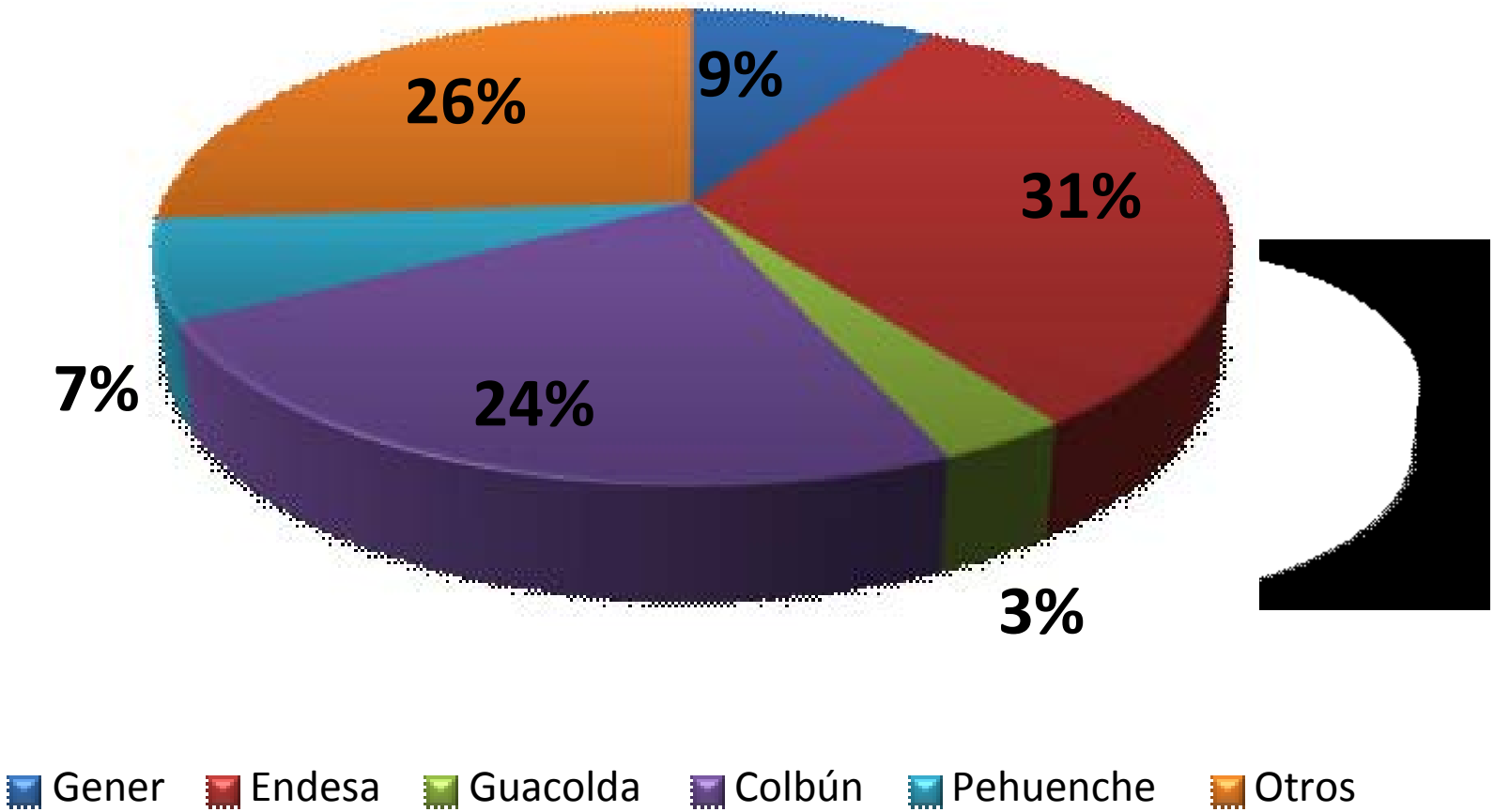
Crecimiento promedio anual 1999-2008: 5,1 %

Clientes Regulados/ No Regulados: 60% / 40%

Longitud 1.800 km



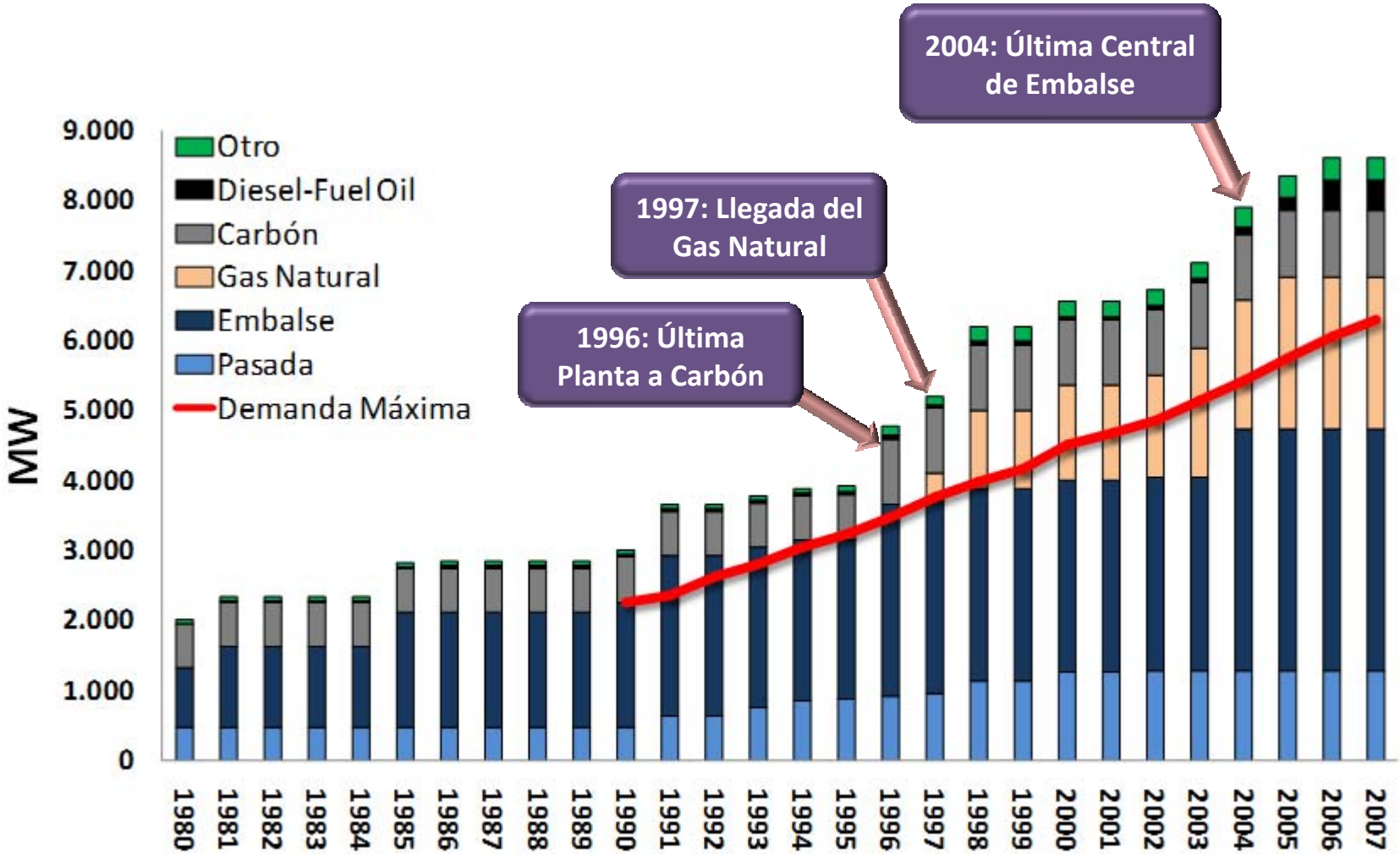
Agentes del sector eléctrico chileno-SIC



