



# La iniciativa **GEVI** El Primer Generador Virtual para Chile



Prof. Rodrigo Palma Behnke (*DIE, Universidad de Chile*)

**Co-autores:** Prof. Carlos Gherardelli (*DIMEC*), Prof. Francisco Gracia (*DIQ*), Prof. Patricio Mendoza (*DIE*), Claudio Vergara, Manuel Vargas.

**Apoyan:** *Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*  
*Departamento de Ingeniería Eléctrica*  
*Centro de Modelamiento Matemático,*  
*Instituto Milenio de Sistemas Complejos de Ingeniería*



# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. Visión
4. Objetivos y Metodología
5. Estado Actual
6. Conclusiones

# 1. Introducción / El sector eléctrico

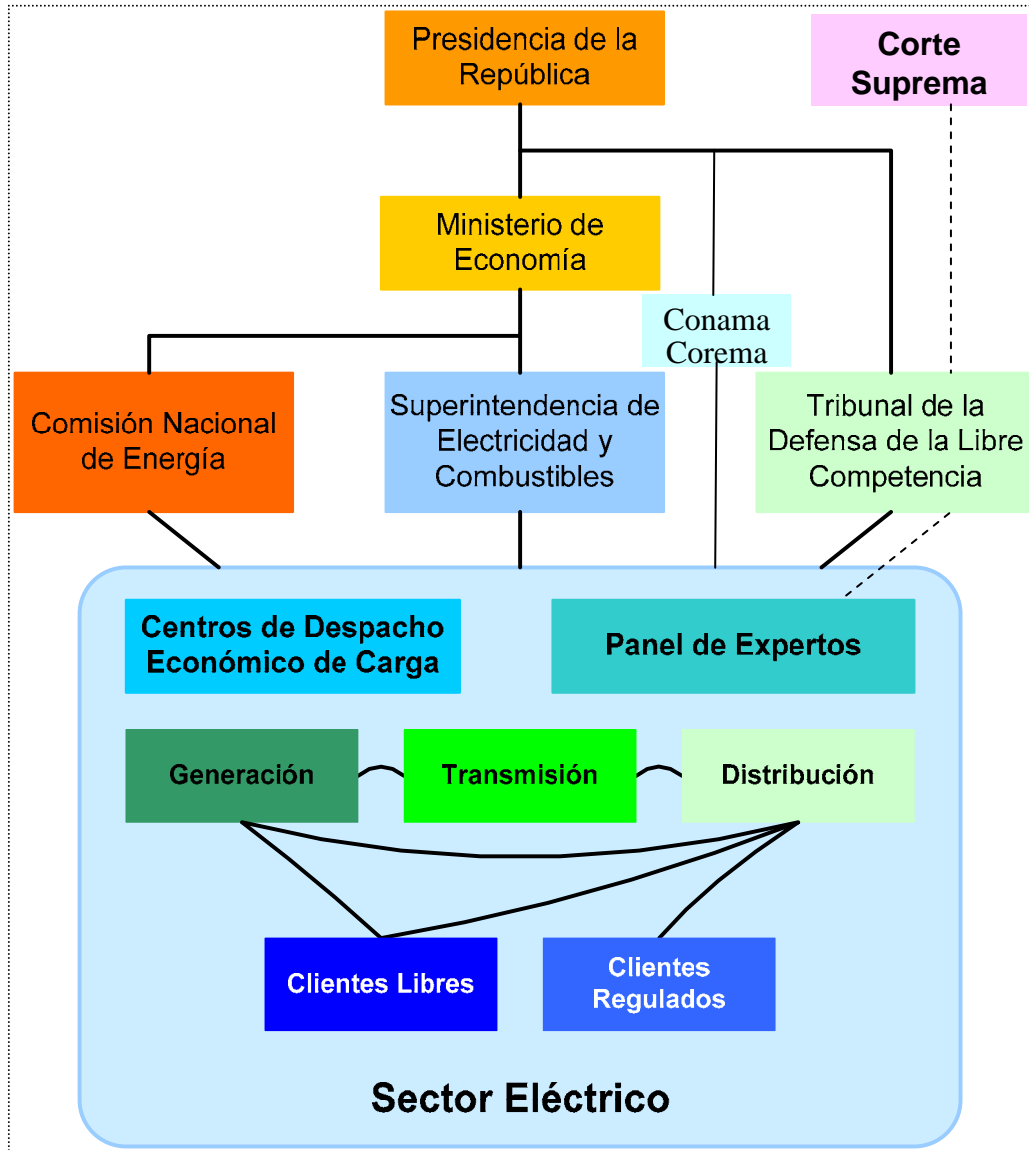
## Capacidad instalada de generación eléctrica en Chile por sistemas

Installed capacity of electric power in Chile by systems



Arica y Parinacota Tarapacá	Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) <i>Norte Grande Interconnected System (SING)</i>		
Antofagasta		3.596 MW	29, 2%
Atacama	Sistema Interconectado Central (SIC) <i>Central Interconnected System (SIC)</i>		
Coquimbo Valparaíso Región Metropolitana Lib. B. O'Higgins Maule		8.632 MW	70%
Bio Bío Araucanía Los Ríos Los Lagos			
Aysén	Sistema de Aysén <i>Aysén System</i>	33 MW	0,3%
Magallanes	Sistema de Magallanes <i>Magallanes System</i>	65 MW	0,5%

