



SYSTEP

## Desarrollo minero e interconexión SIC-SING

**Seminario Interconexión**  
**SIC-SING: UNA NECESIDAD PAÍS**  
● Santiago, noviembre 30 de 2010

*Un punto de encuentro y desarrollo para Chile*

# Temario

---



- **Ventajas interconexiones de sistemas eléctricos**
- Ejemplos interconexiones internacionales
- ¿Qué interconexión entre el SING y el SIC?
- Requerimientos del desarrollo minero
- ¿Ventajas de interconexión?
- El tema ambiental- la huella de carbono
- ¿Quién se beneficia? ¿Quién paga? ¿Se justifica?

# La Tercera 28-11-2010



►► Con la interconexión, la red de transmisión en Chile completaría 3.000 kilómetros.

## El ambicioso tendido eléctrico que impulsa el gobierno para unir el norte y el sur

Se trata de una línea de 750 kilómetros que estaría lista el 2016 y que unirá los sistemas eléctricos del Norte Grande, Sing, y de la zona Centro-Sur, SIC. **La autoridad ya tomó la decisión política** de impulsar el proyecto y ha iniciado los estudios, en una iniciativa que demandará US\$ 600 millones, dice el ministro Raineri.

# Potenciales beneficios interconexiones

---



## ➤ Beneficios

- Mayor seguridad suministro al aumentar reserva
- Aprovechar diferencias estacionales y diarias de la demanda
- Optimización de nuevos proyectos y posibilidad centrales mas grandes
- Optimización del despacho
- Menores precios
- Mayor competencia
- Disminución de riesgo hidrológico
- Disminución de emisiones de gases efecto invernadero
- Favorece desarrollo de energías renovables
- Mejor utilización de terminales de gas natural licuado
- Dar espacio a las grandes centrales nucleares

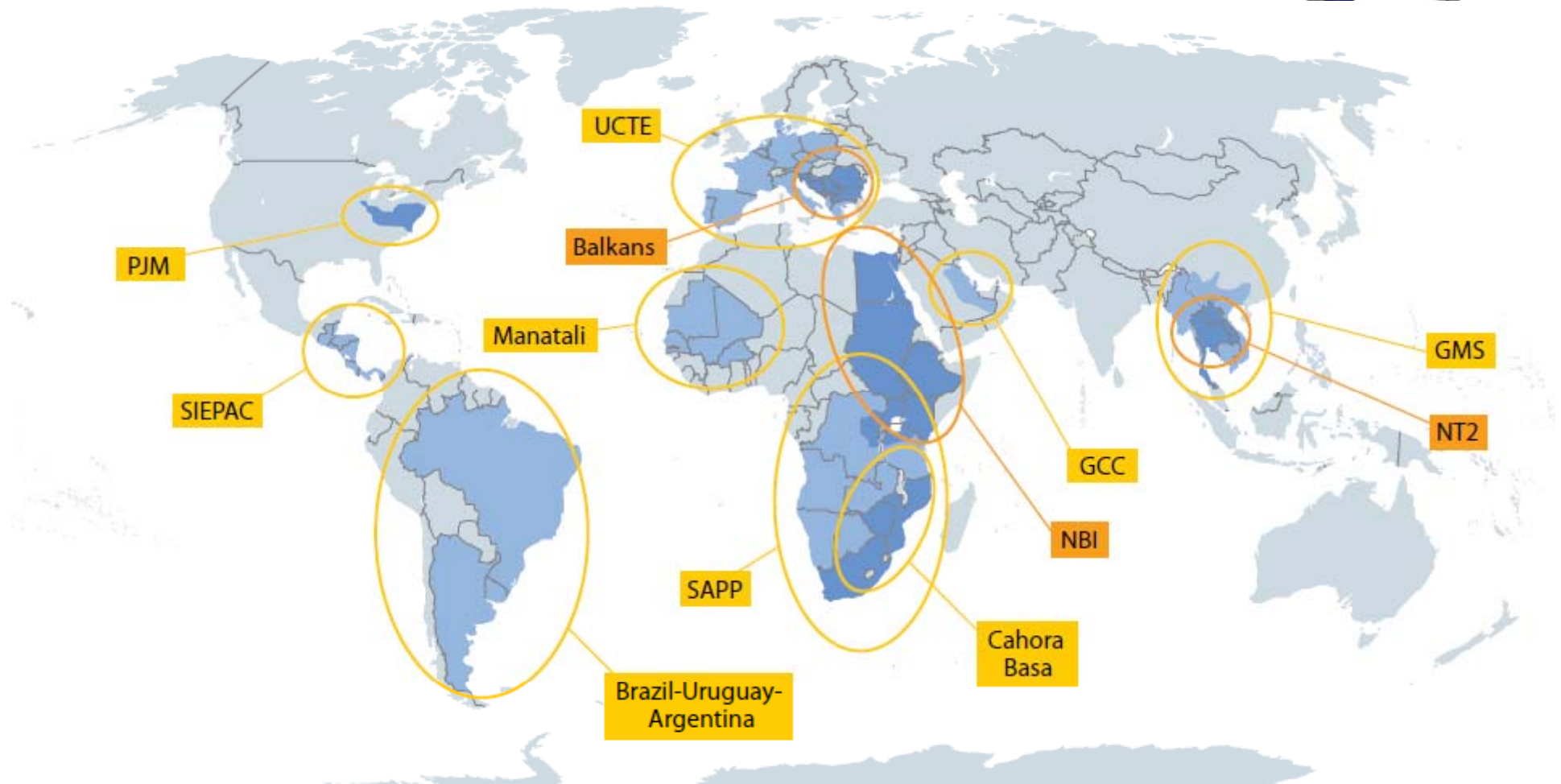
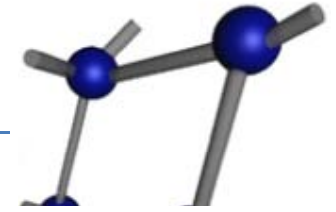
# Temario

---



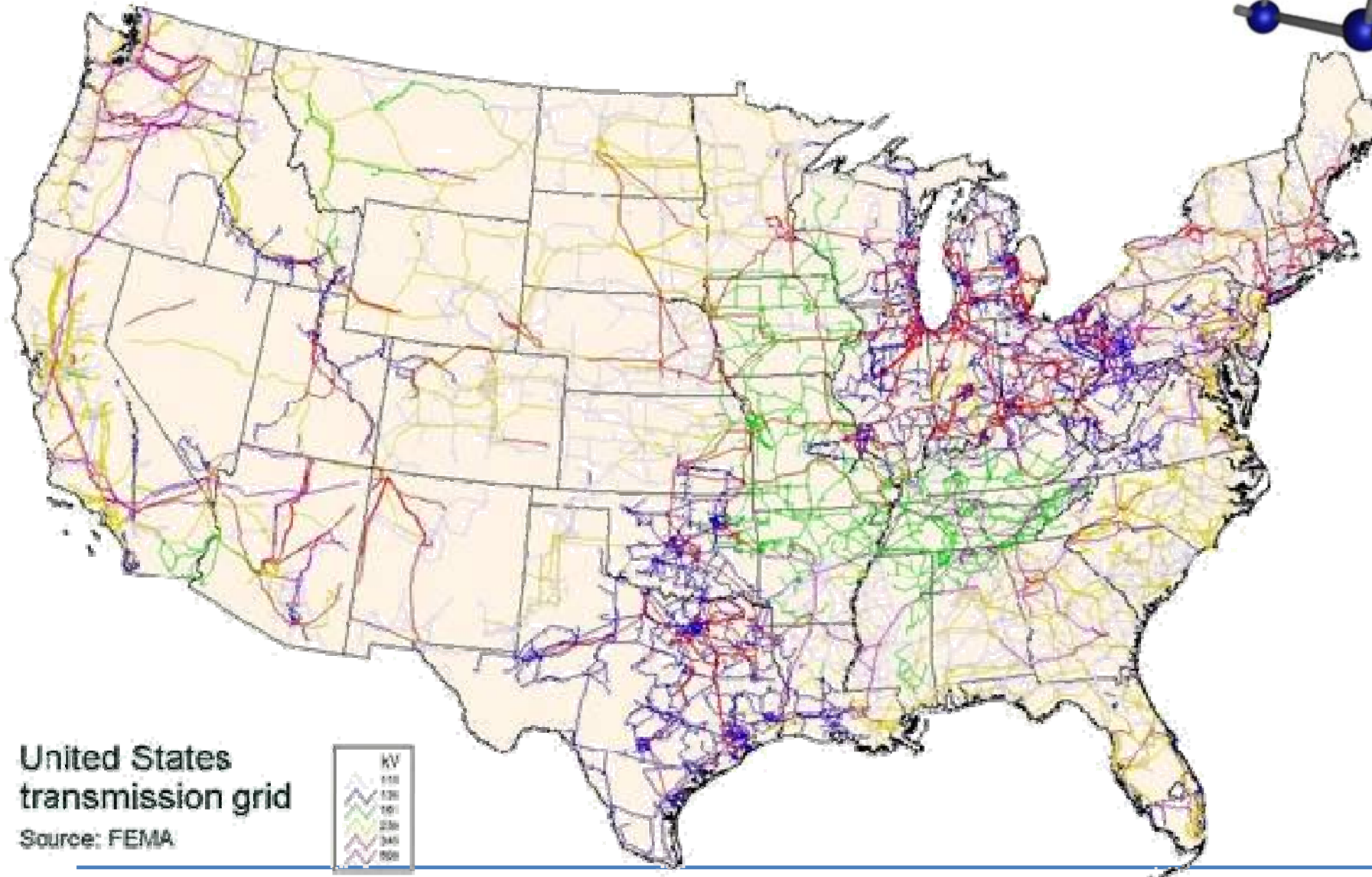
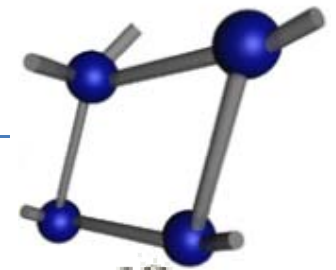
- Ventajas interconexiones de sistemas eléctricos
- **Ejemplos interconexiones internacionales**
- ¿Qué interconexión entre el SING y el SIC?
- Requerimientos del desarrollo minero
- ¿Ventajas de interconexión?
- El tema ambiental- la huella de carbono
- ¿Quién se beneficia? ¿Quién paga? ¿Se justifica?