Distribución Capacidad Instalada SIC

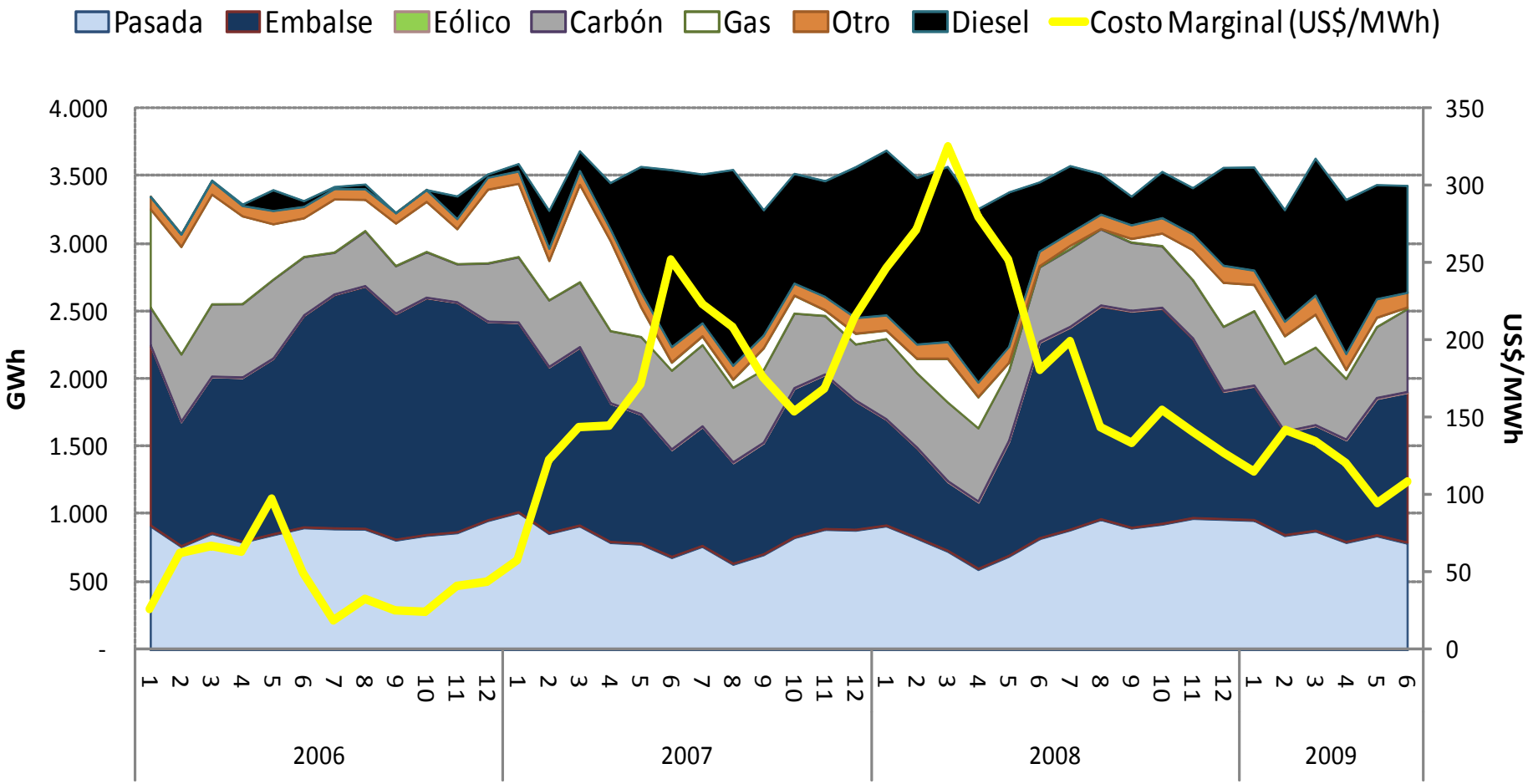
Fuente:Systep

Evolución capacidad instalada SIC



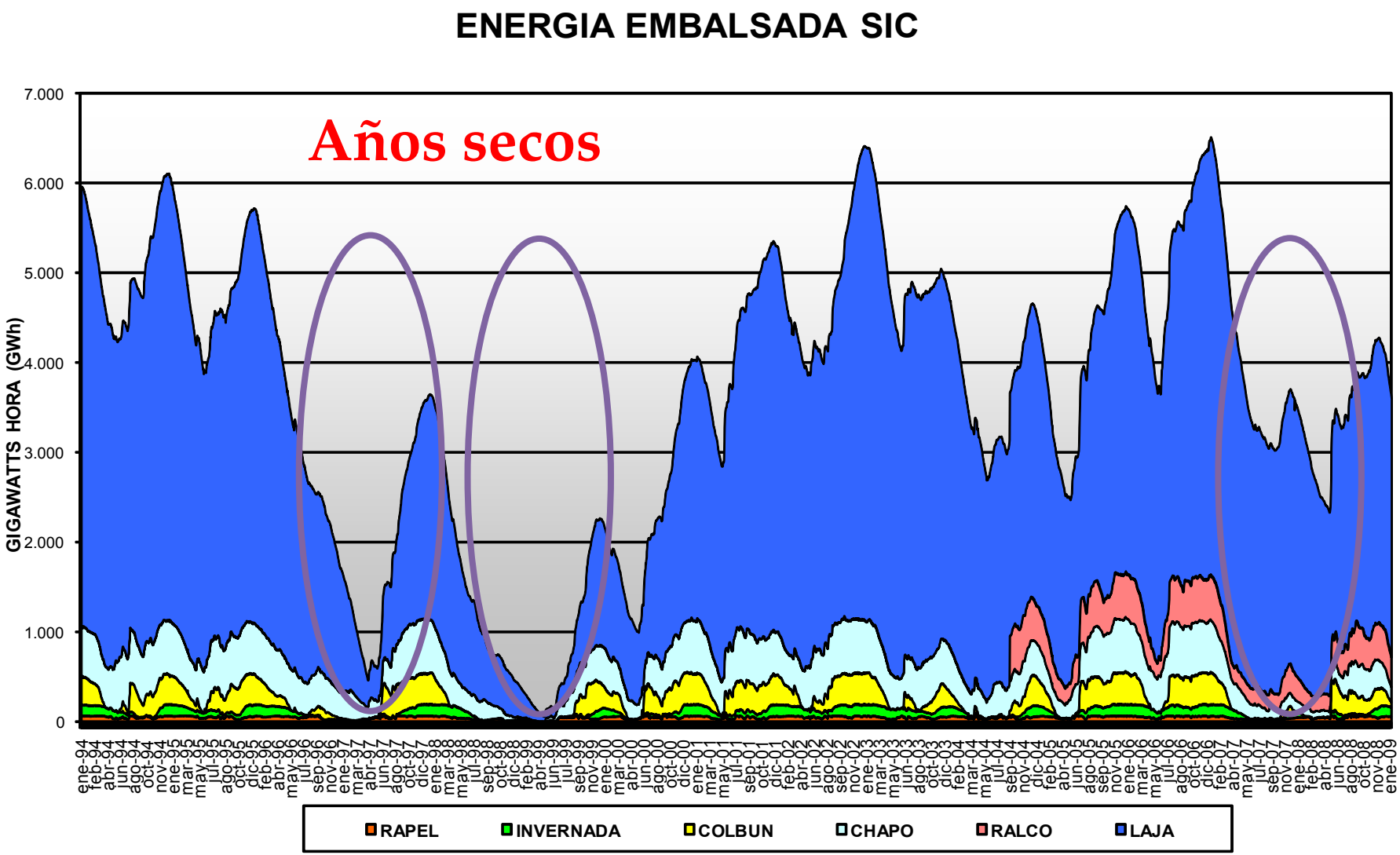
Fuente: CDEC SIC

Generación histórica – Costo marginal SIC



Fuente: SYSTEP

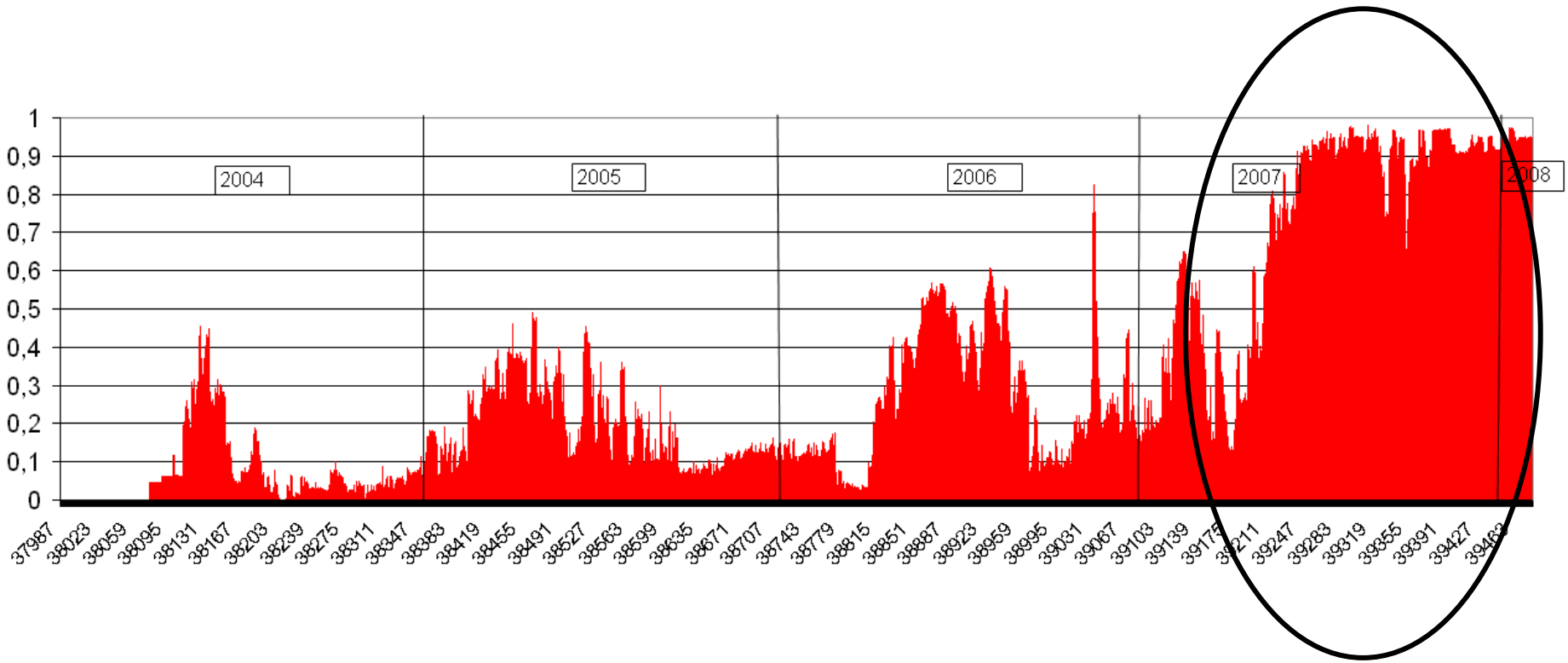
Dependencia de la hidrología SIC



Fuente: CNE

Dependencia de los combustibles SIC

Cortes de gas de Argentina a Chile



Desarrollo del mercado: Marco regulatorio

Ley General de Servicios Eléctricos

- Establecer condiciones de eficiencia económica en sector
- Subsidiaridad del Estado
- DFL N°1: Promulgada en 1982 y refundida con las nuevas disposiciones de la Ley Corta I y II en el DFL N°4 de 2007.
- Separación de segmentos de generación, transmisión, distribución.
- Competencia en generación
- Monopolios naturales regulados en transmisión y distribución, bajo marco de eficiencia.