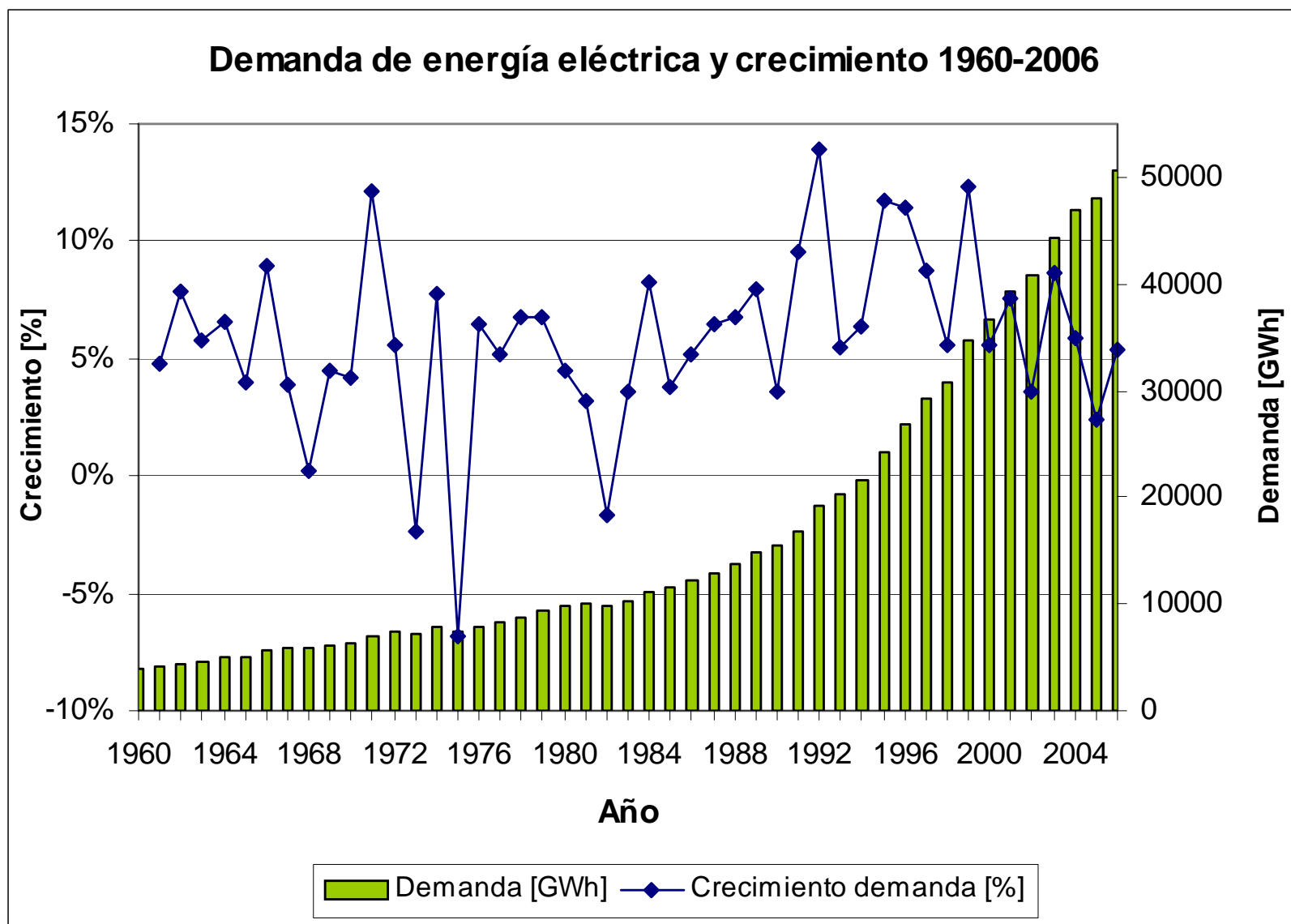
Fuente Source: CNE CONICYT



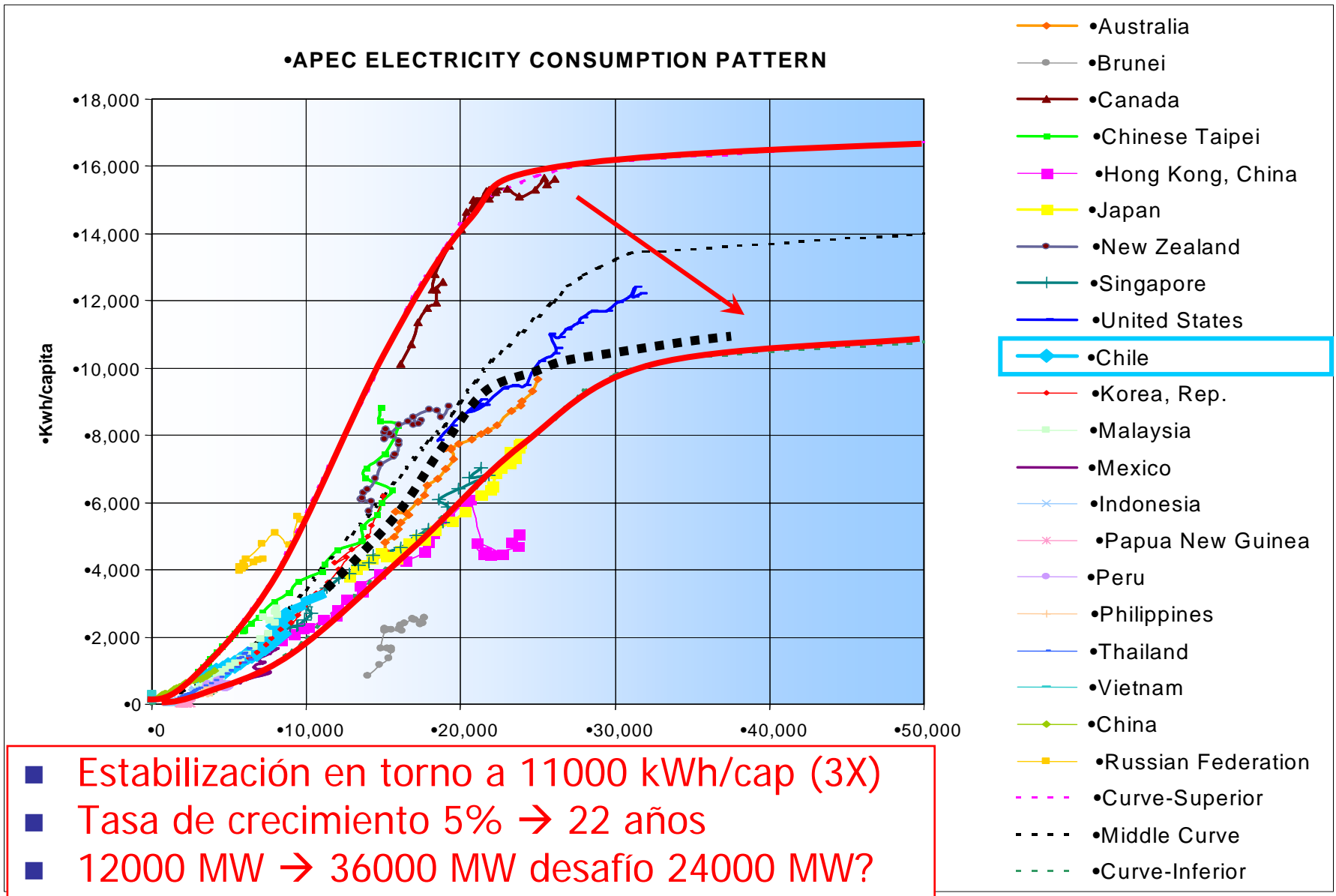
\* Fuente. U. de Chile

Calama, Junio 2008

# 1. Introducción / El crecimiento de Demanda



# 1. Introducción – Tarea Pendiente

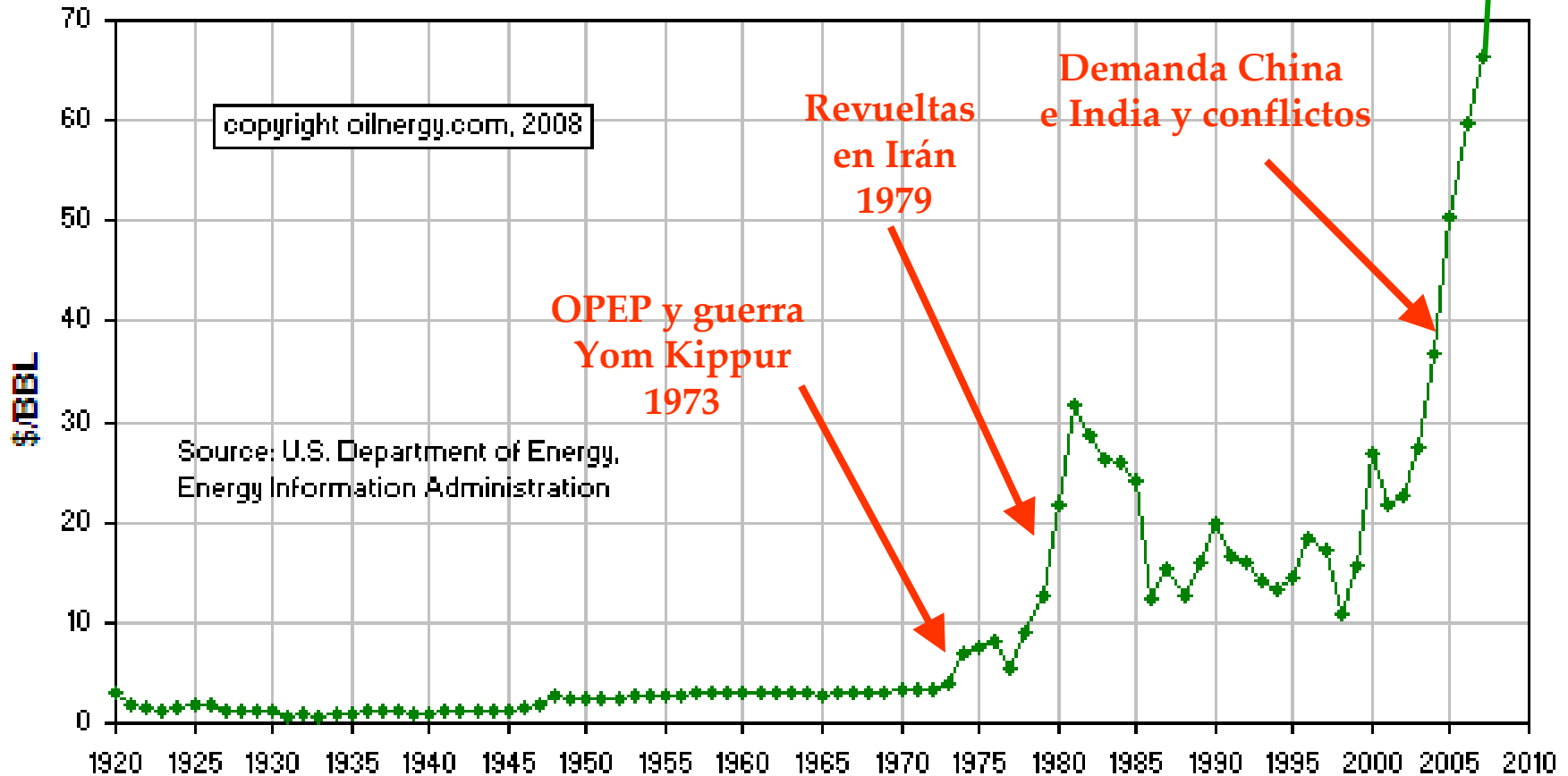


- Estabilización en torno a 11000 kWh/cap (3X)
- Tasa de crecimiento 5% → 22 años
- 12000 MW → 36000 MW desafío 24000 MW?