# Ejemplos interconexiones





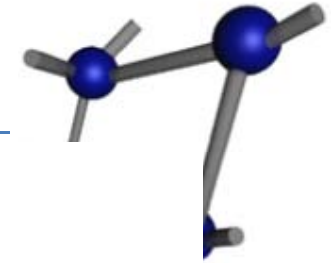
# EEUU



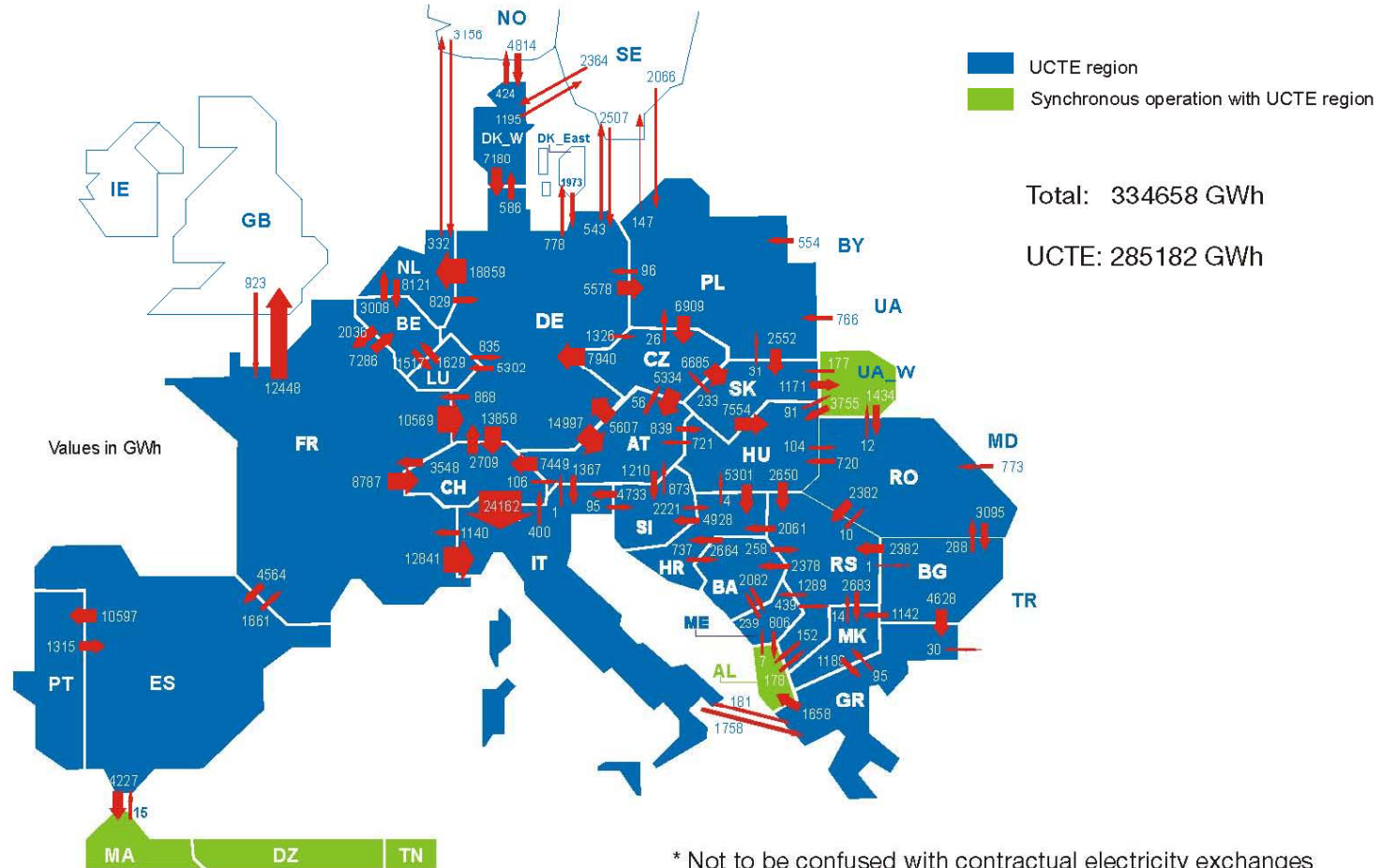
United States  
transmission grid

Source: FEMA

# Europa

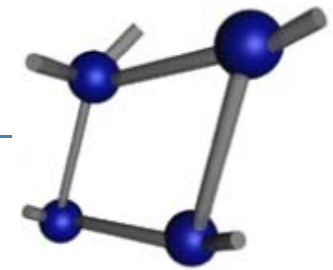


## Physical energy flows 2008 \*

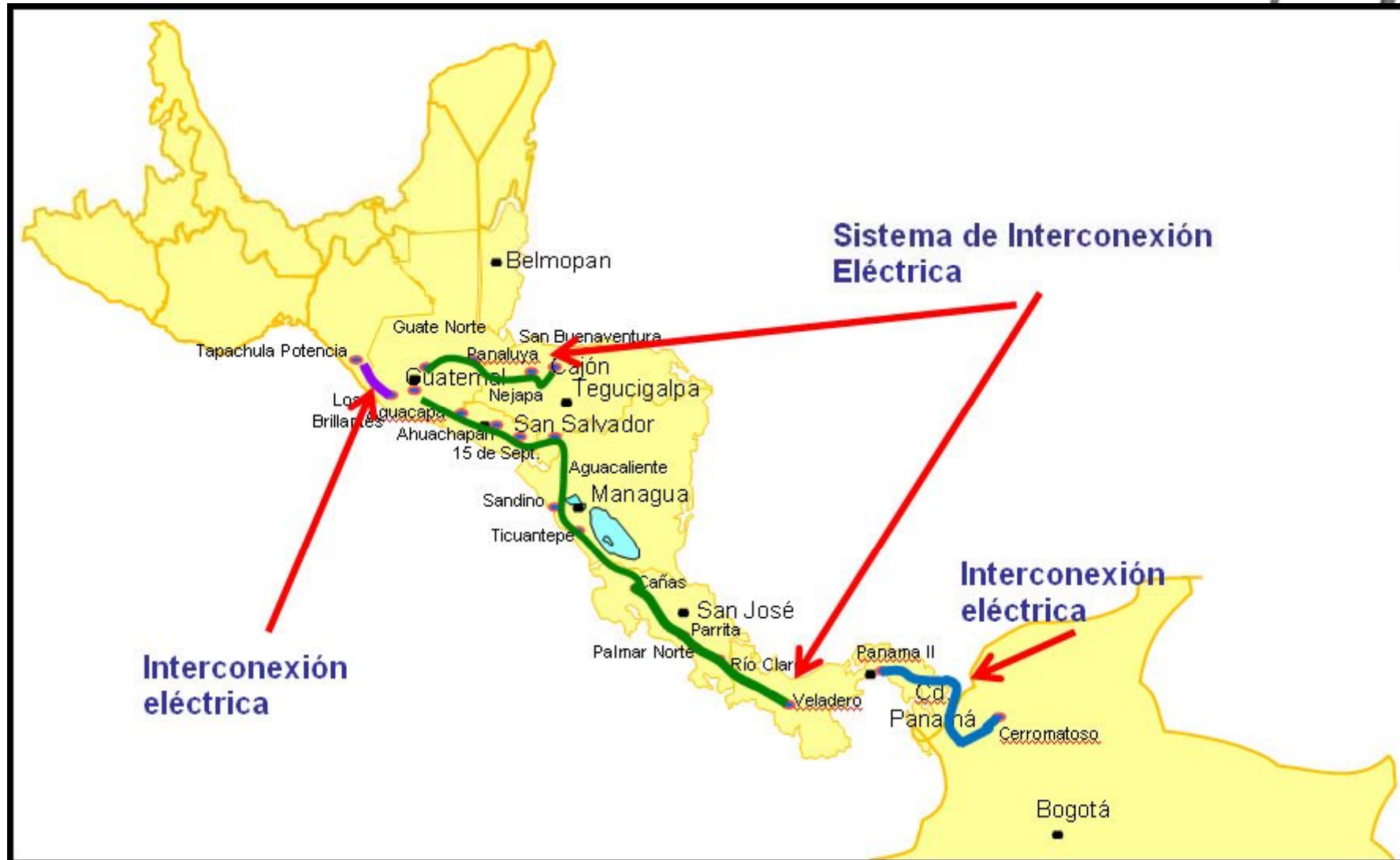
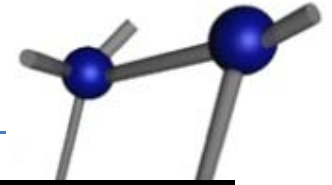




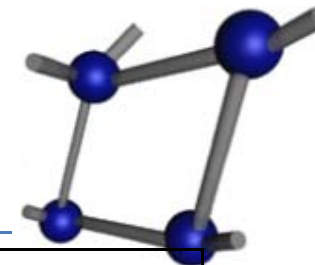
# Mercado Nórdico



# SIEPAC



# Experiencia Latinoamericana



Interconexión	Carac. Técnicas	Longitud	Capacidad	Mercado / Operación
<b>SIEPAC</b>	1 x 230 kV AC	1800 km	300 MW	<p><b>-Despacho integrado.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Organismos supranacionales de operación (EOR) y regulación (CRIE).</li> <li>- Mercado Supranacional superpuesto a mercados locales</li> </ul>
<b>Colombia - Ecuador</b>	2 x 230 kV 1 x 138 kV AC	213 km 15.5 km	500 MW 35 MW	<p><b>-Despacho coordinado.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Intercambios realizados directamente por operadores de los sistemas.</li> <li>- Transferencias de energía se activan cuando se supera un umbral de diferencial de precios.</li> </ul>
<b>Argentina - Brasil</b>	500 kV HVDC 1 x 132 kV	136 km	2200 MW 50 MW	<p><b>-Despacho en base a contratos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Una vez activa central Garabí, 50% de la generación a cada país.</li> <li>-En condiciones especiales suministro adicional a Argentina o Brasil.</li> </ul>