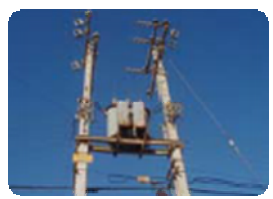
Desarrollo del mercado: Marco regulatorio

Generación

Transmisión Troncal

Subtransmisión

Grandes Clientes



Pequeños Clientes

Distribución BT

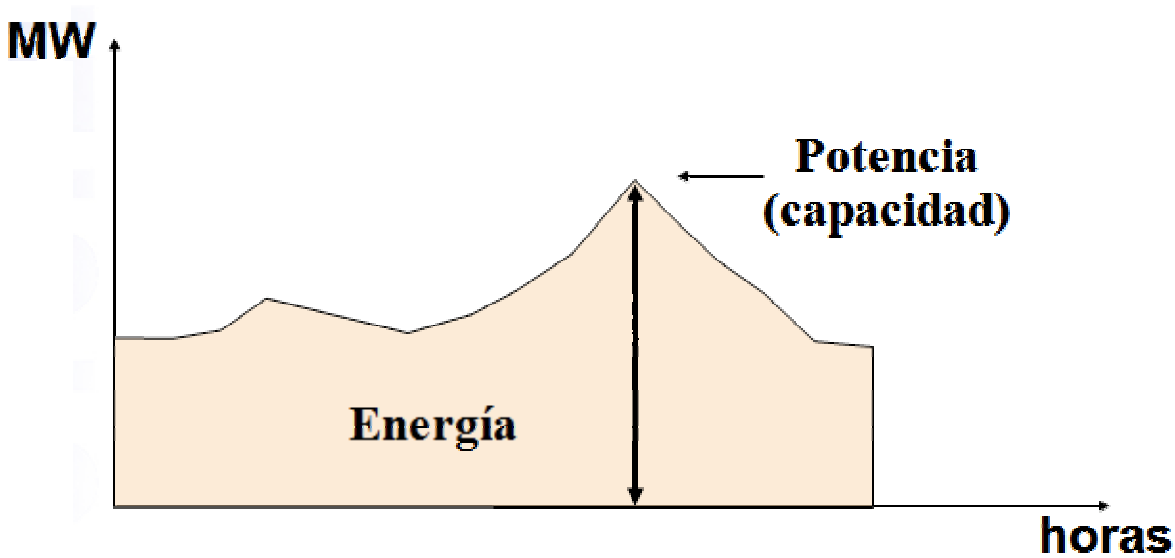
Distribución MT

Clientes Medianos

El negocio de la energía: Bases económicas

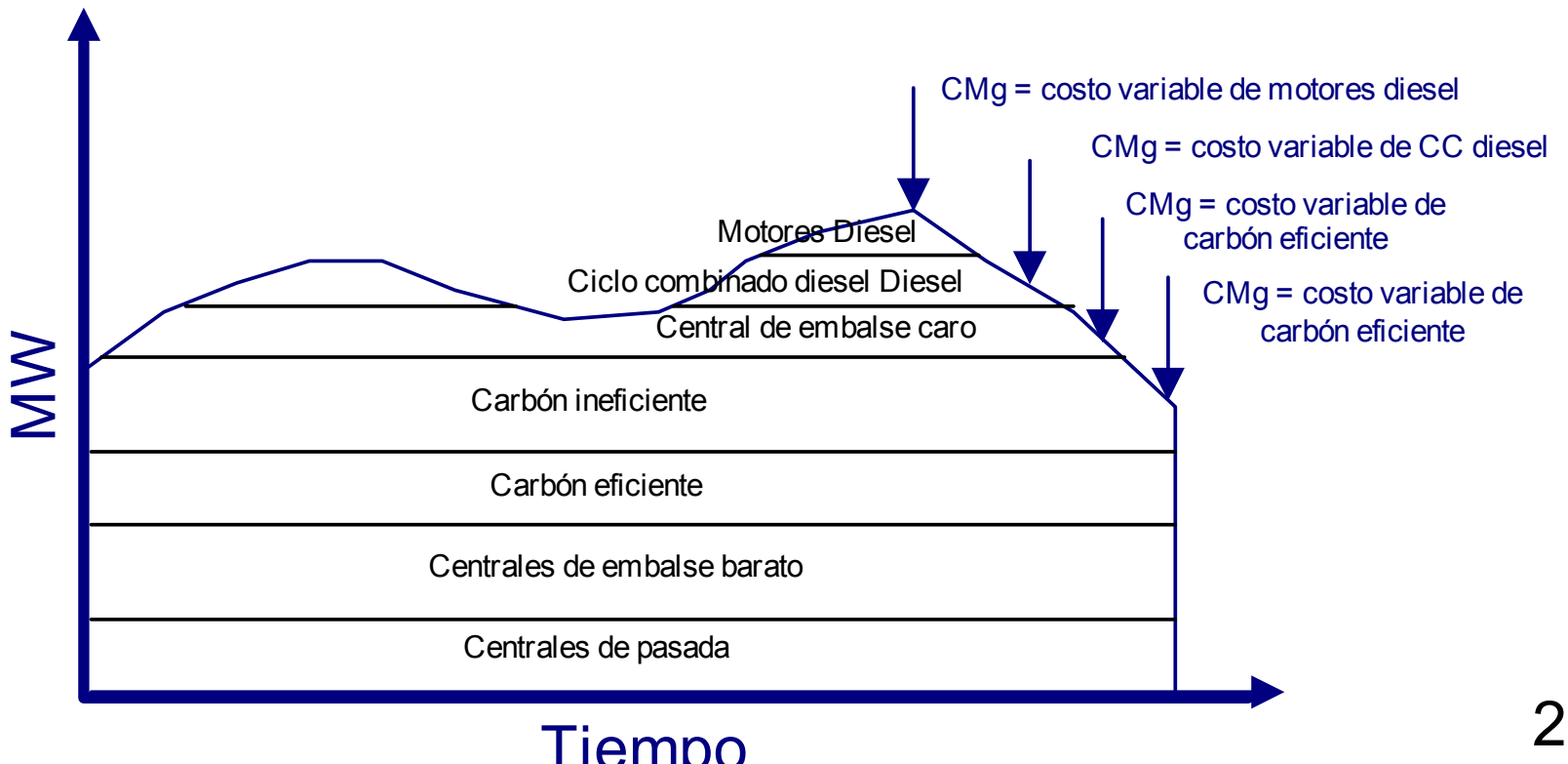
- Sistema de tarificación marginalista:

En condiciones óptimas, (parque generador adaptado a la demanda) los ingresos por **venta de energía a costo marginal**, más los ingresos por venta de potencia al **costo de desarrollo de centrales de punta,** cubre el costo de capital y los costos de operación de los generadores.