Fuente: APEC, L. Vargas U. de Chile

# 1. Introducción – Precios de combustibles

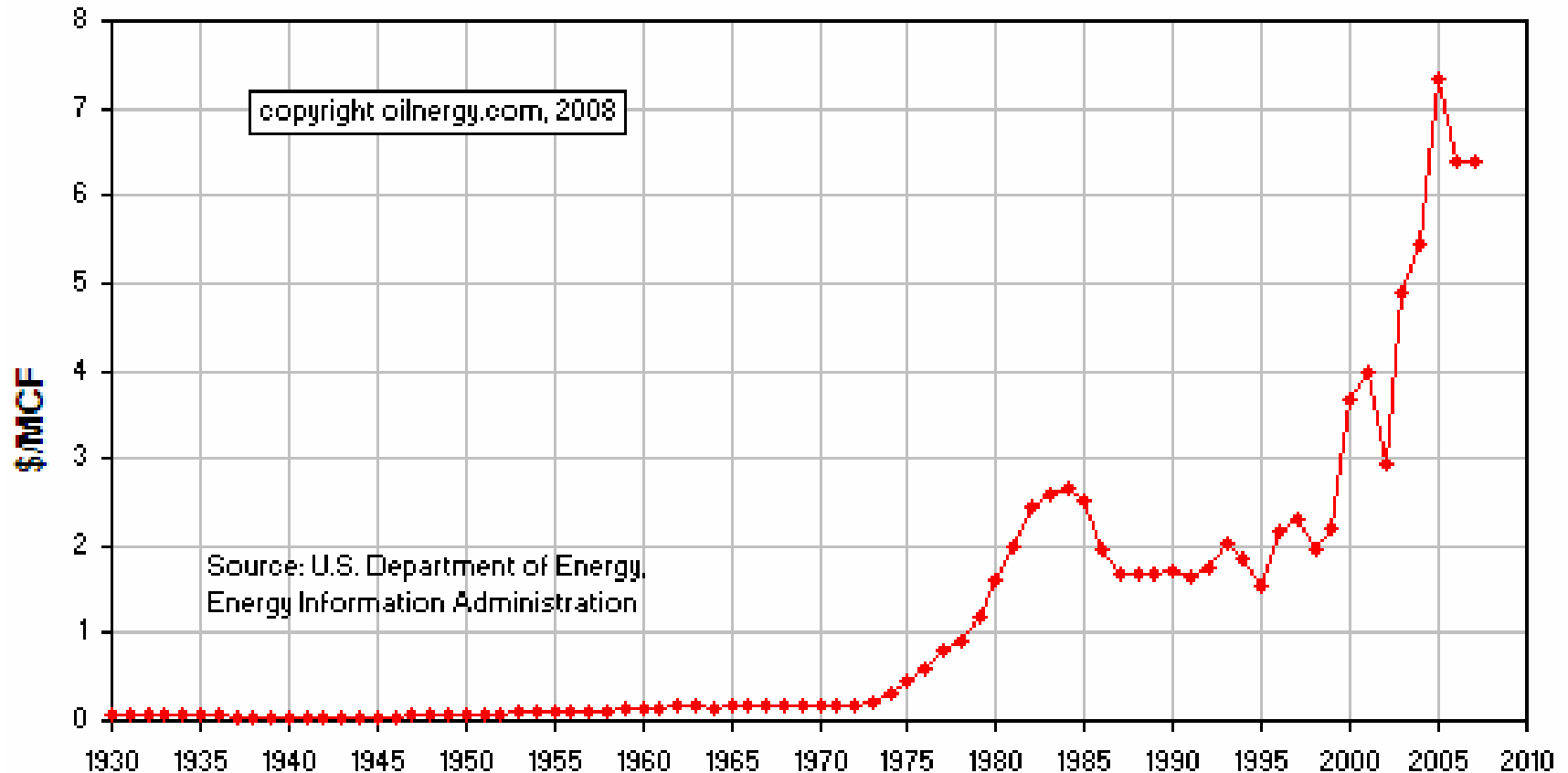
## Petróleo



\* Ref: Systep

# 1. Introducción – Precios de combustibles

## Gas natural

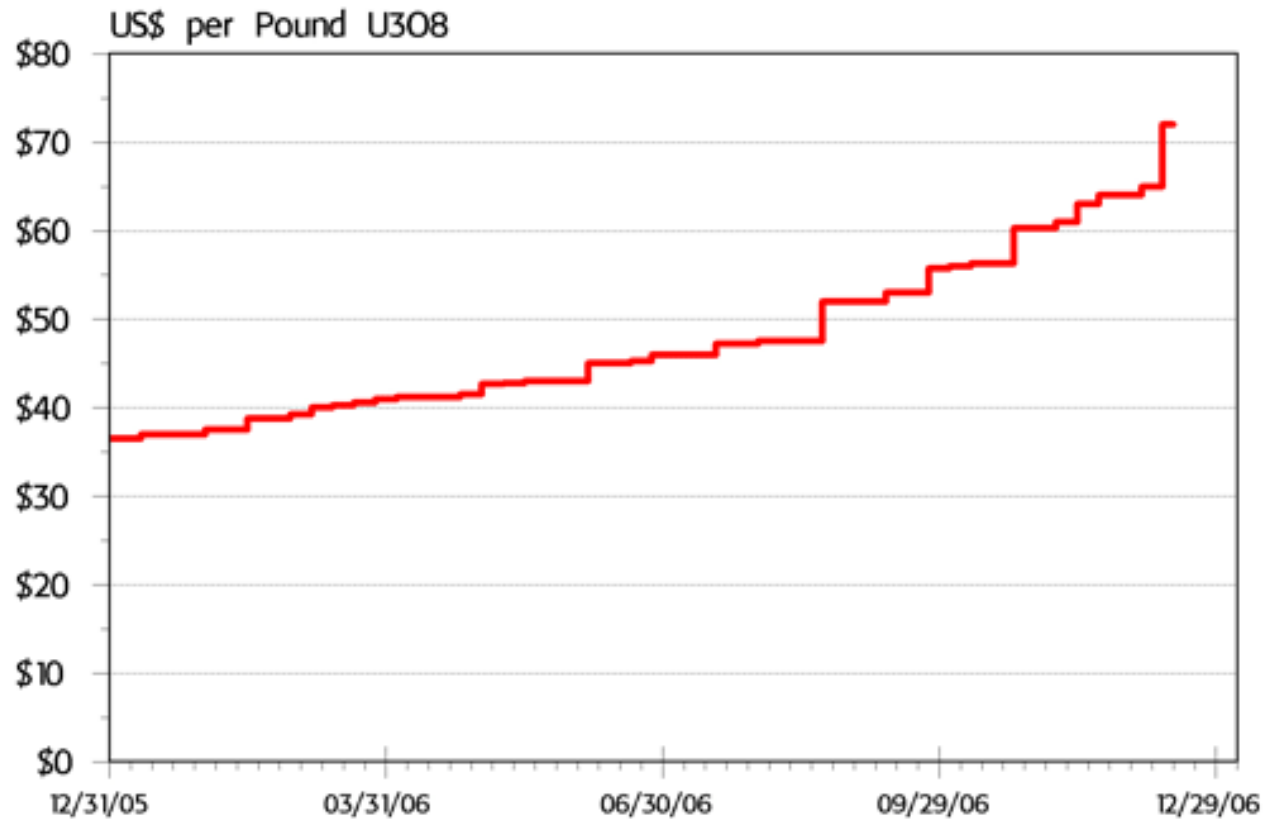


\* Ref: Systep

# 1. Introducción – Precios de combustibles

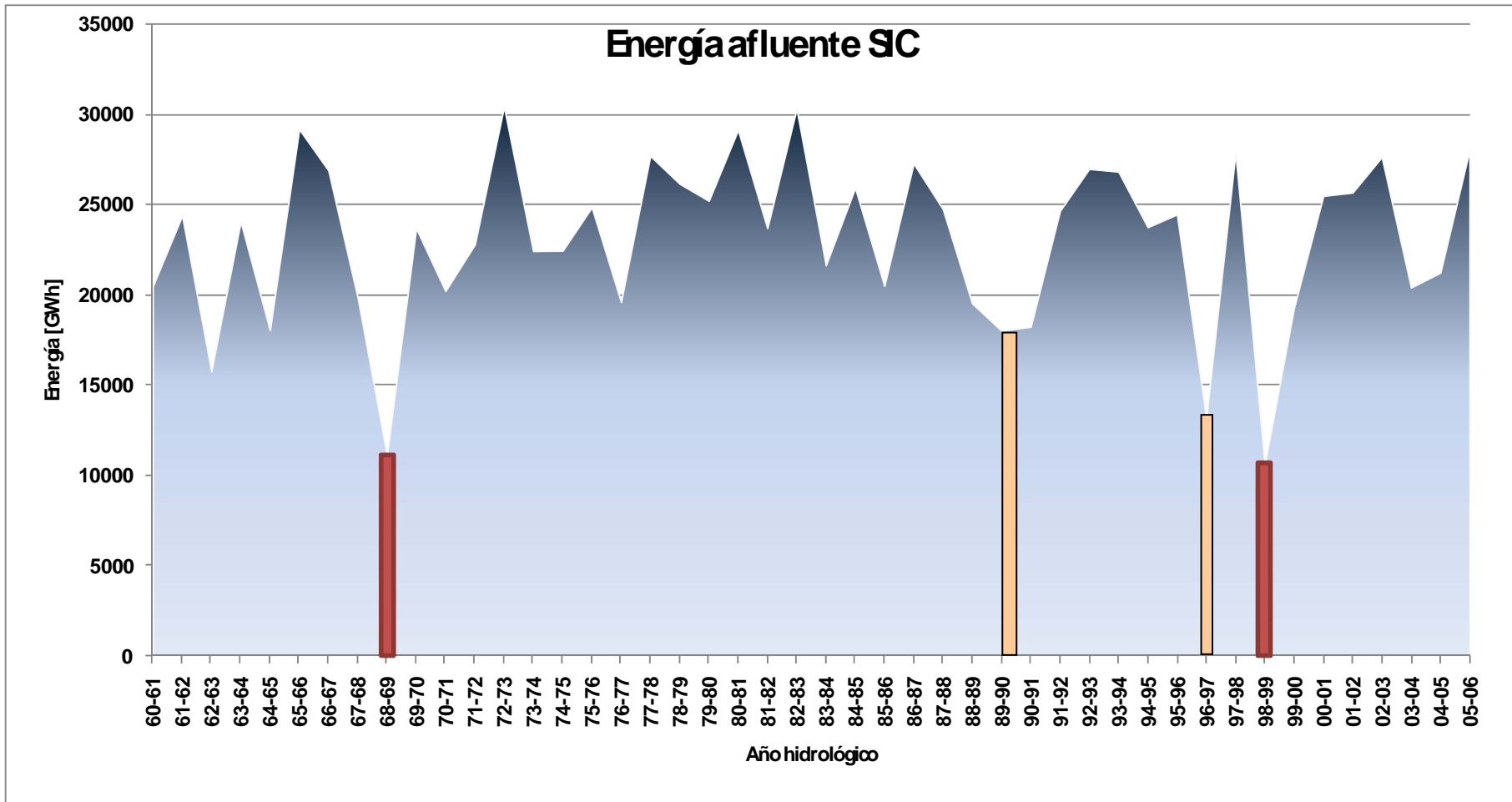
## Uranio

### NUEXCO/TradeTech Uranium Spot Prices for 2006



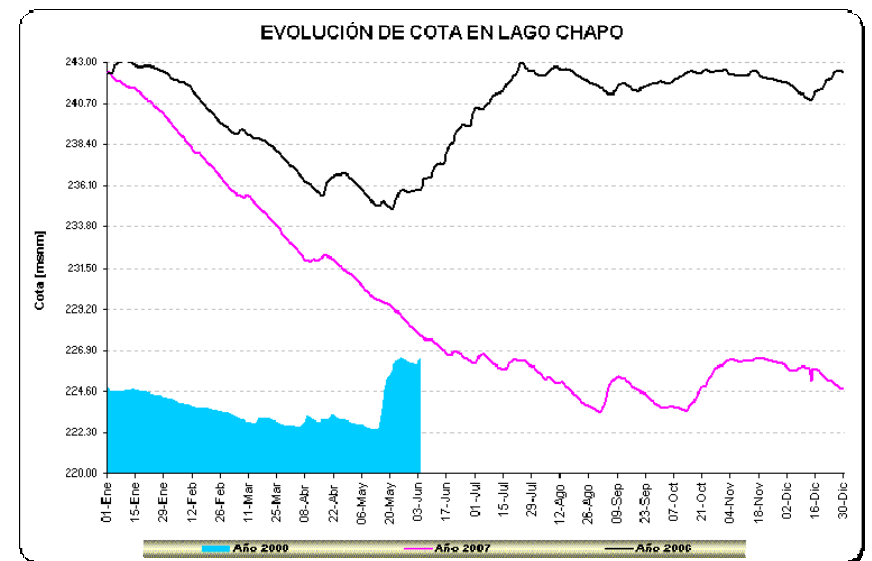
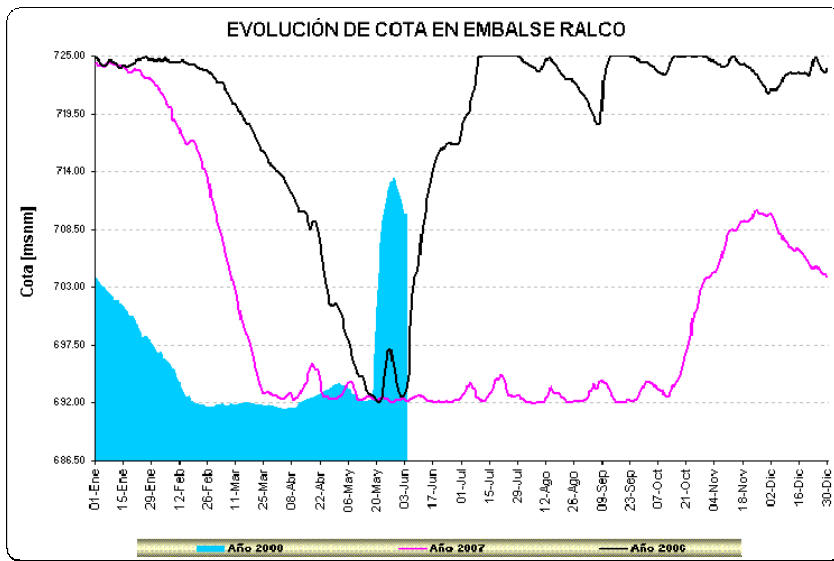
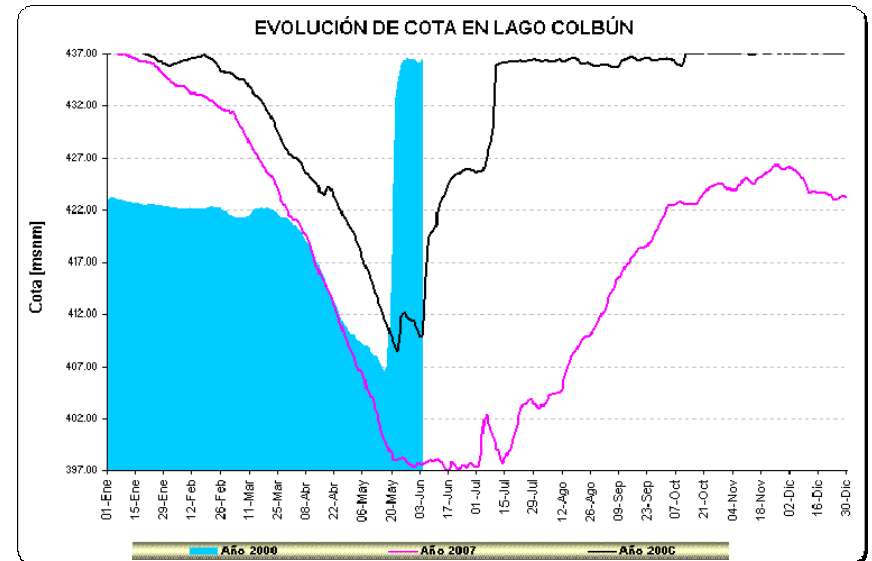
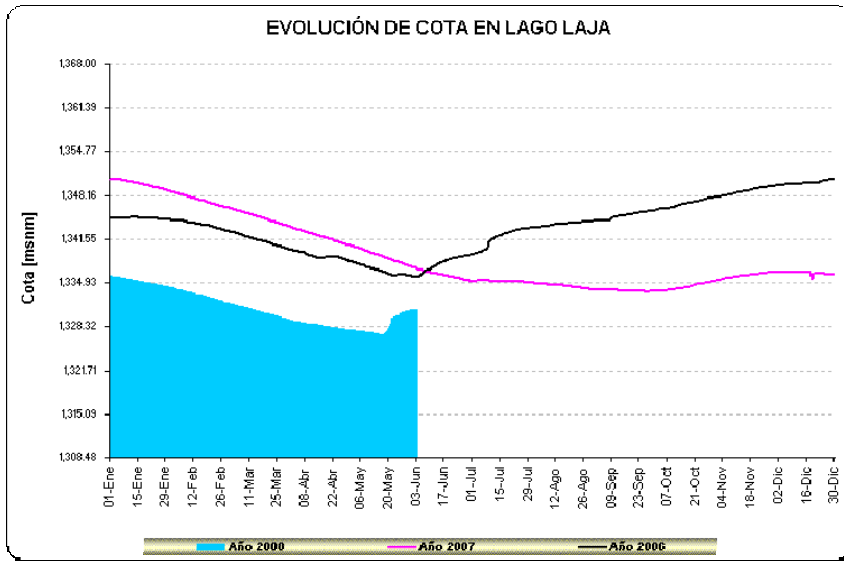