# Temario

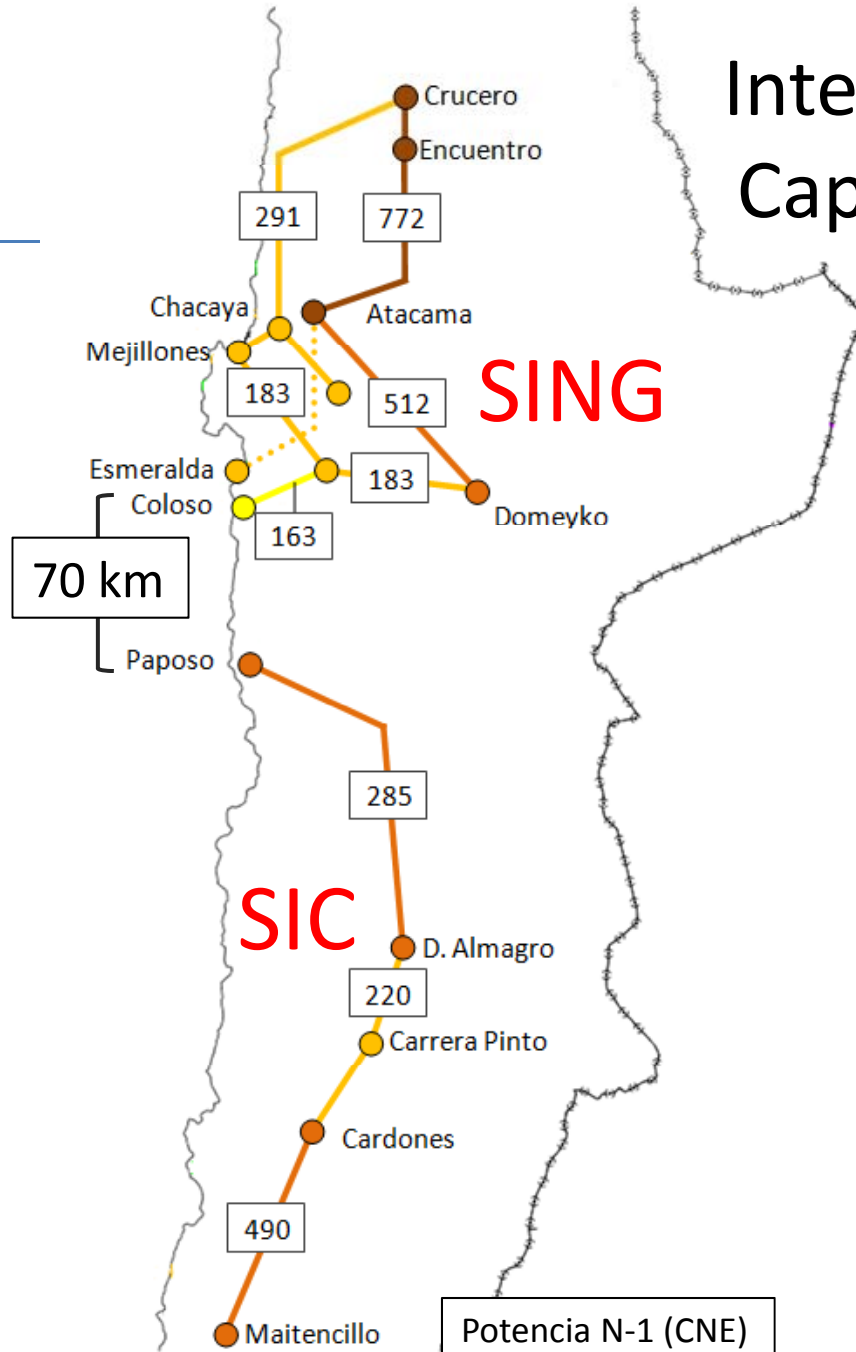
---



- Ventajas interconexiones de sistemas eléctricos
- Ejemplos interconexiones internacionales
- **¿Qué interconexión entre el SING y el SIC?**
- Requerimientos del desarrollo minero
- ¿Ventajas de interconexión?
- El tema ambiental- la huella de carbono
- ¿Quién se beneficia? ¿Quién paga? ¿Se justifica?

# Interconexión SIC-SING

## Capacidad transmisión



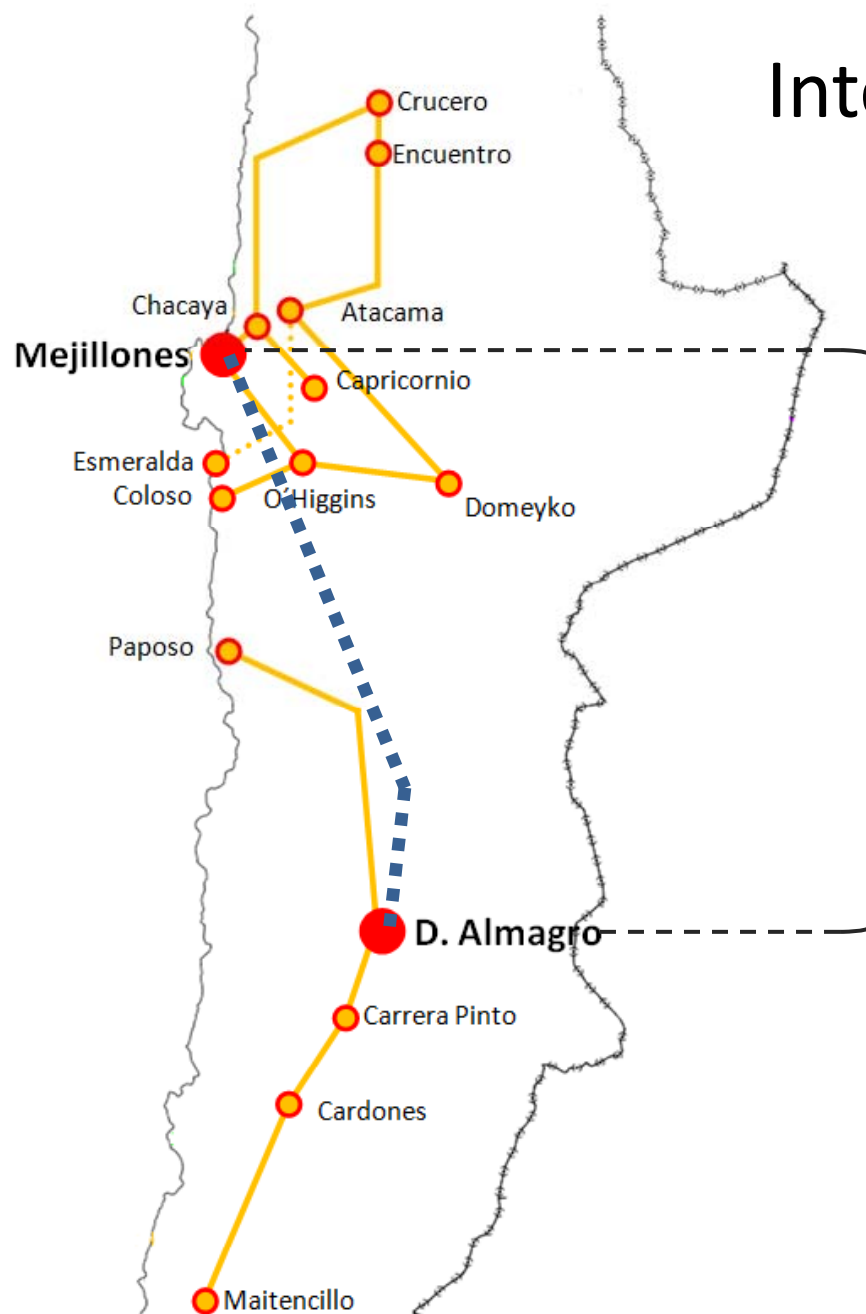
Línea		km
Encuentro	Atacama	153
Atacama	Domeyko	205
Domeyko	O'Higgins	55
O'Higgins	Coloso	32
Paposo	D. Almagro	183
D. Almagro	Cardones	148
Cardones	Maitencillo	133





# Interconexión SIC-SING

## Conexión privada



### Posible desarrollo privado:

Línea dedicada Mejillones-D.Almagro

~ 400 km

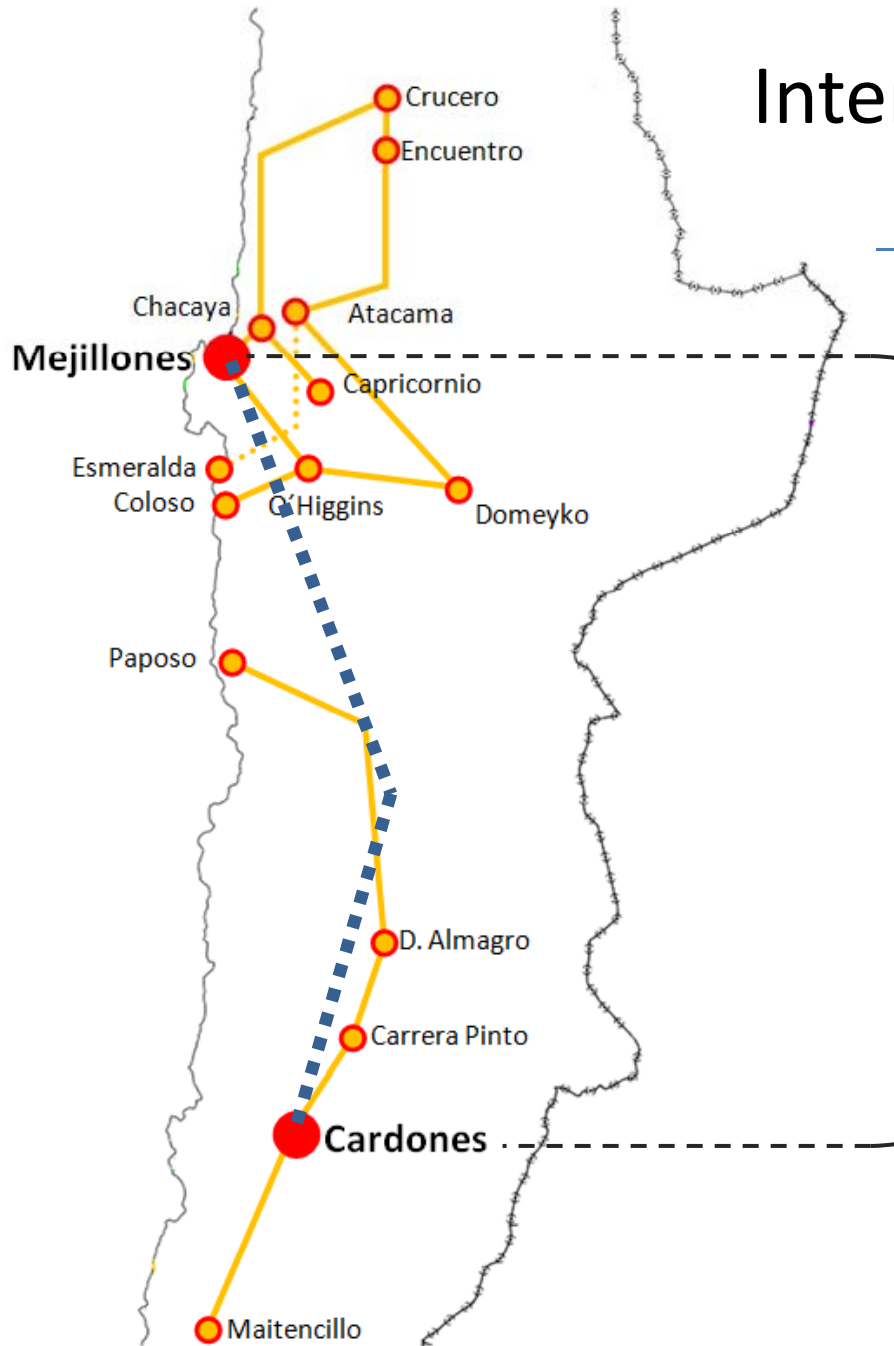
~ 400 MW?