El negocio de la energía: Costos marginales

- Costo eficiente de producir una unidad adicional de energía a la demanda del sistema (1 kWh).
- Corresponde al costo variable de la central térmica más ineficiente o al costo asociado de una central de embalse.

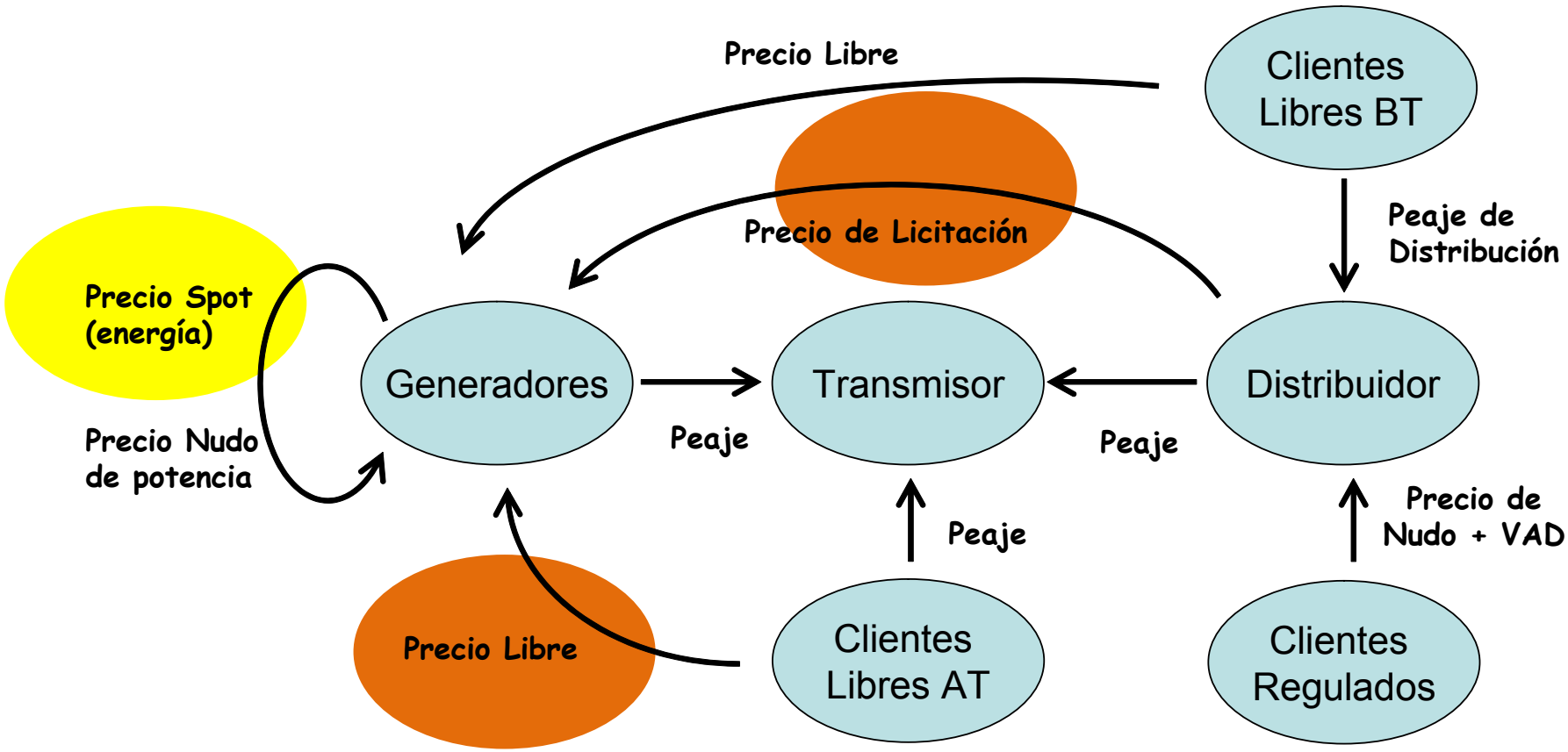


Mercados spot y de contratos

- Mercado spot.
  - Mercado de energía y potencia.
  - Precio horario de energía (unidad más cara).
  - Solo generadores tienen acceso al mercado spot.
  - Para intercambios entre generadores deficitarios y superavitarios.

- Mercado de contratos.
  - Mercados de energía y potencia.
  - Abierto a todos.
  - Obligación de suministro.

Agentes y estructura de precios y contratos



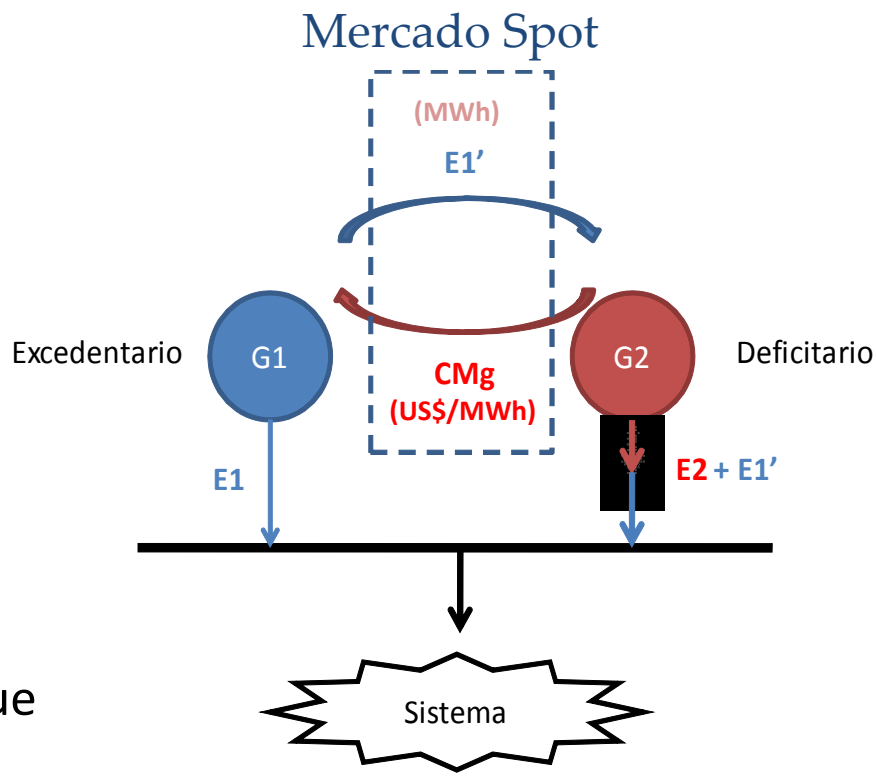
spot contratos

El negocio de la energía: Transferencias CDEC

- CDEC: encargado del balance de transferencia de energía y potencia.