# 1. Introducción – Disponibilidad hidráulica



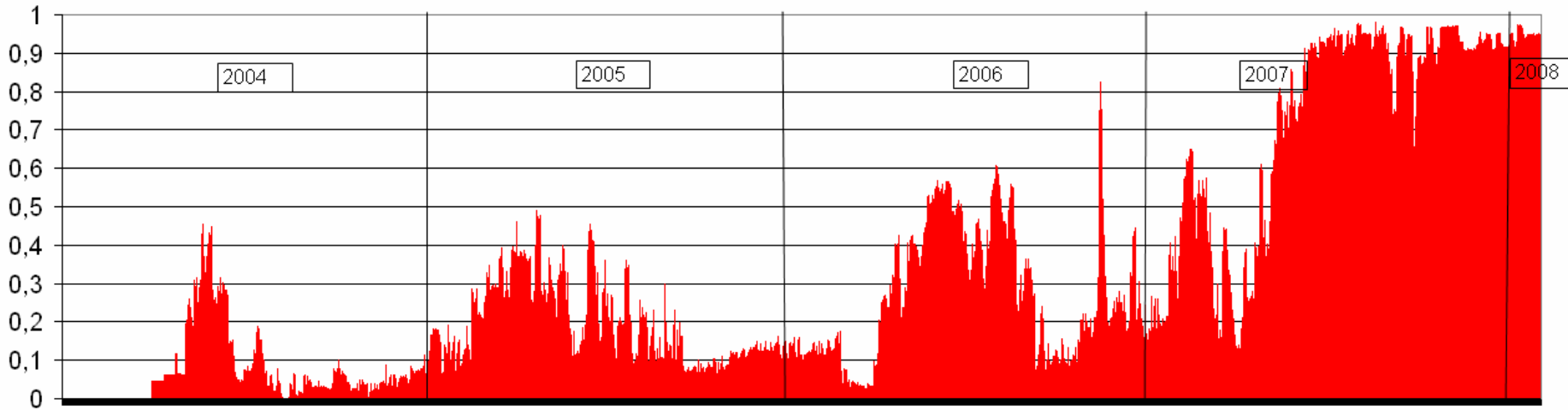
\* Ref: CNE

# 1. Introducción – Disponibilidad hidráulica

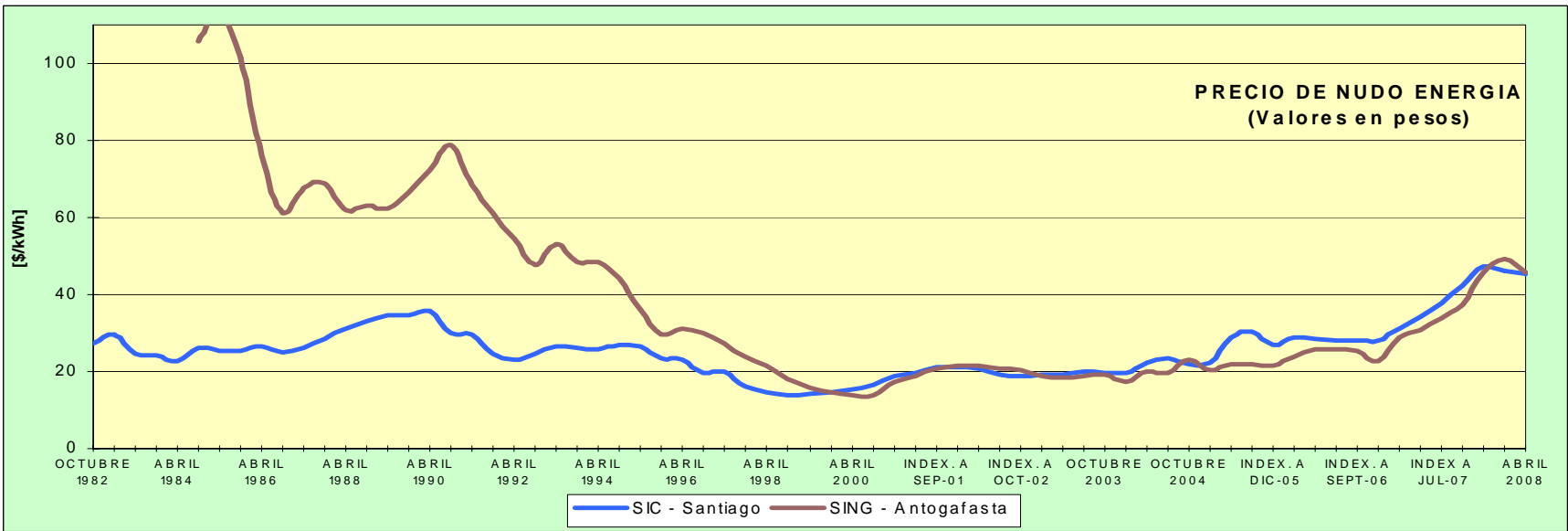
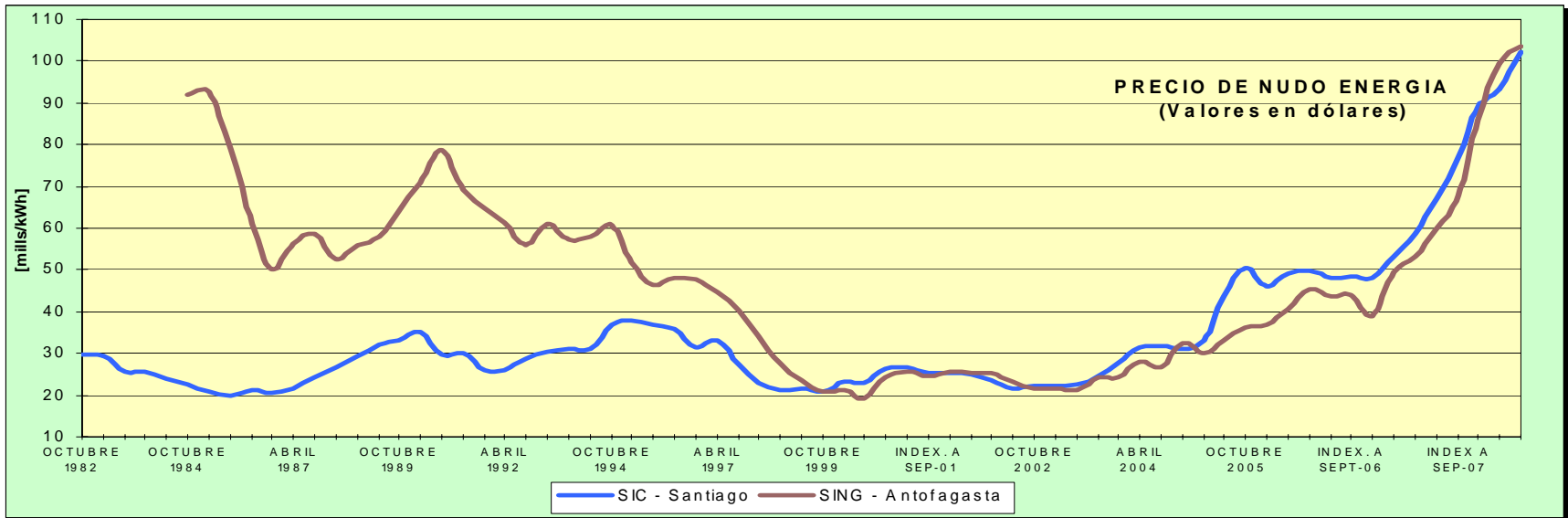


# 1. Introducción – Disponibilidad gas natural

- Recortes de gas de Argentina.