### Objetivo:

Abastecer minería del Norte Chico  
(Otras alternativas vía transmisión)

# Interconexión SIC-SING

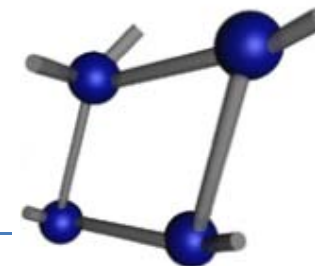
## Conexión pública



Mejillones – Cardones  
Enlace HVDC  
~ 750 km  
~ 1200 MW  
~ US\$ 600 millones

# Temario

---

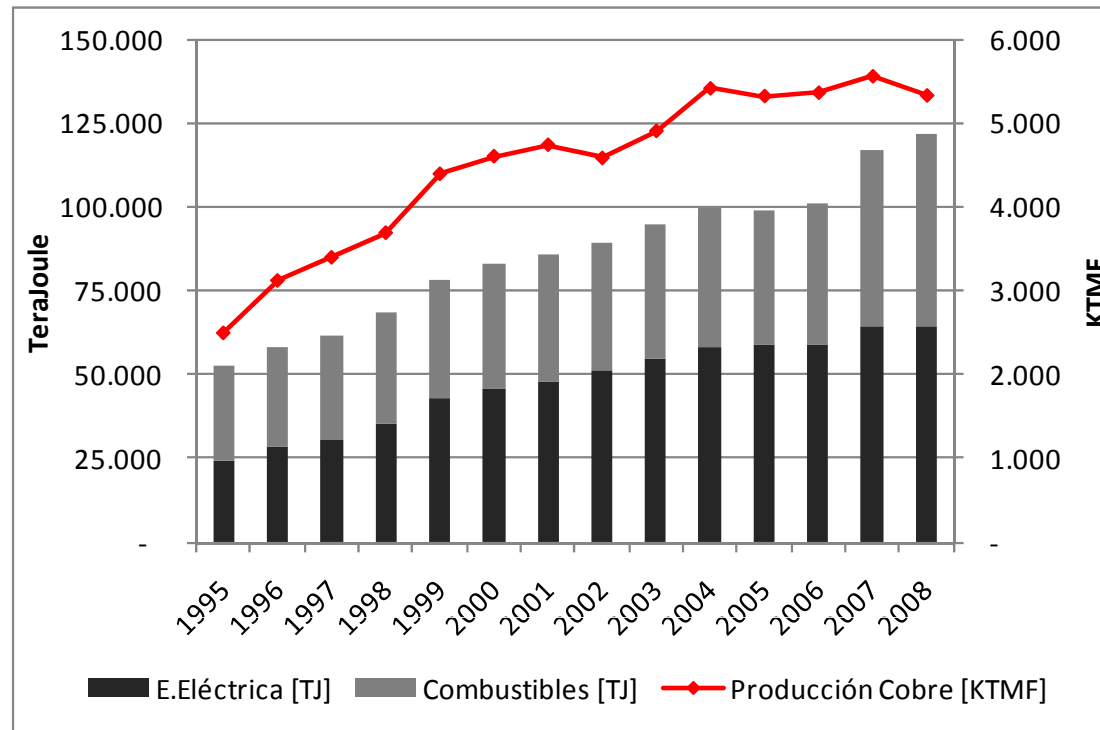


- Ventajas interconexiones de sistemas eléctricos
- Ejemplos interconexiones internacionales
- ¿Qué interconexión entre el SING y el SIC?
- **Requerimientos del desarrollo minero**
- ¿Ventajas de interconexión?
- El tema ambiental- la huella de carbono
- ¿Quién se beneficia? ¿Quién paga? ¿Se justifica?

# Desarrollo minería del cobre



- Fuerte desarrollo acompañado de grandes requerimientos energéticos



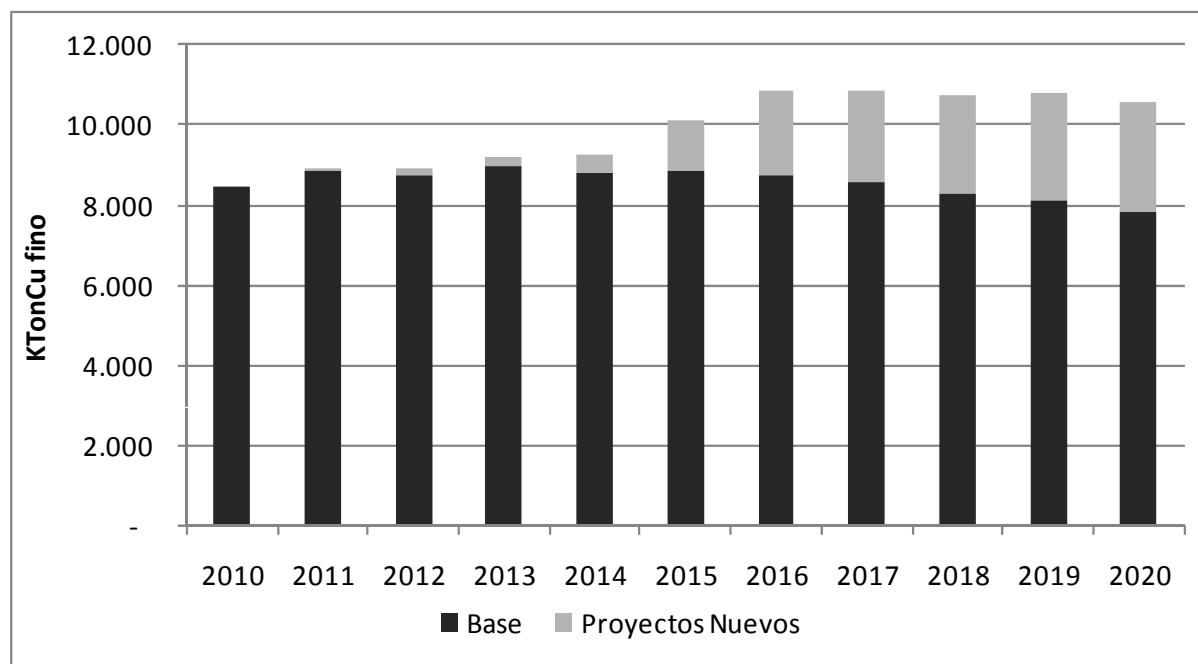
- Electricidad abastece 52% energía minería del cobre (2009)

# Proyecciones de producción cobre



➤ 25% incremento producción al 2020

	2010	2020	
Cobre mina	5,806	7,491	
Fundiciones	1,610	1,834	
Refinerías Electrolíticas	1,039	1,255	
<b>Total Producción [KTONCu fino]</b>	<b>8,455</b>	<b>10,580</b>	<b>+ 25%</b>





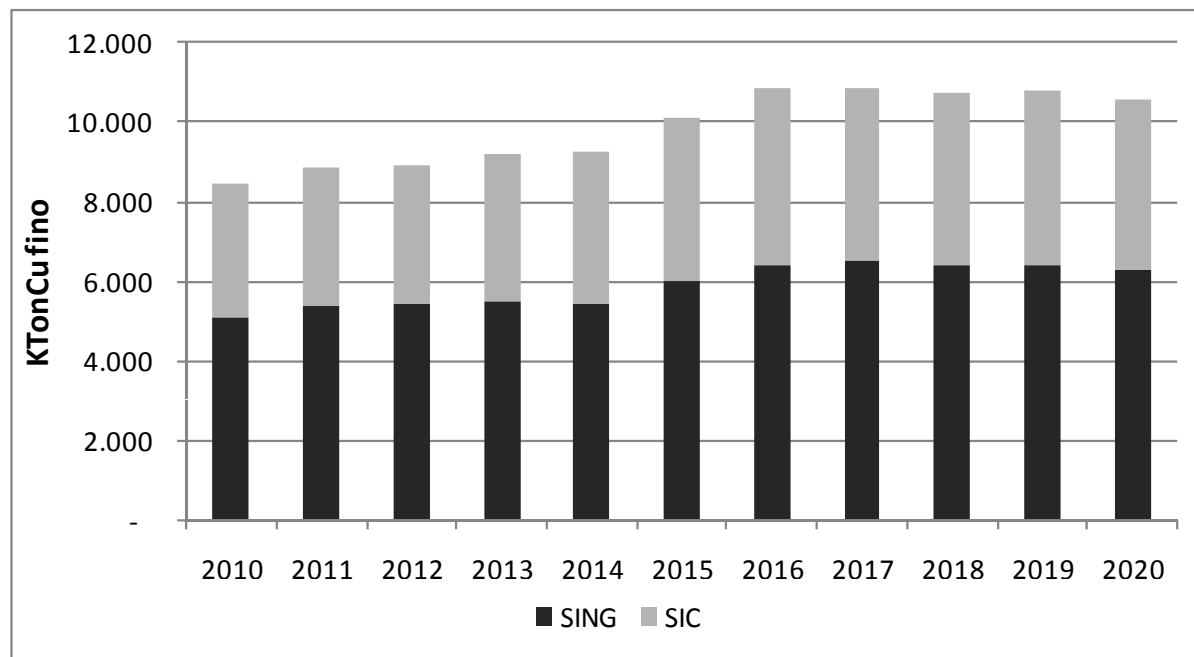
# Proyecciones de producción cobre



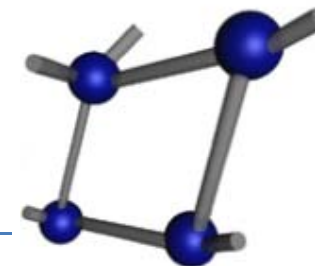
- 25% incremento producción al 2020

	2010	2020	
SING	5,122	6,289	<b>+ 23%</b>
SIC	3,333	4,291	<b>+ 29%</b>

\*[KTonCu fino]

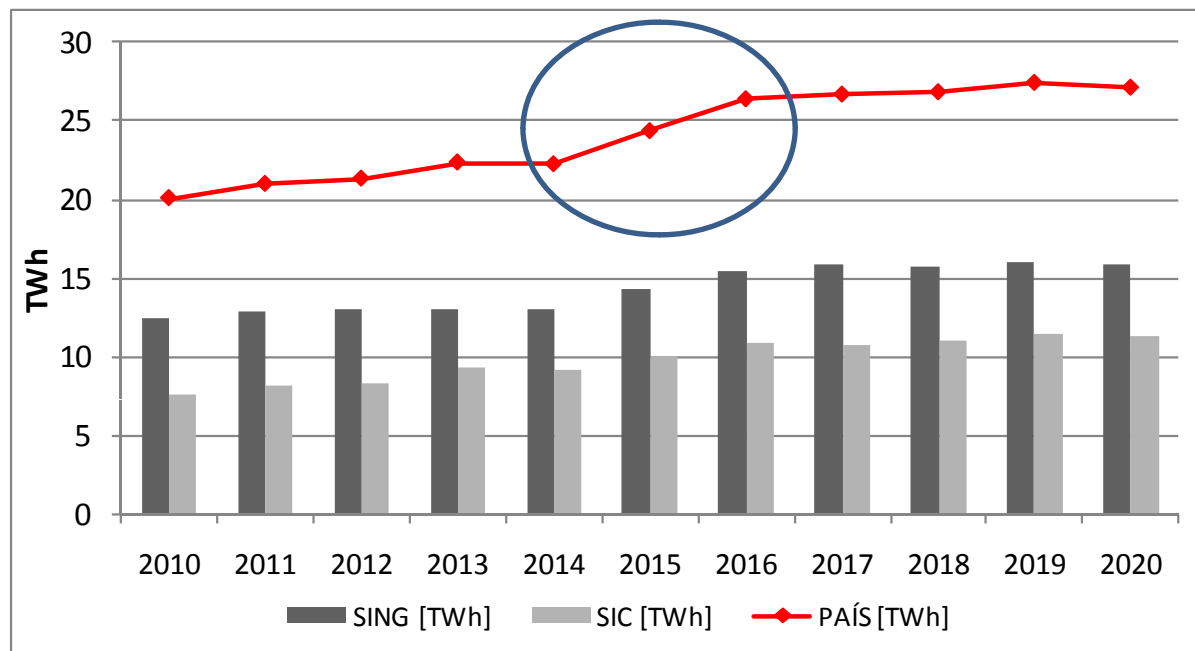


# Proyecciones consumo eléctrico minería Cu



- Consumo eléctrico aumenta en mayor proporción que producción

	2010	2020	
SING [GWh]	12,490	15,850	<b>+ 27%</b> <b>+ 49%</b>
SIC [GWh]	7,570	11,280	
<b>Total</b>	<b>20,060</b>	<b>27,130</b>	

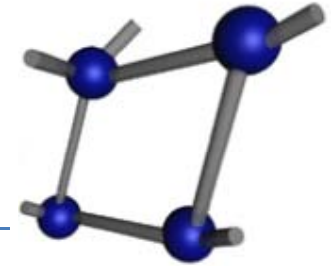


2015: +2.120 GWh

2016 : +2.040 GWh

# Proyecciones consumo eléctrico minería Cu

---



- Aumento de consumo energético unitario se explica por: envejecimiento de las minas provoca caída en ley del mineral, mayores distancias de acarreo y mayor dureza del mineral.
- Además, mayor porcentaje de producción de productos más refinados (ie cátodos EO) contribuye también a mayor intensidad de uso de energía.