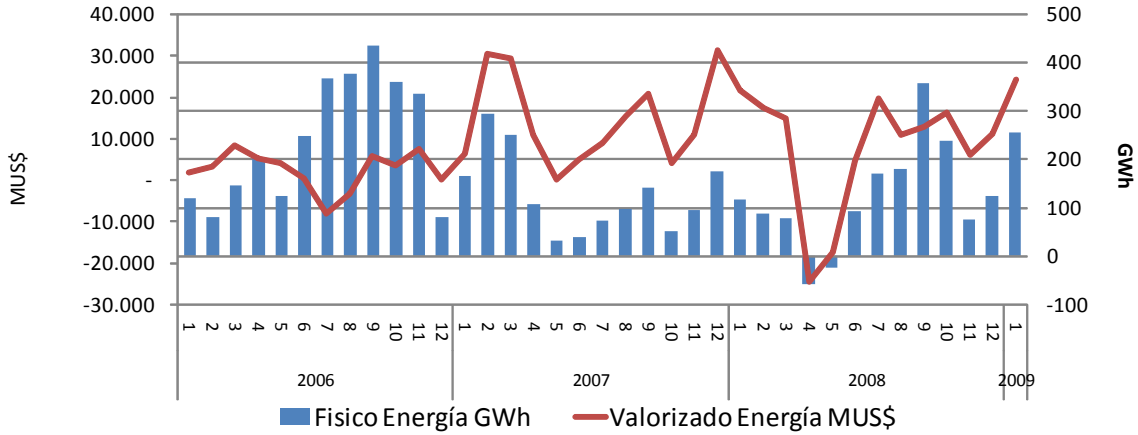
- Generadores deficitarios.
  - Aquellos generadores con contratos mayores a su generación real.

- Generadores superavitarios.
  - Aquellos generadores con contratos que son menores que su generación real.

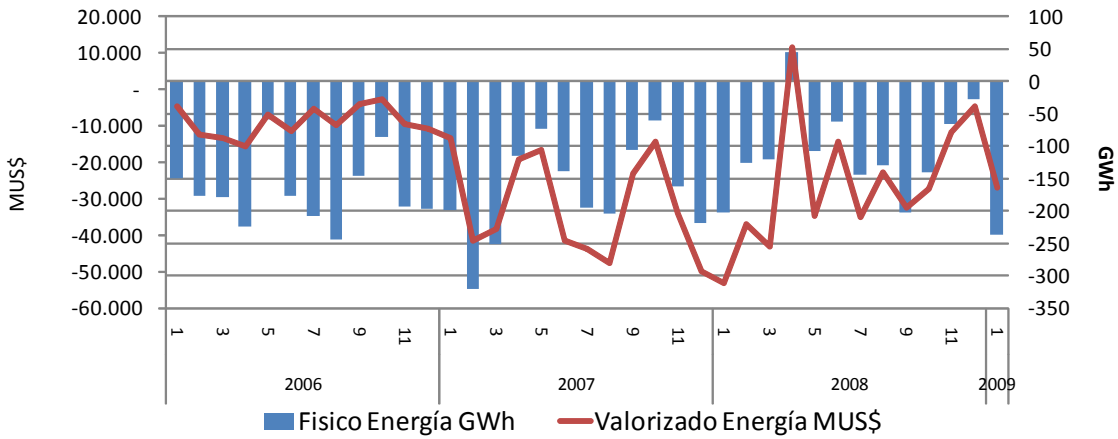


El negocio de la energía: Transferencias CDEC

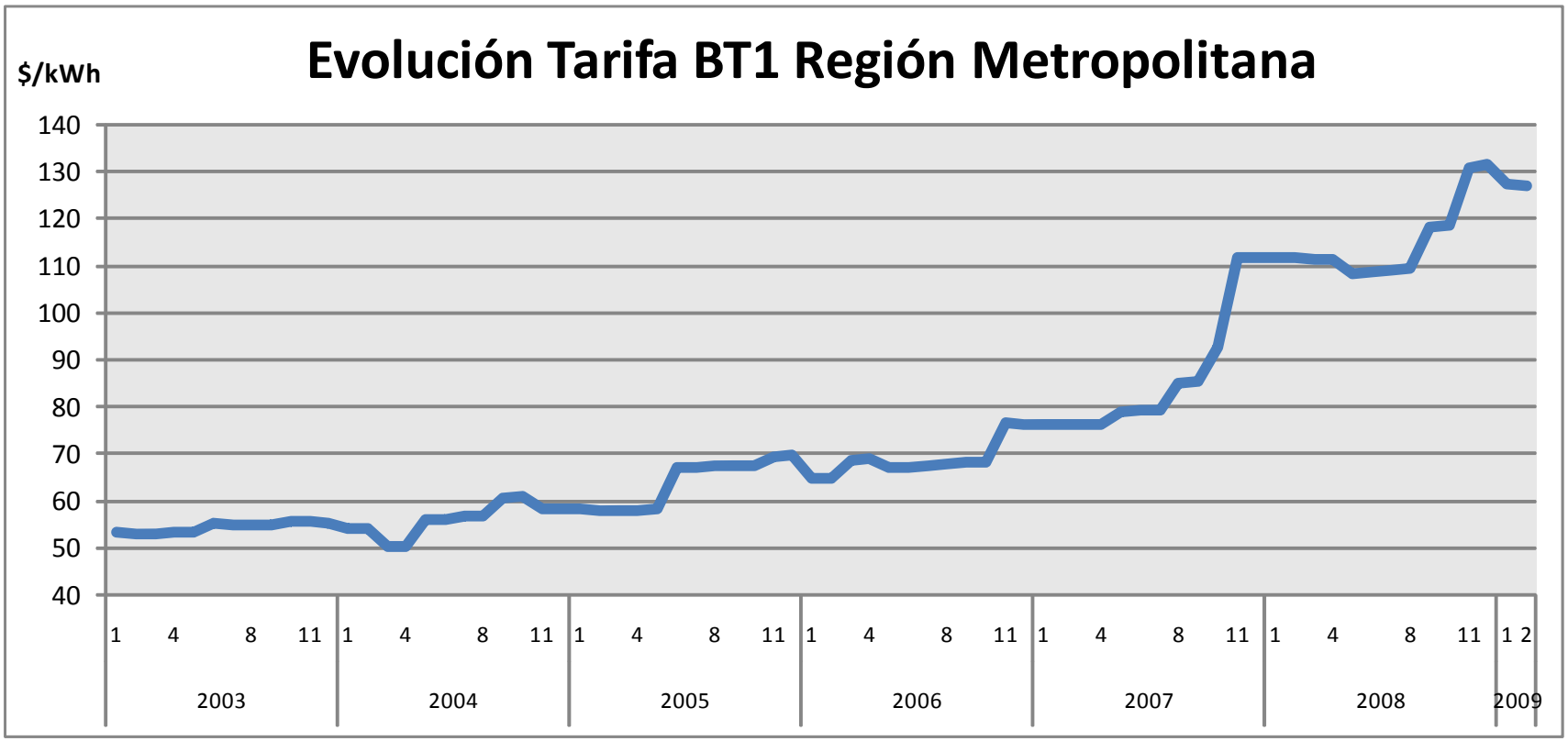
- Endesa.