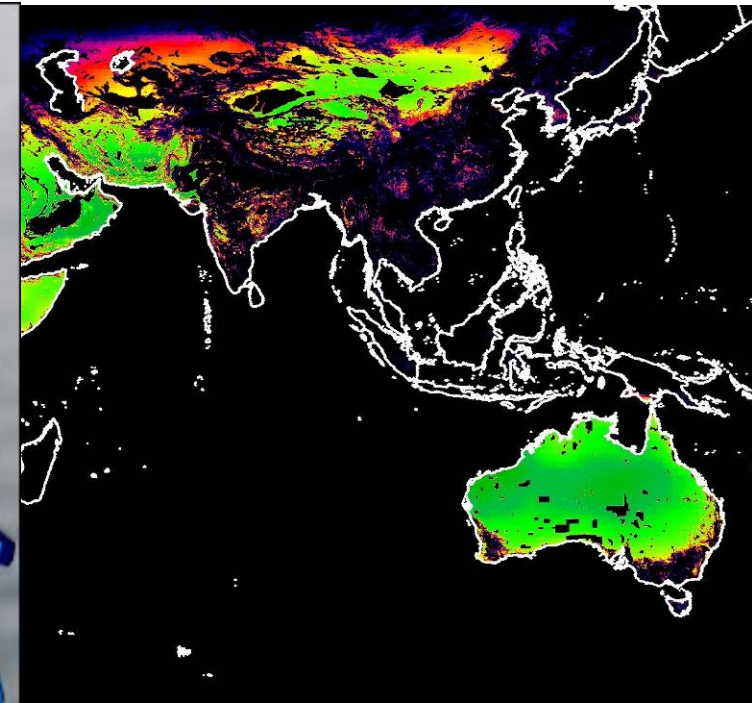
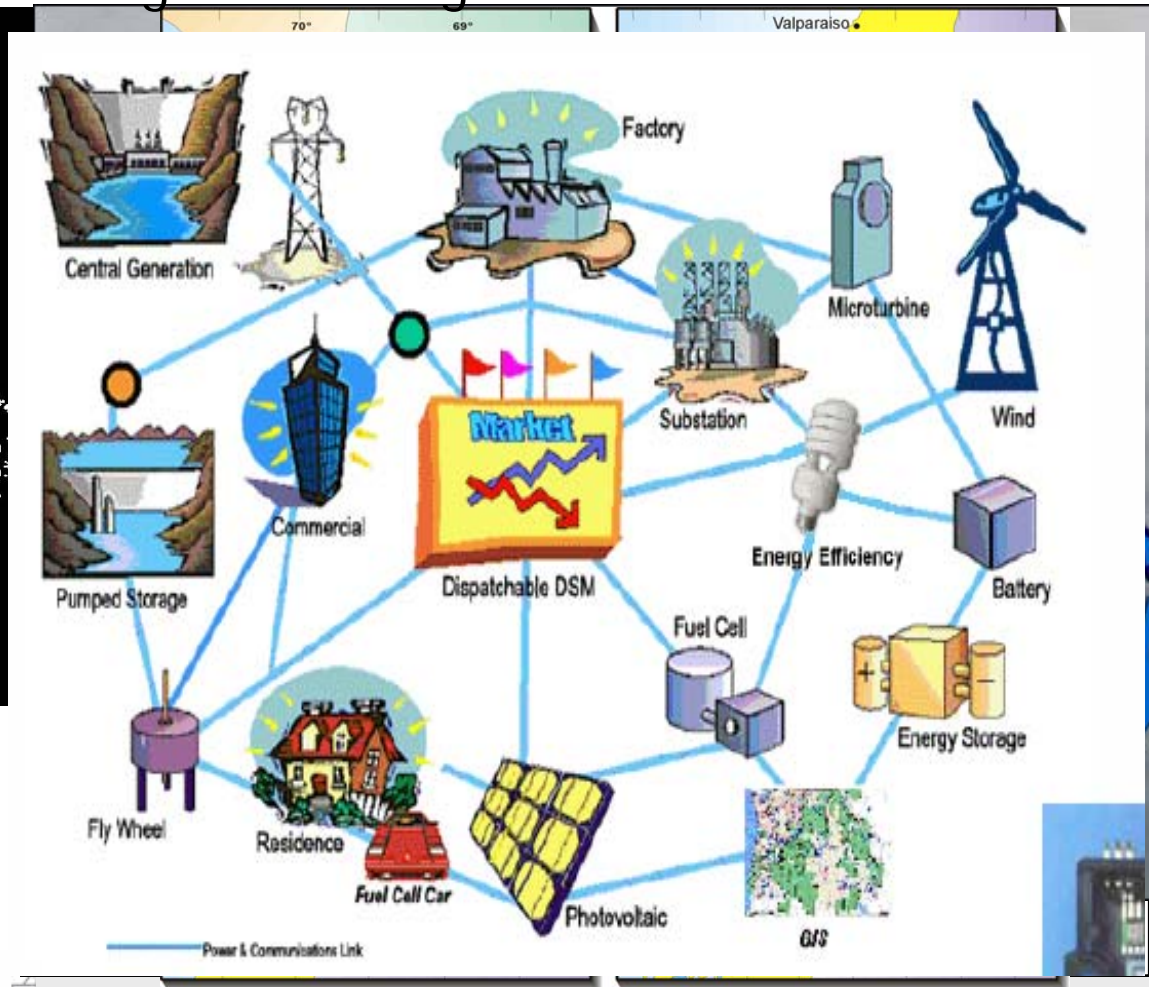


# 1. Introducción – Precios de Nudo



# 1. Introducción – Motivación

- Visión futura de los sistemas eléctricos
- Situación actual en Chile: generación distribuida **rareza**, gran potencial no evaluado!, respuesta a seguridad energética.



**VOLCANES CUATERNARIOS**  
▲ Con su nombre los volcánes activos.

**AREAS DE FUENTES TERMALES**  
● 30° - 60° C  
● > 60° C

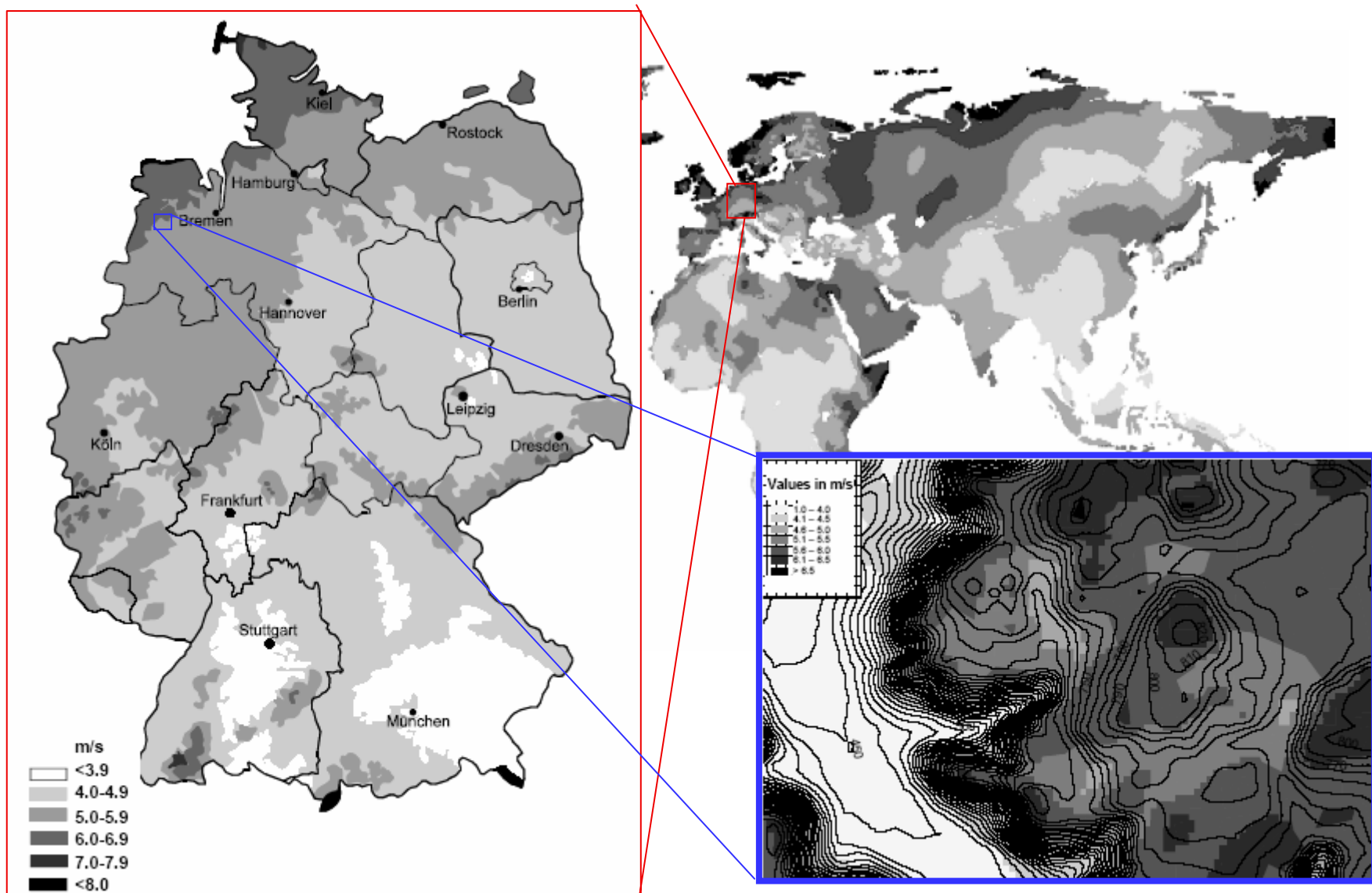
NIDO.

Ref: KEMA Consulting.

Calama, Junio 2008

13

# 1. Introducción – Potencial de recursos





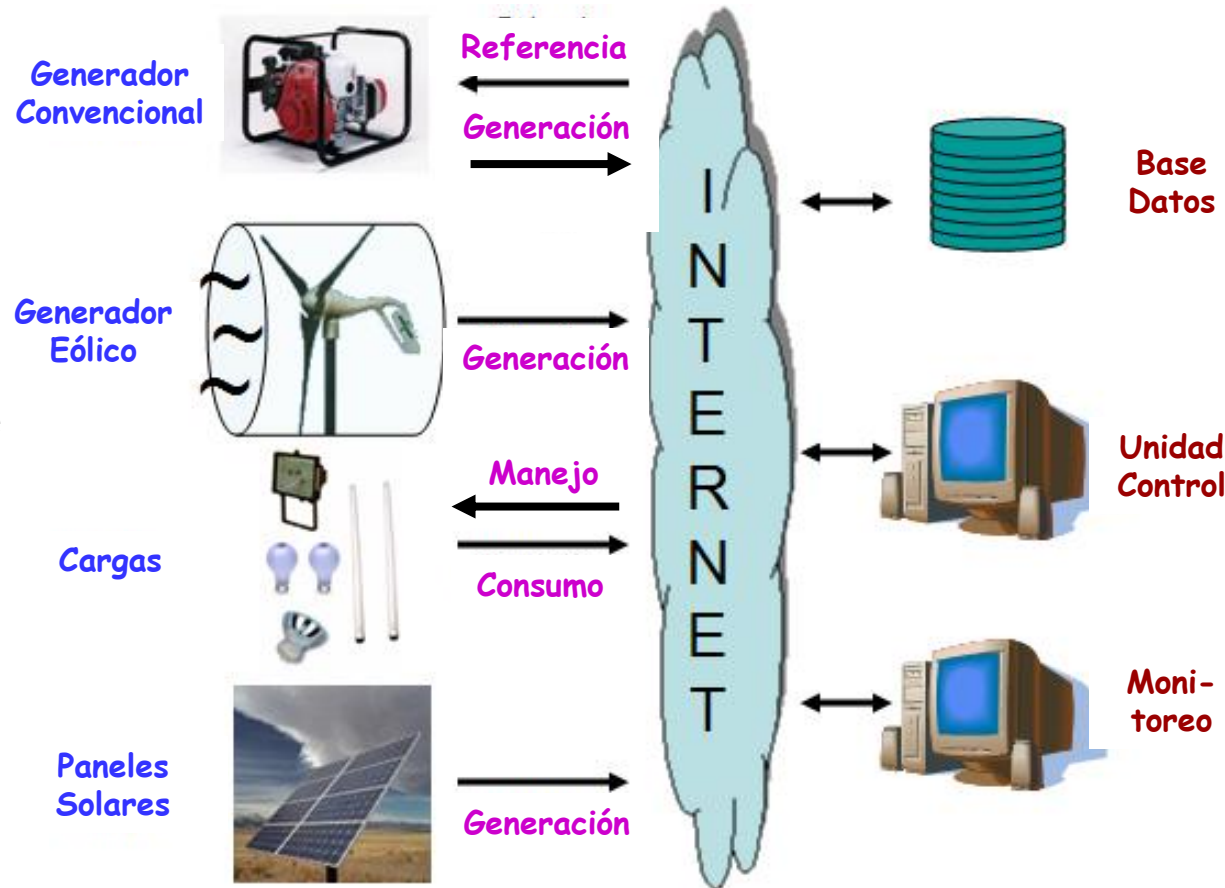
# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. **Generador Virtual**
3. Visión
4. Objetivos y Metodología
5. Estado Actual
6. Conclusiones