## 2010-2019:

- El crecimiento en el consumo eléctrico de la minería del cobre explica alrededor de un 36% y un 13% del crecimiento del consumo eléctrico del SING y del SIC respectivamente.

# Temario

---



- Ventajas interconexiones de sistemas eléctricos
- Ejemplos interconexiones internacionales
- ¿Qué interconexión entre el SING y el SIC?
- Requerimientos del desarrollo minero
- **¿Ventajas de interconexión?**
- El tema ambiental- la huella de carbono
- ¿Quién se beneficia? ¿Quién paga? ¿Se justifica?

## ¿Son tales las ventajas?

---

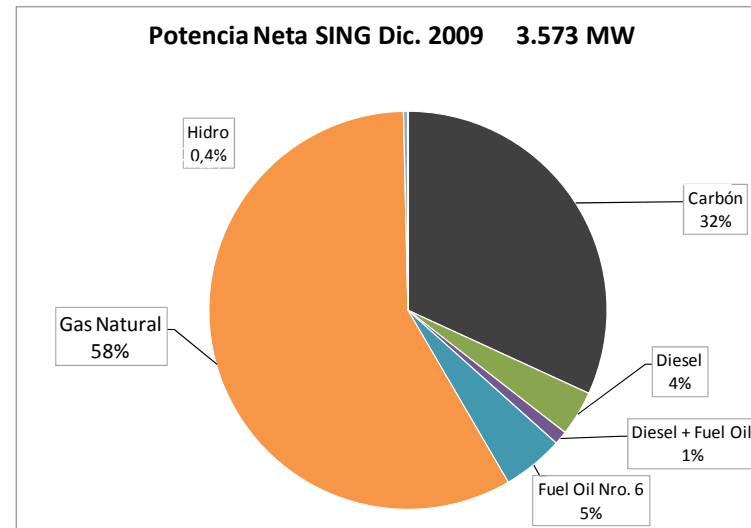
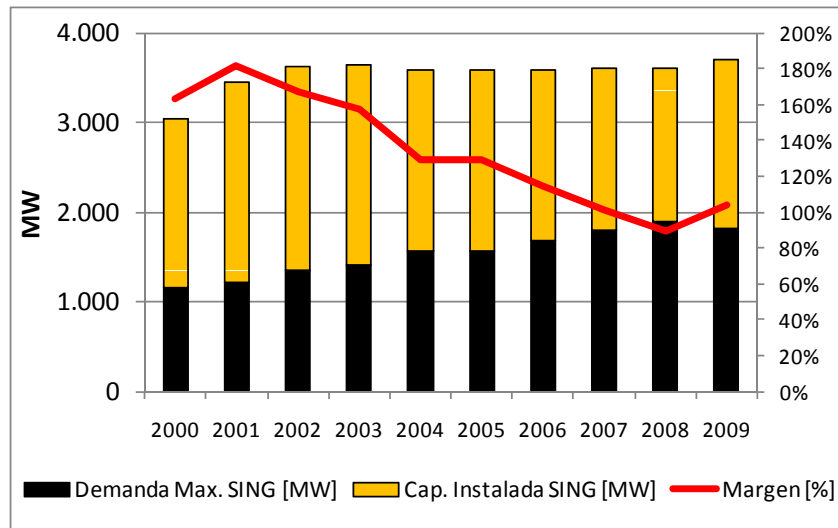
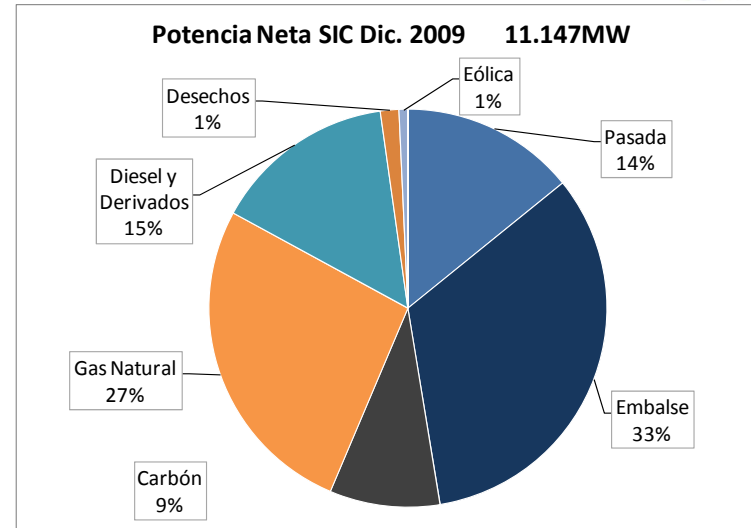
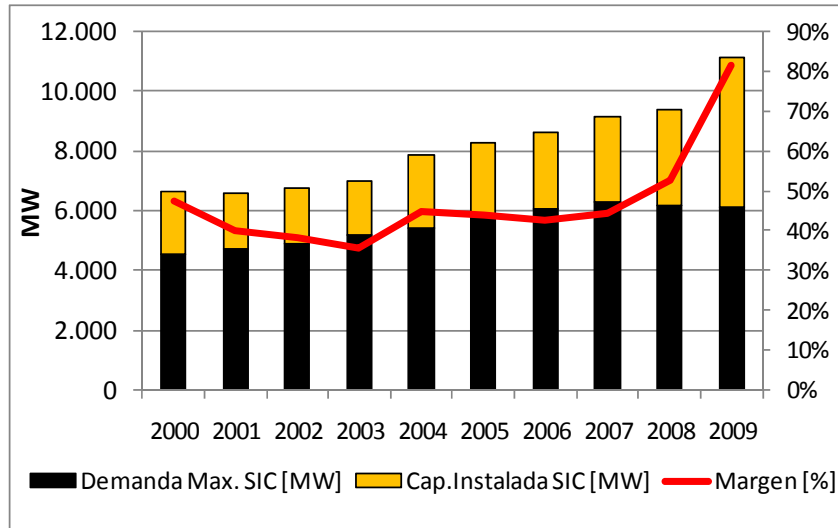
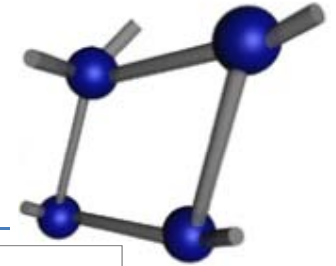


- Dar mayor seguridad en el abastecimiento
- Aprovechar diferencias diarias y estacionales de demanda
- Aprovechar diferencial de precios en sistemas
- Optimizar el despacho de las centrales y bajar los precios al consumidor final
- Dar espacio a la energía nuclear
- Facilitar espacio a renovables
- Reducir las emisiones
- Mejor utilización de terminales de gas natural licuado

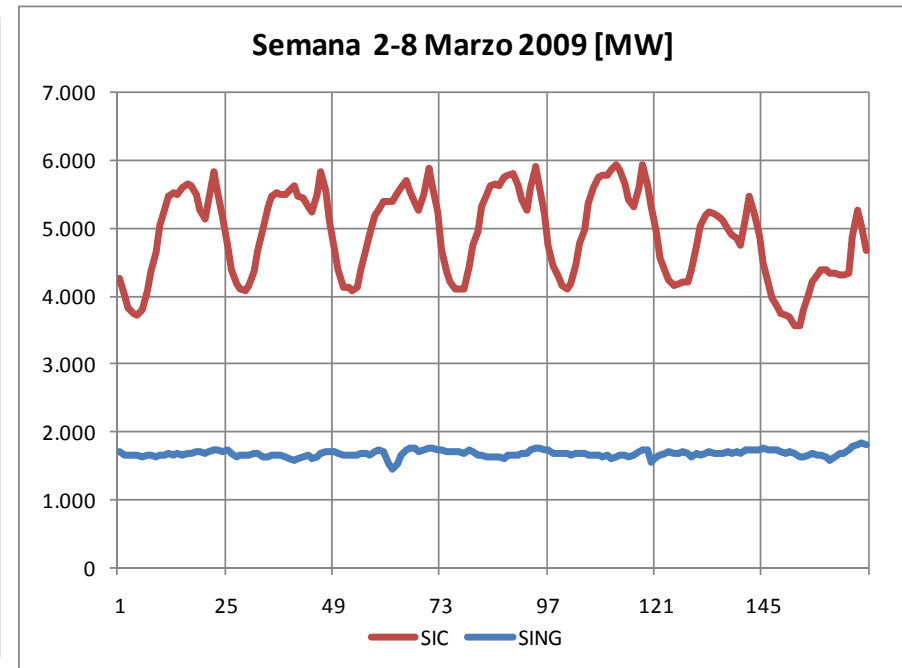
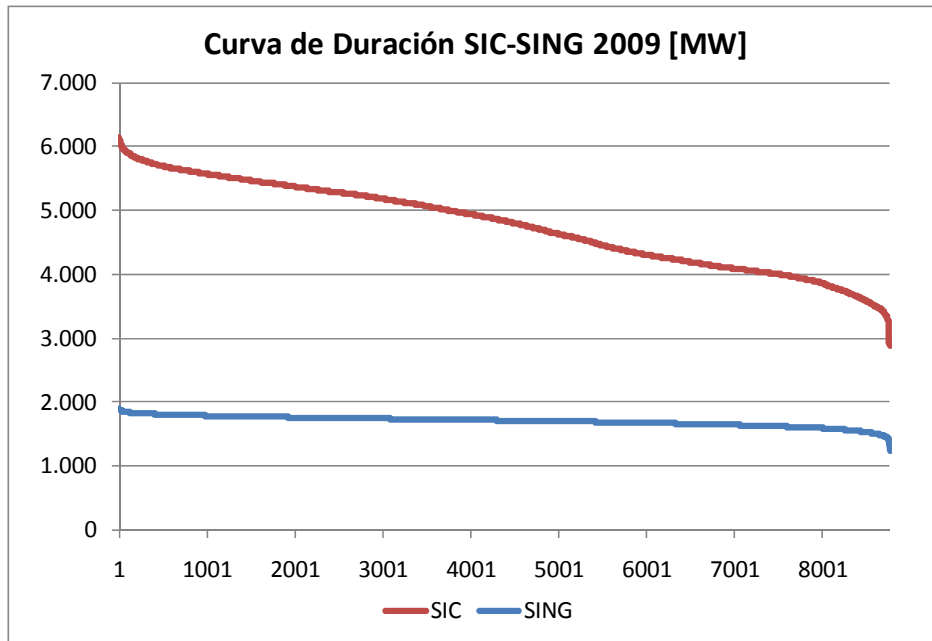
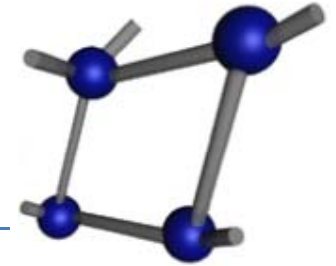