- Colbún.

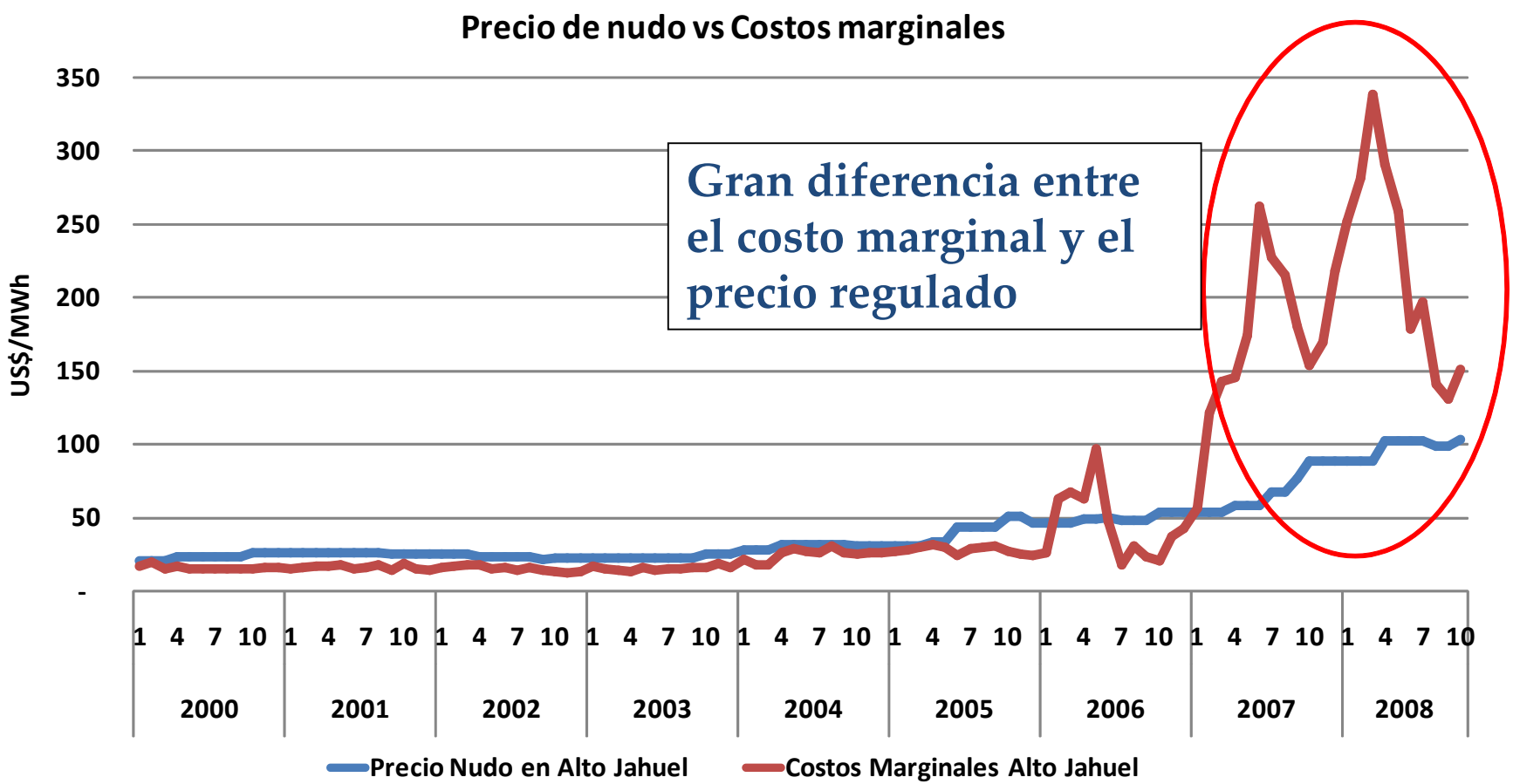


Precios regulados como proyección de spots- SIC



Fuente: CNE

Precios regulados como proyección de spots- SIC



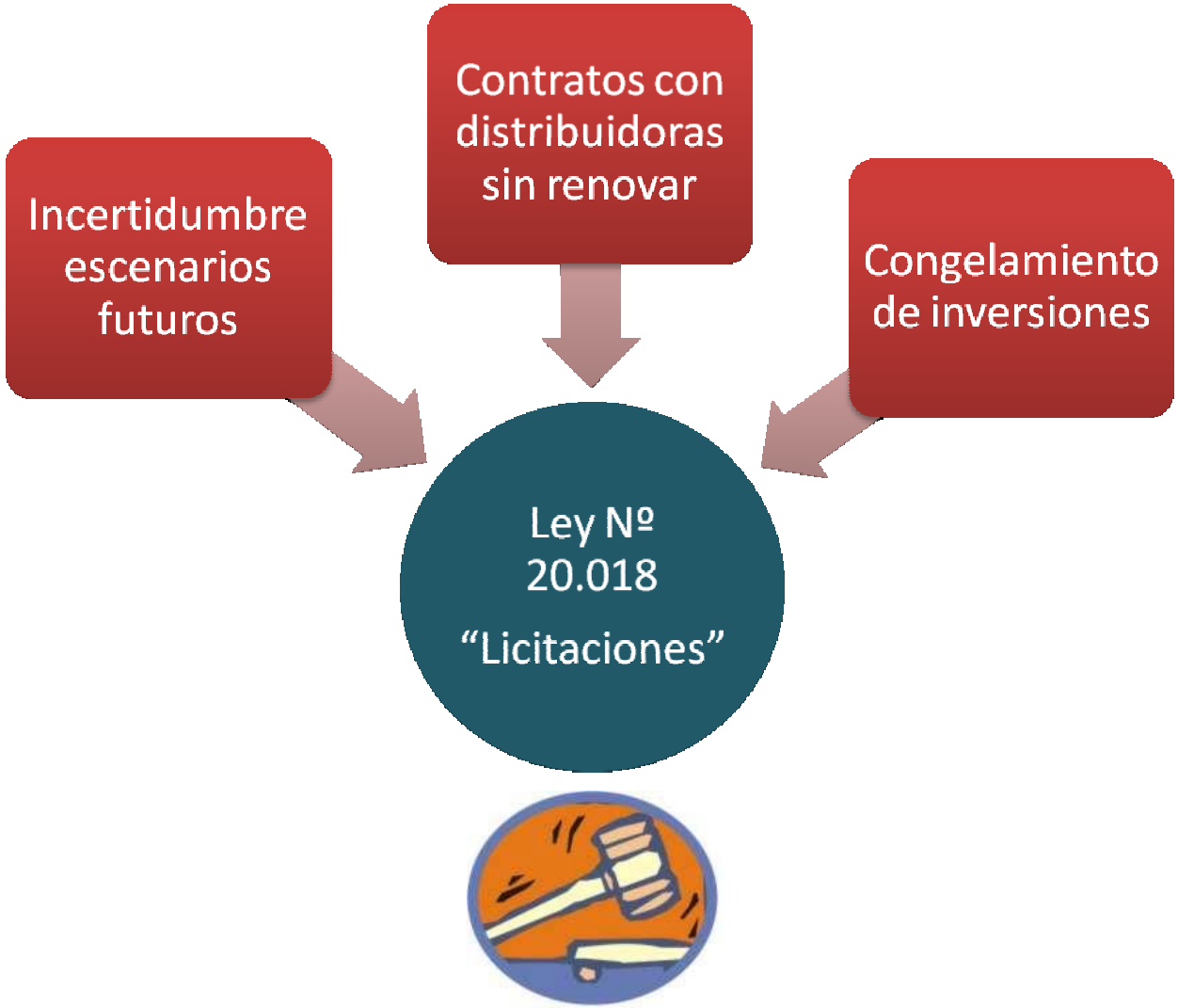
Fuente: CNE

Desarrollo del mercado: Marco regulatorio

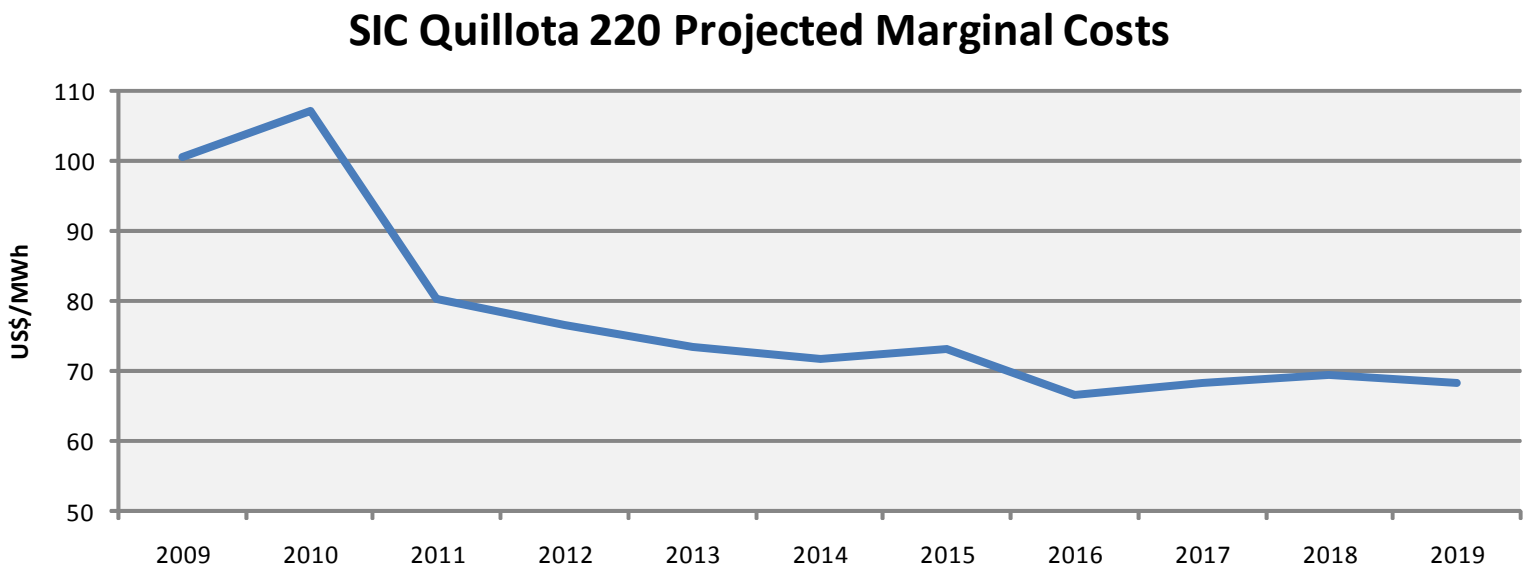
Ley 20.018 - Ley Corta II (2005)

- Permite a distribuidoras licitar su abastecimiento de energía.
- Reemplaza al precio spot (volátil) como señal de expansión.
- Precio de largo plazo basado en expectativas reales de costos de generación de los propios productores.
- Permite garantizar la inversión de generación con contratos de largo plazo, y el manejo de riesgo para la distribuidora.
- Busca fomentar la competencia con procesos de licitación abiertos, adjudicados al menor precio ofertado.
- Vigencia de contratos períodos de 15 años.

Desarrollo del mercado: Marco regulatorio



Escenarios futuros y costos marginales



	2009-2010		2011-2015		2016-2019	
Installed Capacity (MW)	**New**	**Accumulated**	**New**	**Accumulated**	**New**	**Accumulated**
Diesel	623	623	0	623	0	623
Coal	1.199	1.199	567	1.766	250	2.016
Wind	244	244	320	564	0	564
Run of river	317	317	997	1.314	1.930	3.244
Dual	240	240	0	240	0	240
Biomass	25	25	17	42	0	42
Dam	0	0	150	150	0	150
Geothermal	0	0	65	65	90	155
Total	2.648	2.648	2.116	4.764	2.270	7.034

Fuente: Systep

www.ing.puc.cl/power/

Hugh Rudnick
hrudnick@puc.cl
Facultad de Ingeniería
Pontificia Universidad Católica de Chile