## 2. Generador Virtual - Definición

### Definition (VPP)

- **GEVI:** Grupo de generadores distribuidos (GD) operando bajo un esquema de coordinación común.
- **GD:** Generación de electricidad con unidades de pequeña escala ubicadas en la cercanía de los consumos
- **Participación como un solo agente de mercado.**
- **Alta diversidad de fuentes & soluciones tecnológicas.**





## 2. Generador Virtual – Iniciativas Internacionales



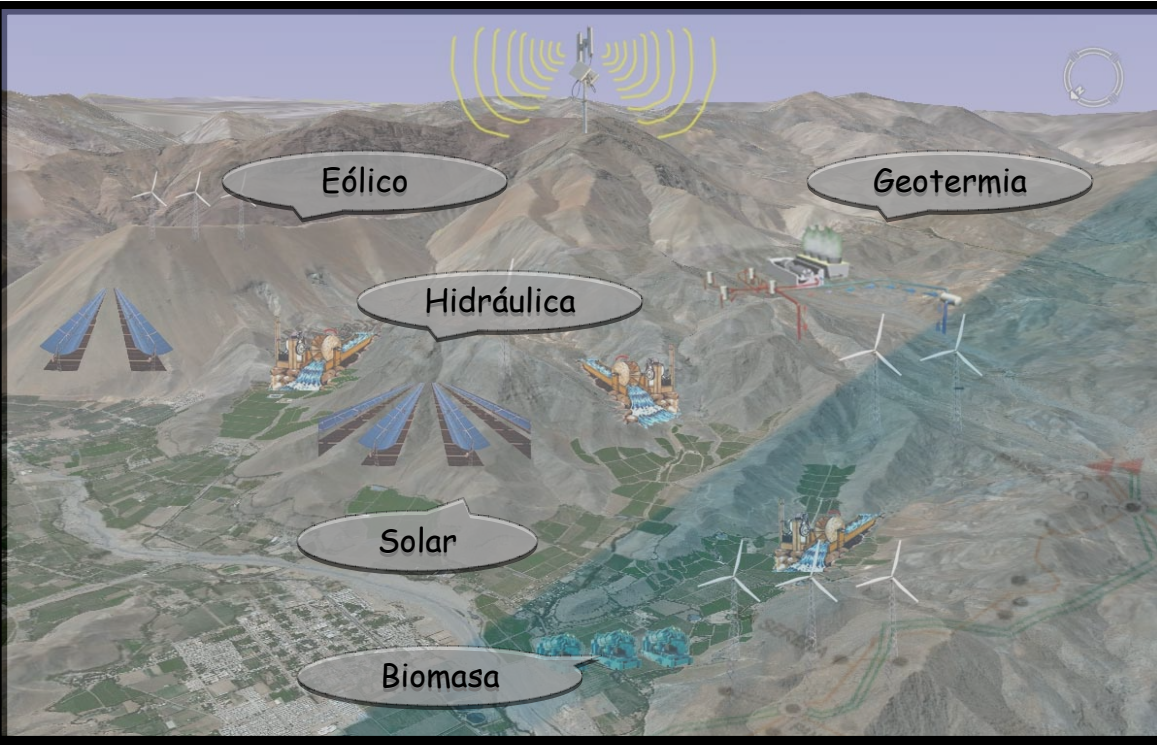
Ref: ISET

- ISET laboratories
- STEAG Project
- Encorp Virtual Power Plant
- Virtual FC Power Plant
- Fenix project (DER European Union)
- SOLID-DER
- Previous projects in Europe (CRISP, DISPOWER, MICROGRIDS, EUDEEP)
- Virtual Power Plant NATCON7
- Decentralized Energy Management System by SIEMENS
- NTT research centre, Japan (control-communication)



# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. **Visión**
4. Objetivos y Metodología
5. Estado Actual
6. Conclusiones



## Recursos Energéticos:

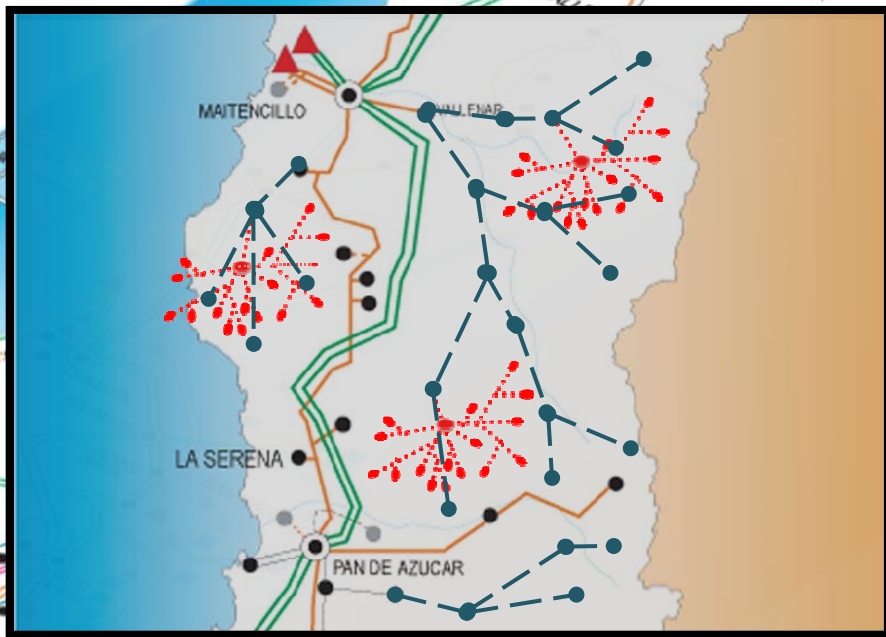
Hidráulica  
 Eólico  
 Solar Fotovoltaico  
 Solar Concentrador  
 Biomasa  
 Diesel  
 Geotermia  
 Mareomotriz

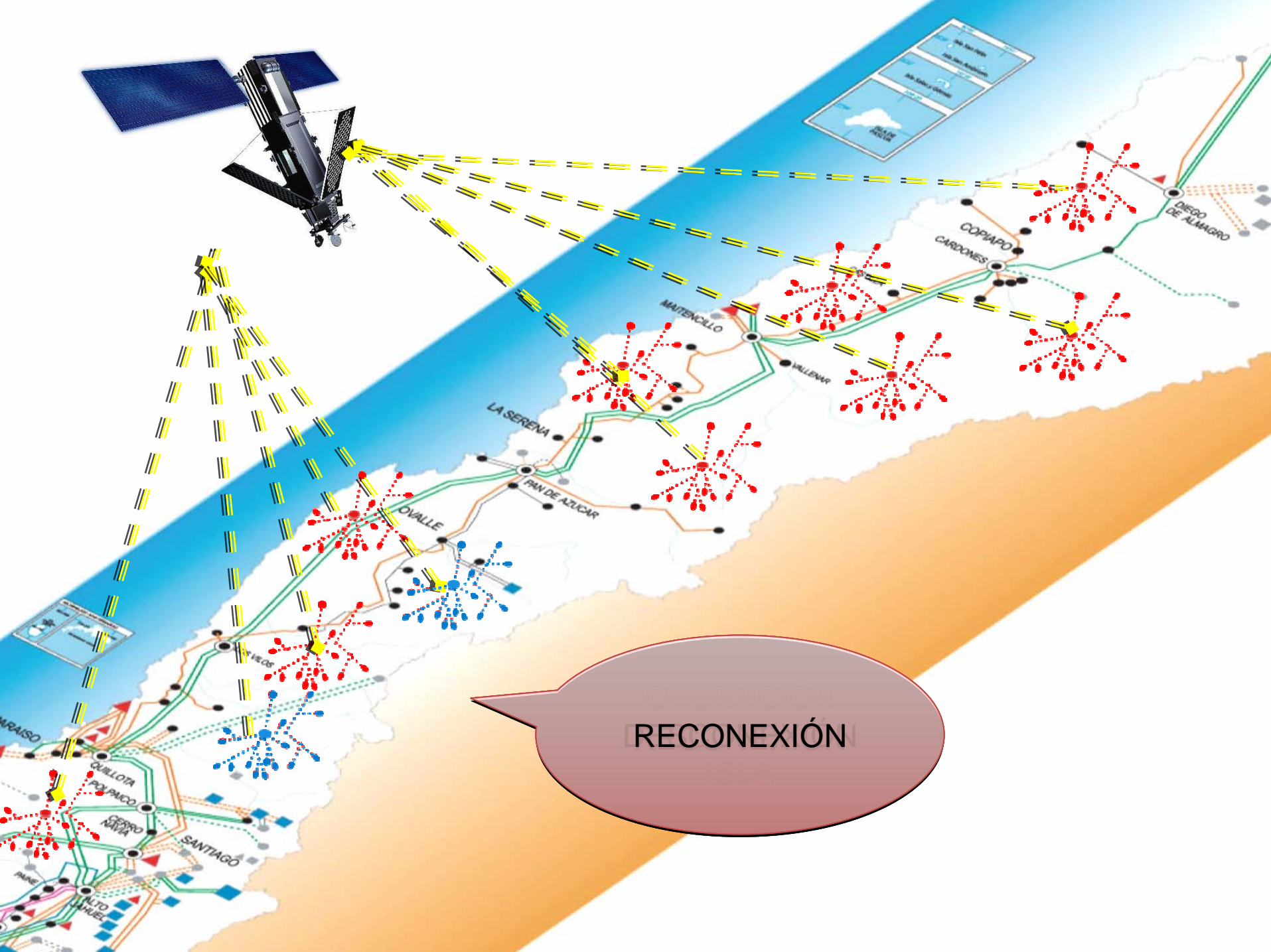
## Configuraciones GEVI:

Administrador de Redes  
 Urbano  
 Zona auto-sustentada  
 Exportador puro  
 Minero