# Márgenes de seguridad

NO



# Complementariedades estacionales y diarias en demanda



**NO**

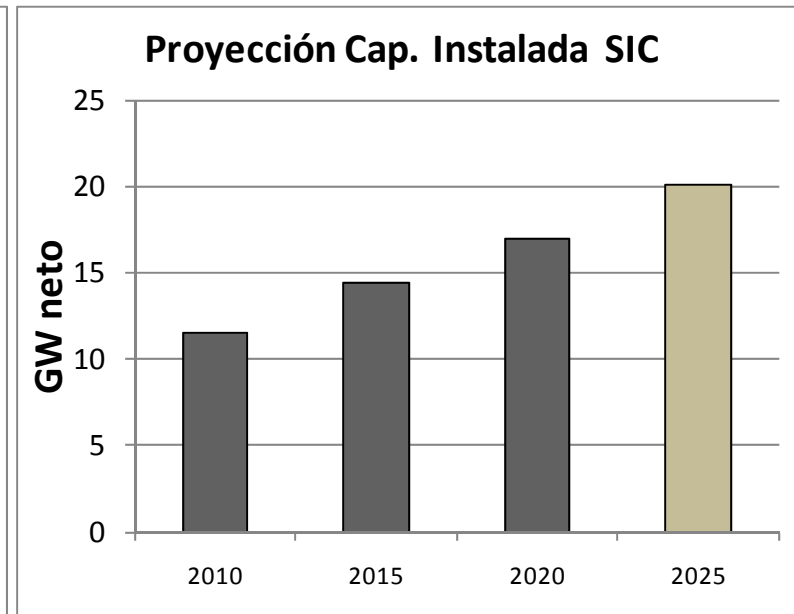
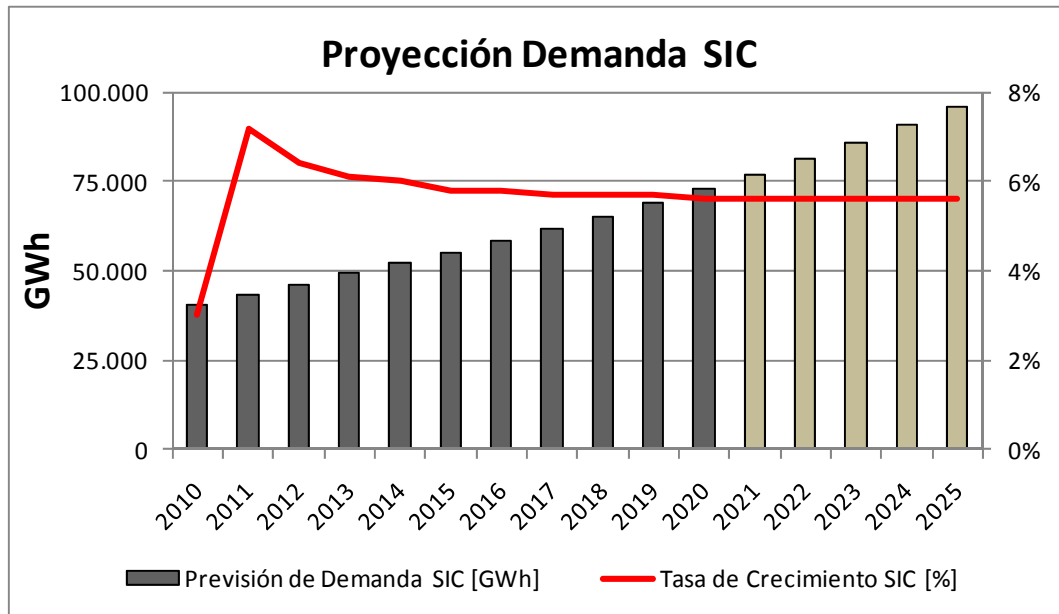
# Posibilitar energía nuclear

NO

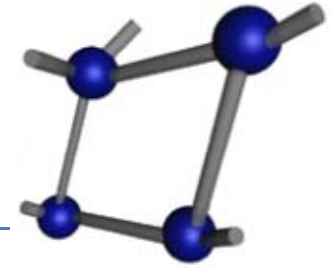


## ➤ Entrada de centrales nucleares:

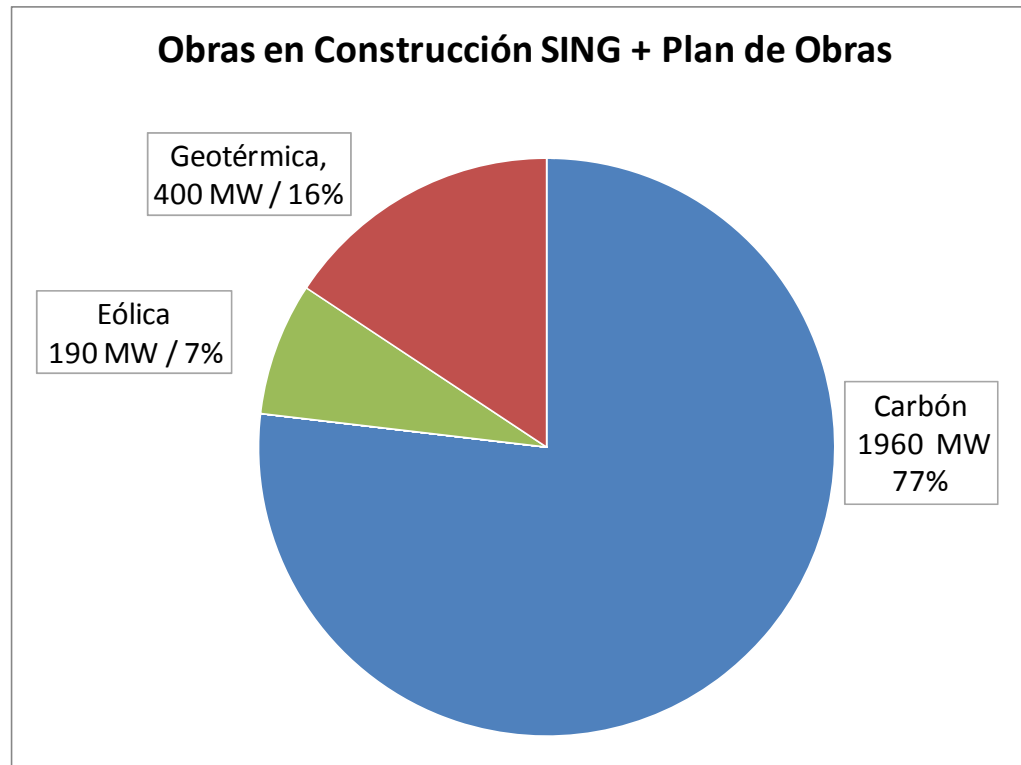
- No antes de 2020+
- En ese entonces el SIC ya tendrá un tamaño suficiente, no necesitándose interconexión para su desarrollo.



# Incrementar aporte de energía solar



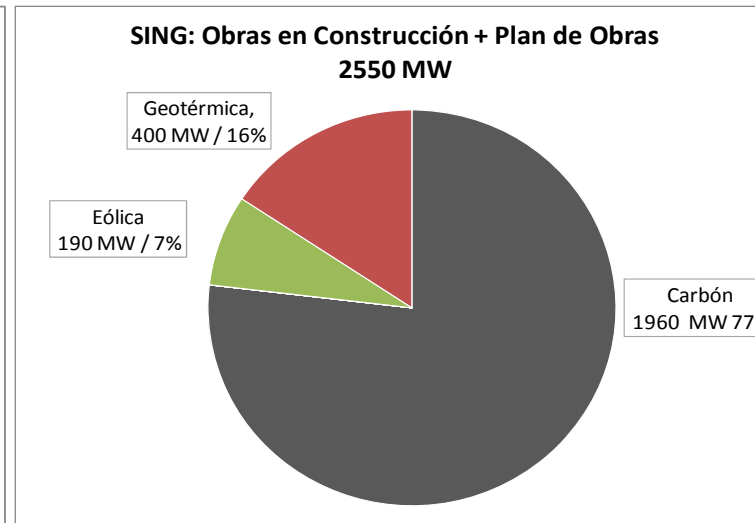
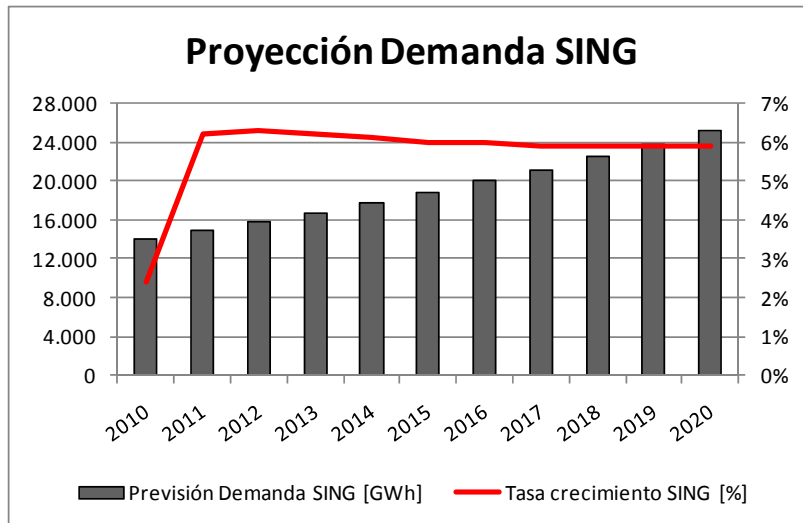
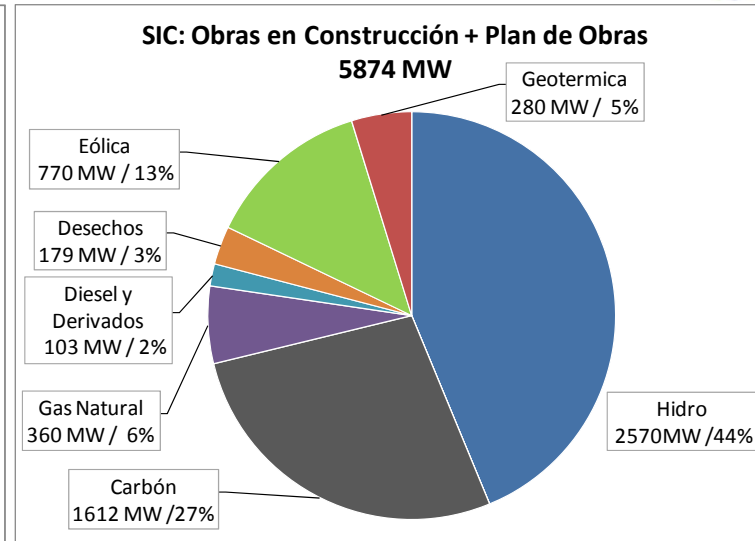
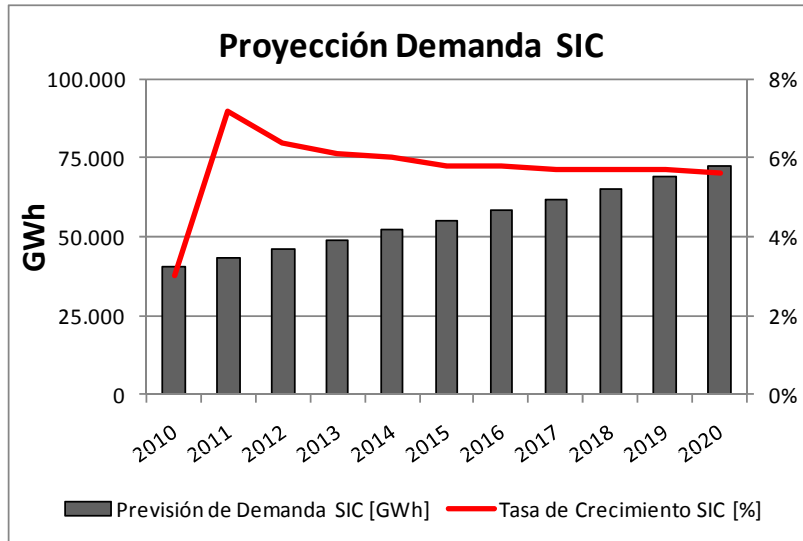
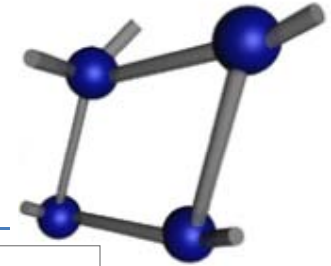
- Gran desarrollo solar en el norte podría ser de interés para el SIC
- Este desarrollo no se prevé en el mediano plazo.