## Modos de Operación:

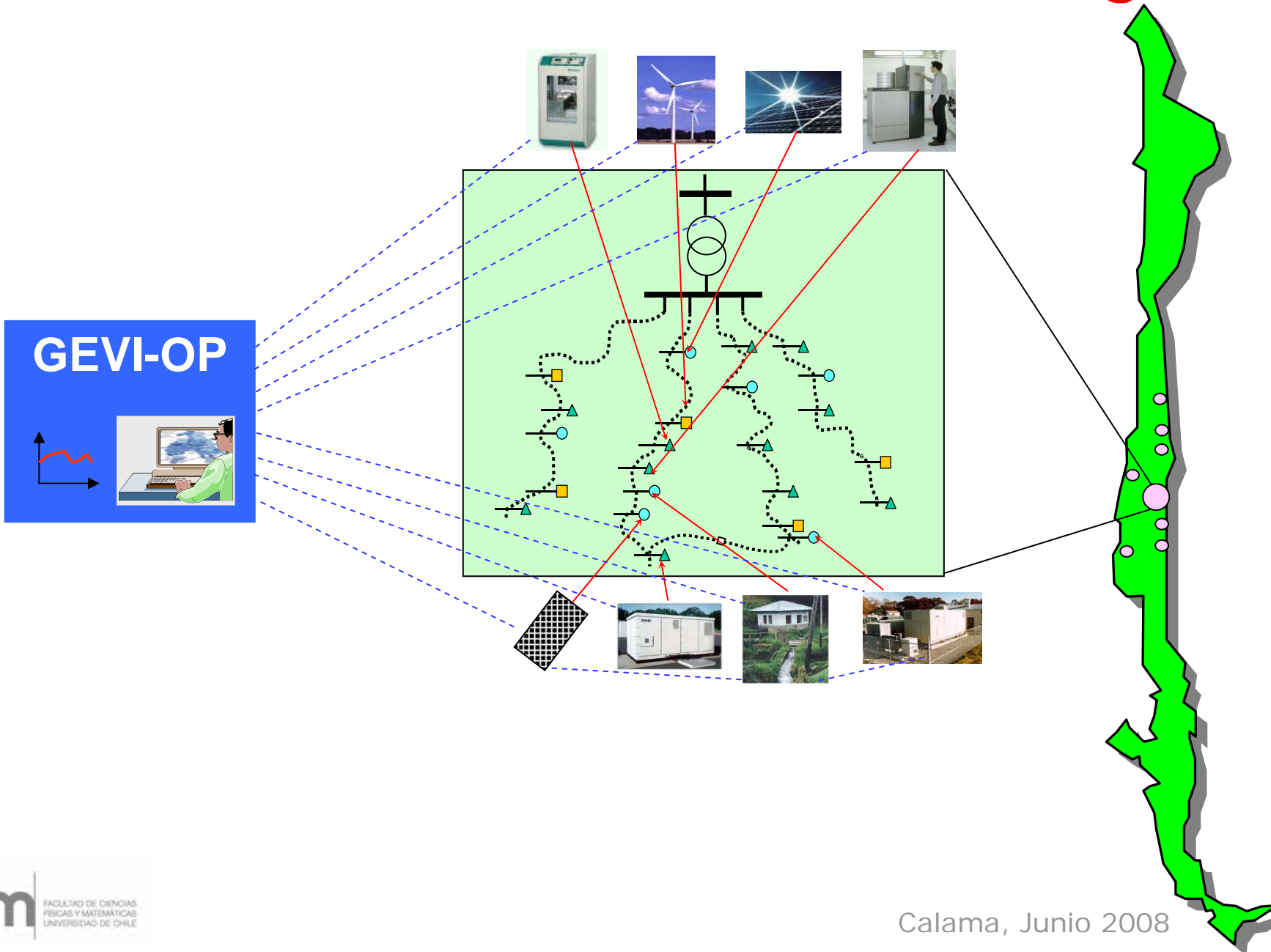
Isla  
 Calidad de Suministro y  
 Gestión de Redes  
 Exportador de Energía





RECONEXIÓN

# 3. Visión – Zona autosustentada en energía





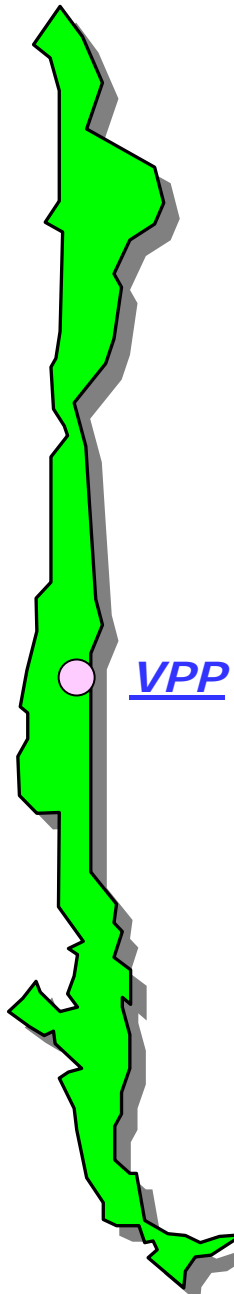
# Contenido

1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. Visión
4. **Objetivos y Metodología**
5. Estado Actual
6. Conclusiones

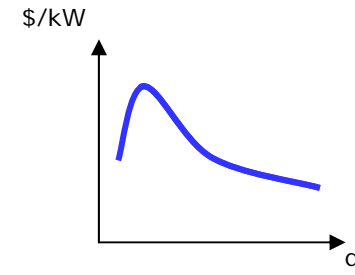
# 4. Objetivos / Metodología

## Objetivos de la iniciativa

- Contribuir con soluciones tecnológicas para alcanzar **seguridad energética del país** y **mejorar el entorno**.
- **Alcanzar el desarrollo de un GEVI competitivo**: concepto general, servicios (mercado), esquema de control, plataforma de comunicación, interfaces, desarrollos tecnológicos específico.
- **Replicabilidad**: Aprovechar oportunidad para exportar idea y soluciones.
- **Primer prototipo GEVI** que entre en operación en el país a comienzos del año 2010 de manera de validar los modelos y equipos desarrollados.

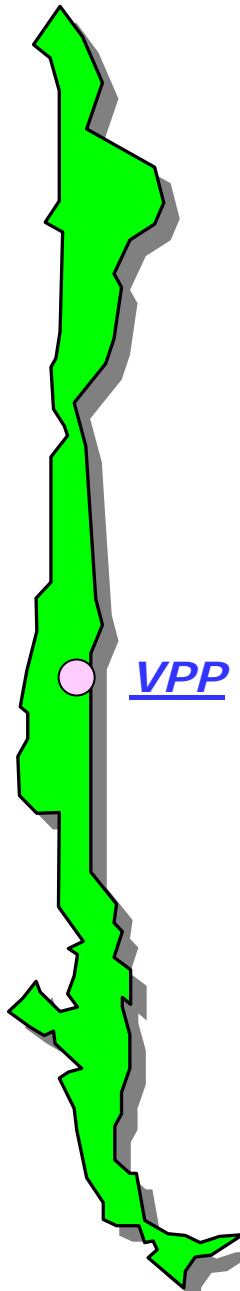


# 4. Objetivos / Metodología



## Desarrollos **GEVI** / Tareas específicas

- Evaluación del potencial de recursos energéticos locales, redes de distribución, servicios complementarios → **dimensionamiento de un GEVI** (mix energético, capacidades).
- Estrategias de **control** y **plataforma de comunicaciones**.
- **Integración** de tecnologías seleccionadas.
- **Desarrollos tecnológicos específicos** (energía solar concentrada, microcentrales hidráulicas, fotovoltaica)
- **GEVI** prototipo.

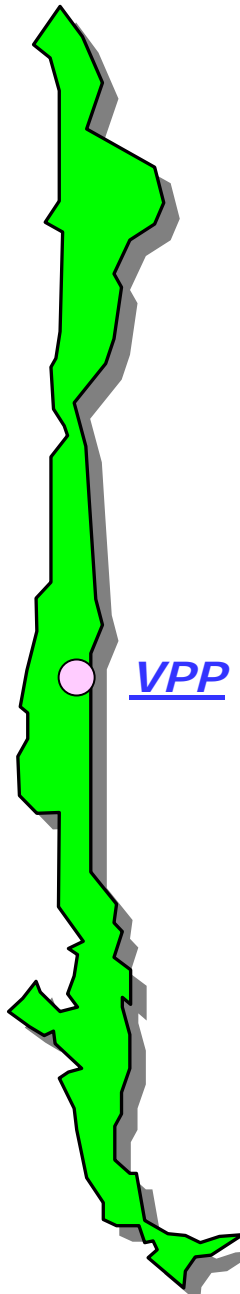
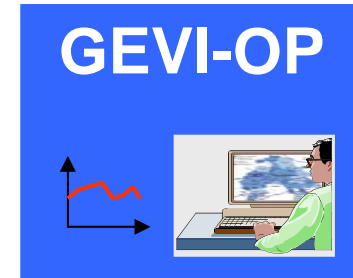




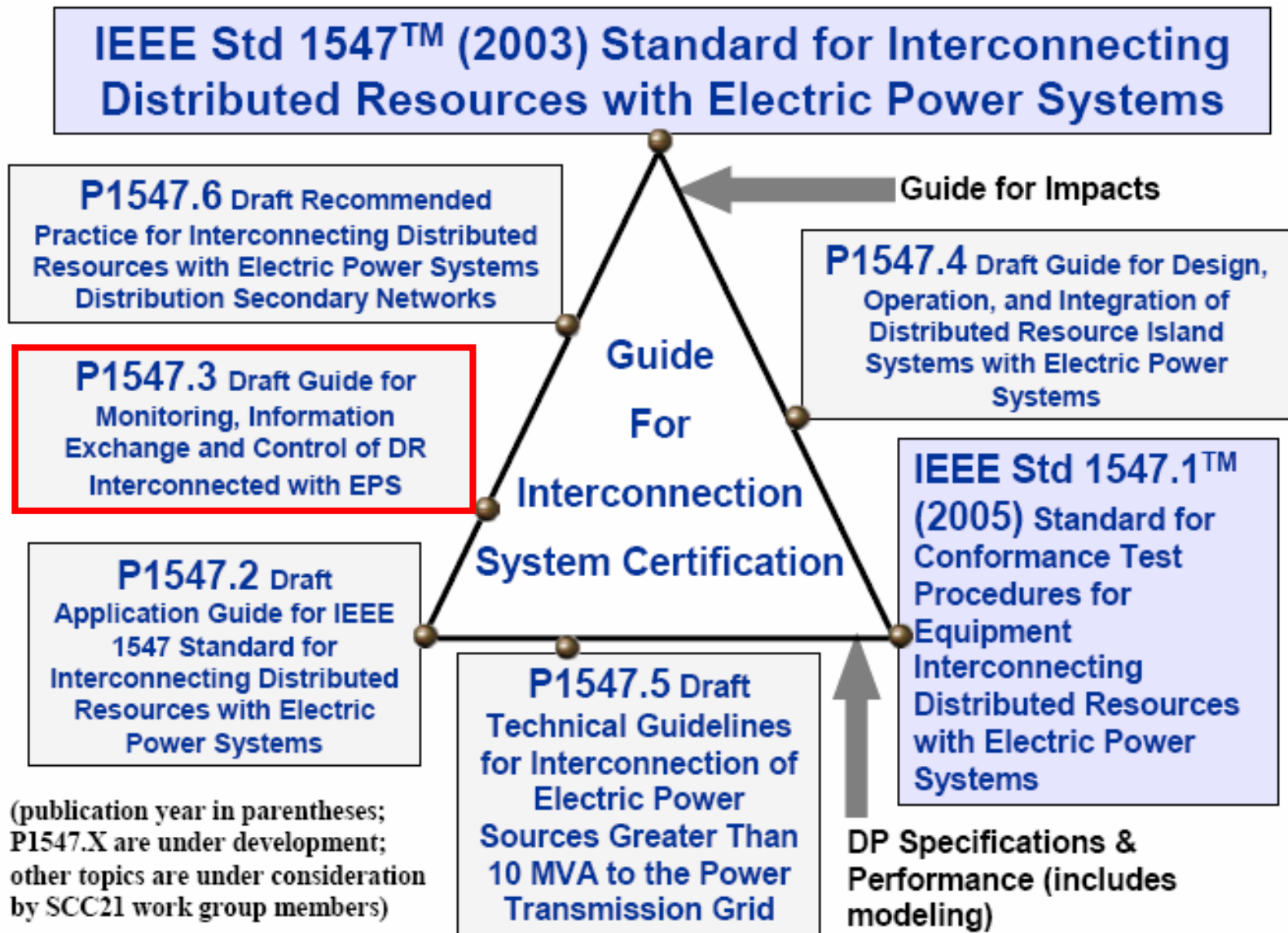
# 4. Objetivos / Metodología

## GEVI Prototipo

- 5 distintas tecnologías de generación.,
- Al menos 20 unidades,
- Capacidad instalada total  $\geq 100$  kW,
- Capacidad de operación en microgrid (fallas),
- Capacidad de exportación de energía,
- Servicios complementarios (manejo de congestiones, regulación de tensión y factor de potencia, optimización de pérdidas óhmicas, corrección de desbalances),
- Estructura modular escalable.

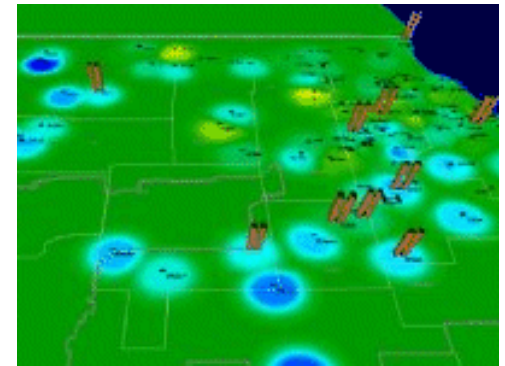


# 4. Objetivos/Metodología – Monitoreo y Control

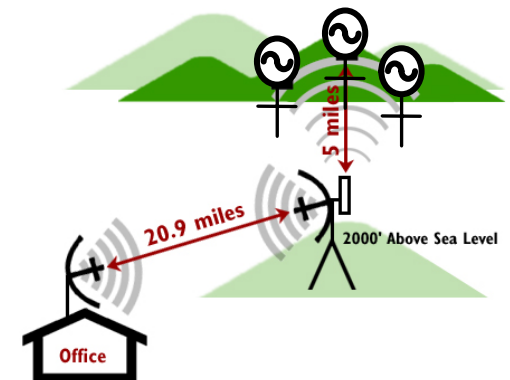


# 4. Objetivos/Metodología – Comunicaciones

- Acceso de información en área semi-rurales.
- Adaptación a **diversas arquitecturas de GD**.
- **Comunicación efectiva** (costo/calidad).  
[wireless, cell-phone (SMS), PLC, ADSL, etc.] **vs**  
[distintos servicios (complejidad/precios)]
- **Protocolos seguros** para multiusuarios  
(i.e. pronósticos de variables climáticas).
- **GEVI como plug-in** para soluciones de comunicación existentes.



Fuente: Powerworld

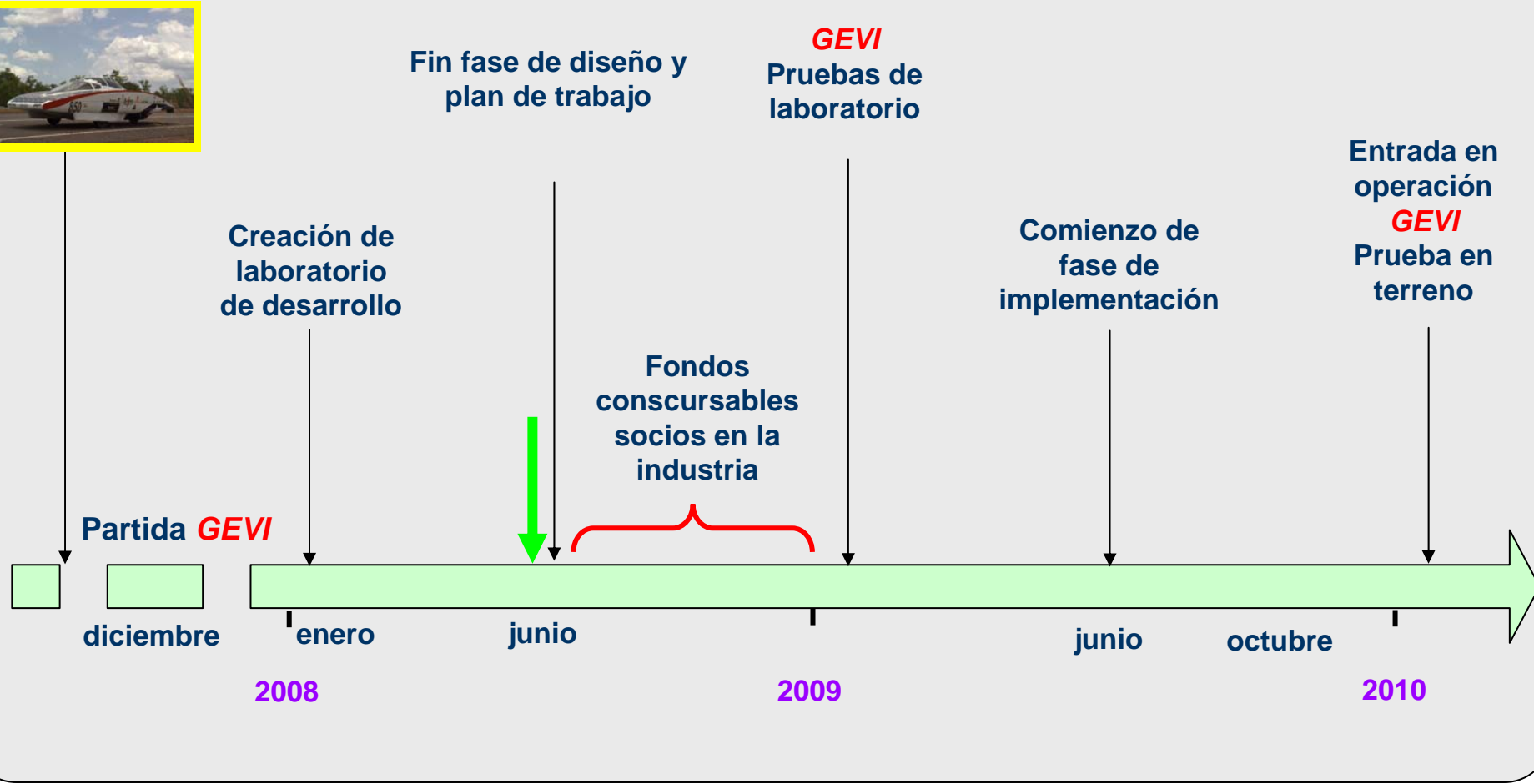




# Contenido

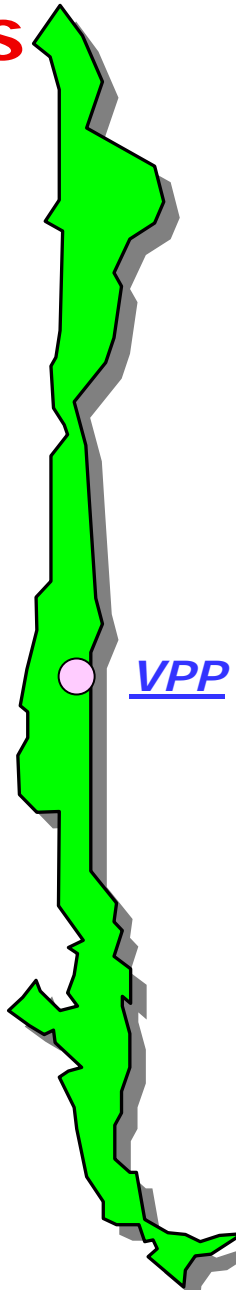
1. Introducción / Motivación
2. Generador Virtual
3. Visión
4. Objetivos y Metodología
5. **Estado Actual**
6. Conclusiones

# 5. Estado Actual – Plan de Trabajo

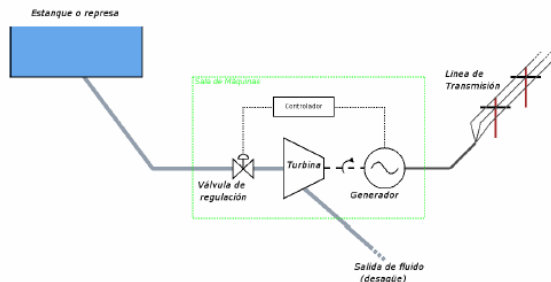


# 5. Estado Actual–Desarrollos completados

- **Definición** detallada del proyecto.
- **Prototipo** de central microhidráulica de 10 kVA.
- Desarrollo de un **convertidor DC/DC** eficiente.
- Desarrollo de un **compensador** estático de reactivos de baja escala.
- Estudio de **servicios** de un **GEVI** en un mercado de tipo Pool.
- Experiencia de laboratorio de un **GEVI monofásico**.
- Sistema de **monitoreo** remoto RF.



VPP



Calama, Junio 2008

## 6. Conclusiones

- Se presentó: Necesidad → Posibilidades de solución → Oportunidad para la innovación tecnológica a nivel local → modular replicable.
- *GEVI* y sus características.
- Algunos desarrollos específicos requeridos (comunicaciones / control).

**Contribuir**, a través de la presentación de una iniciativa concreta (**GEVI**), a la **reflexión** sobre la forma en que los protagonistas de la industria **minera** y de las **TICA** pueden **innovar** en el nuevo milenio.