**NO**

# Reducir precios

¿SI?



# Temario

---

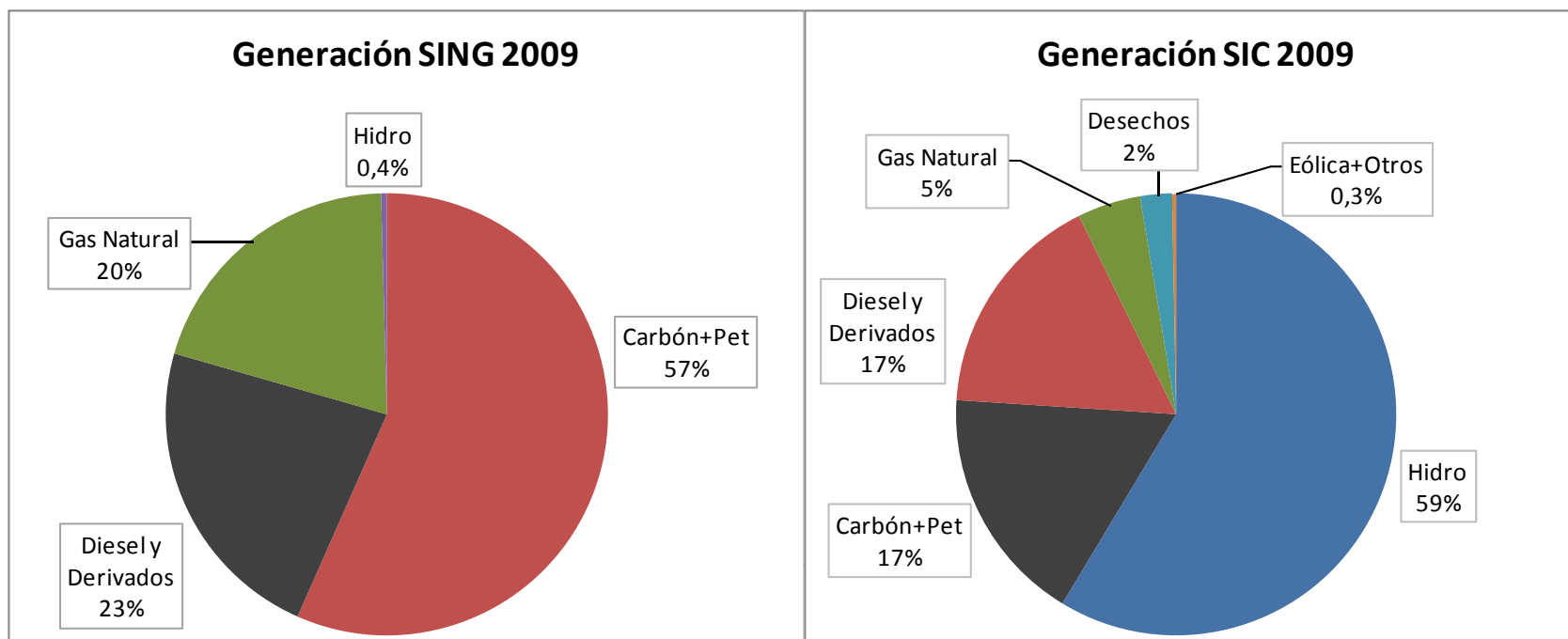


- Ventajas interconexiones de sistemas eléctricos
- Ejemplos interconexiones internacionales
- ¿Qué interconexión entre el SING y el SIC?
- Requerimientos del desarrollo minero
- ¿Ventajas de interconexión?
- **El tema ambiental- la huella de carbono**
- ¿Quién se beneficia? ¿Quién paga? ¿Se justifica?

# Emisiones GEI SIC - SING



- SING emite 3,2 veces más GEI que el SIC por cada GWh generado (2009)

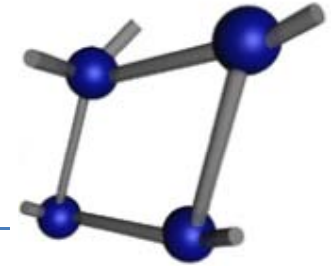


SING: 911,9 TonCO<sub>2</sub>e/GWh

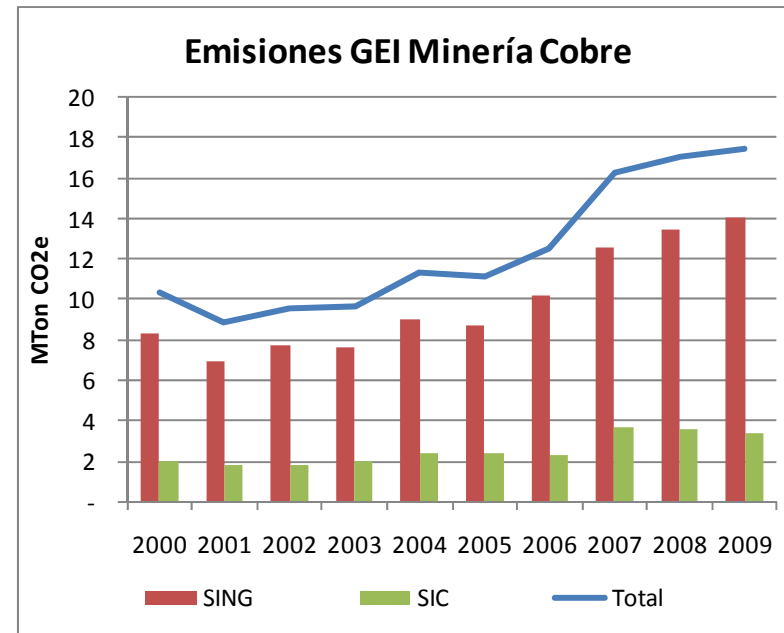
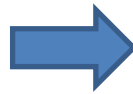
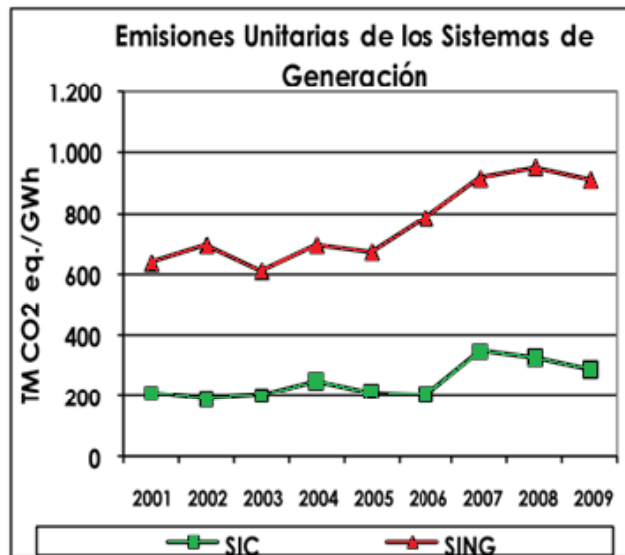
SIC: 284 TonCO<sub>2</sub>e/GWh



# Emisiones GEI minería del cobre



- Emisiones GEI minería del cobre siguen perfil de emisiones de sistema eléctrico



- 2001-2009:
  - Producción +14% / Consumo Energía +54% / Emisiones GEI +95%

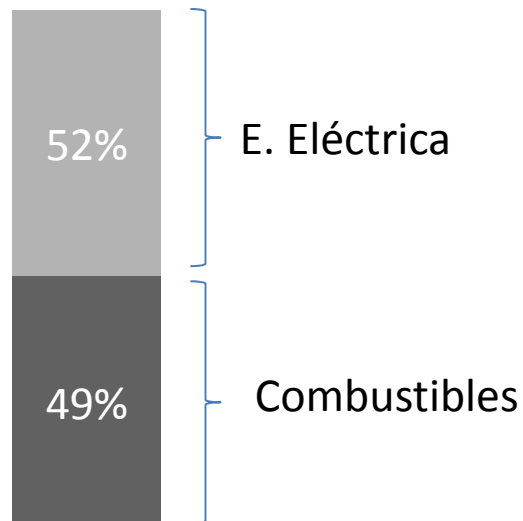
# Emisiones GEI minería del cobre



- Emisiones GEI minería del cobre determinadas fuertemente por coeficiente emisiones de sistema eléctrico

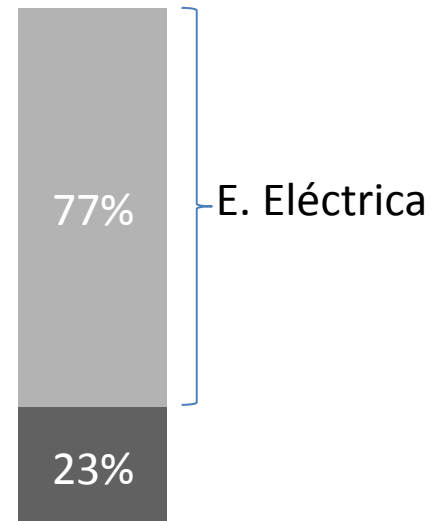
## Consumo Energía

SIC+SING

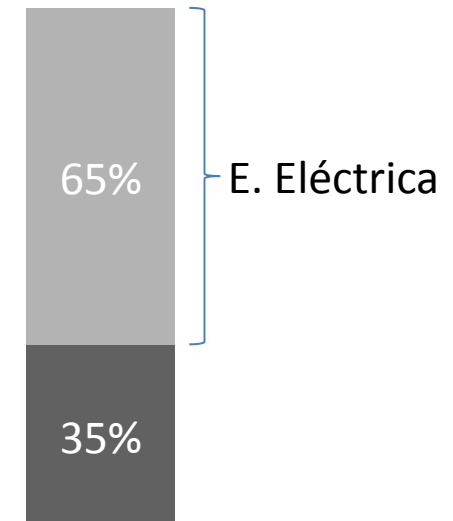


## Emisiones GEI

SING



SIC

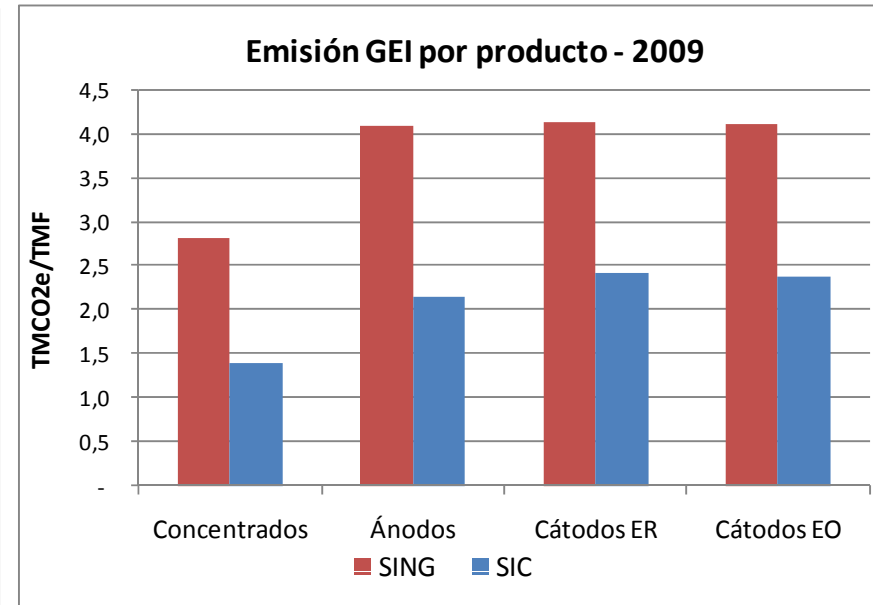
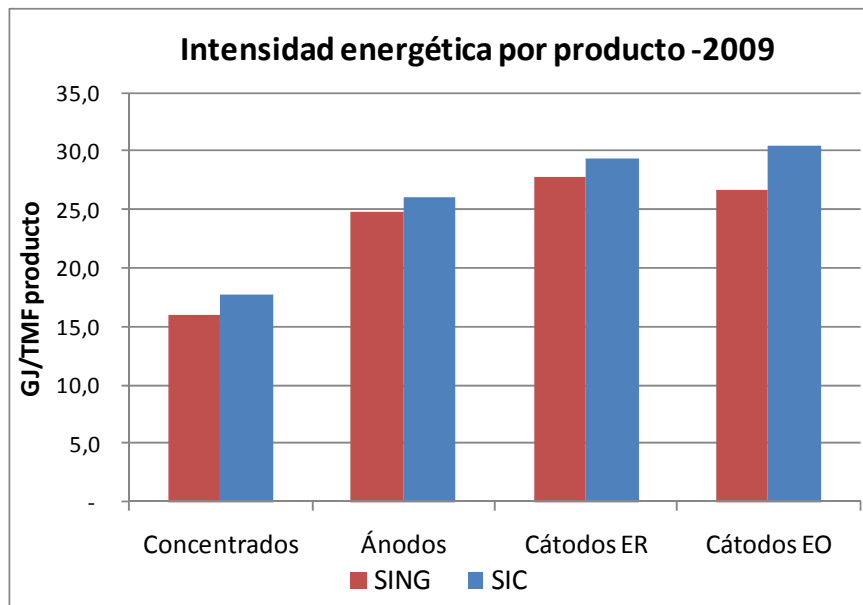


\*Año 2009

# Emisiones GEI minería del cobre



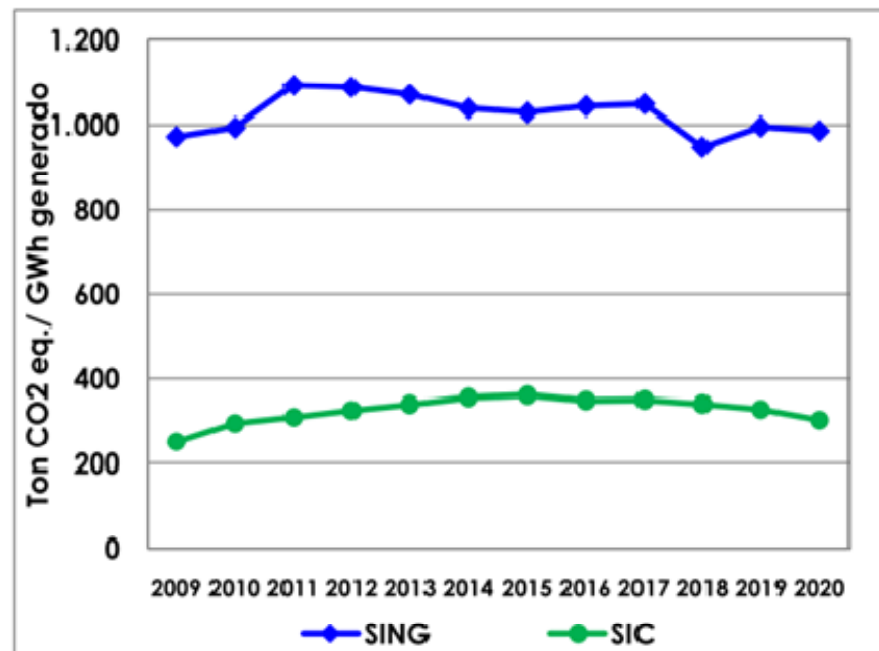
- Emisiones unitarias GEI mucho mayores en SING pese a tener intensidades energéticas similares.



# Emisiones GEI: perspectivas futuras



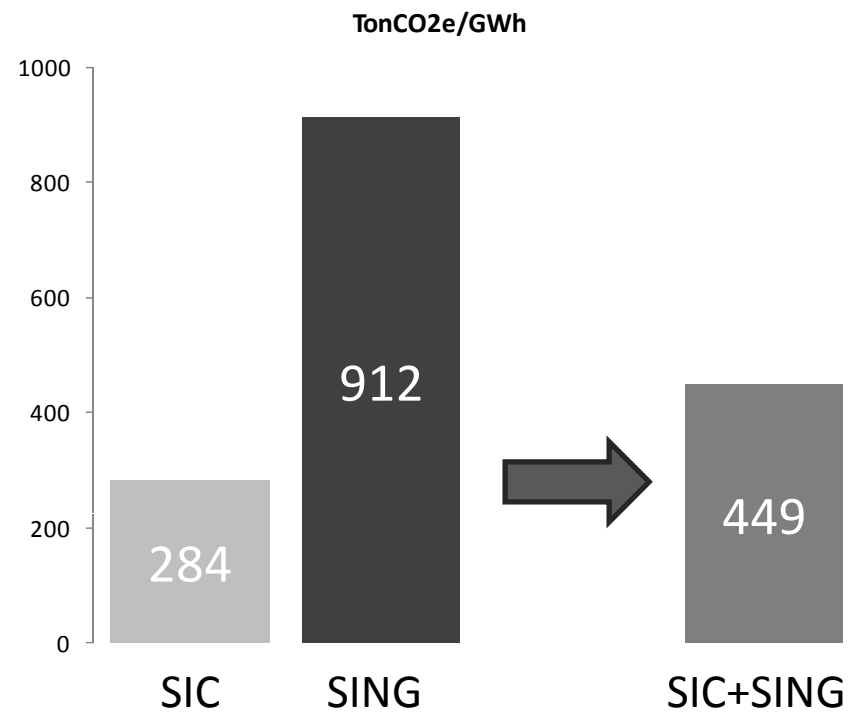
- Expansión en base a carbón en SING mantiene alto coeficiente emisiones CO<sub>2</sub>.
- Coeficiente emisiones SING 3 veces más alto que SIC en largo plazo



# Interconexión SIC-SING: reducción emisiones GEI



- Disminuye coeficiente emisiones SING en un 51%
- Aumenta coeficiente emisiones SIC en 58%



# Reducción emisiones GEI en SING vía ERNC

---

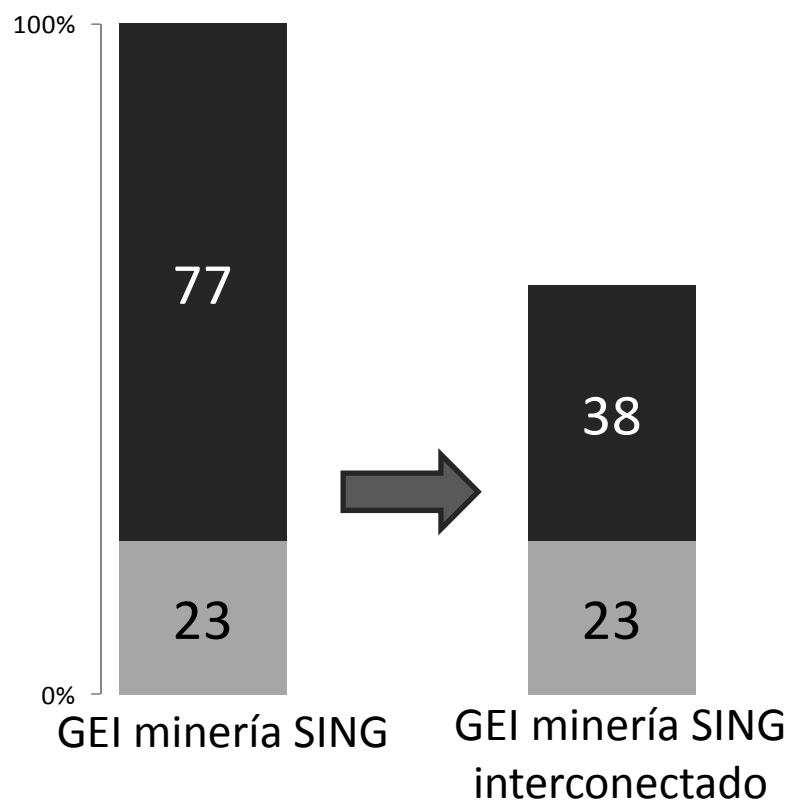


- **Reducción en 10% el coeficiente emisión SING vía ERNC\***
  
- ERNC: 9% de generación total → 1400 GWh
  - Reemplazando generación a carbón
  - Planta carbón genérica ( $\eta=35\%$ ) emite 973 TonCO<sub>2</sub>/GWh.
  
- 1400 GWh → 177 MW Geotérmicos ( $f_p=0,9$ )  
638 MW Eólicos ( $f_p=0,25$ )

# Reducción emisiones GEI en SING vía interconexión

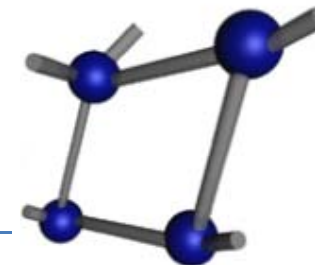


- Interconexión disminuye emisiones totales minería del cobre SING en un **40%**



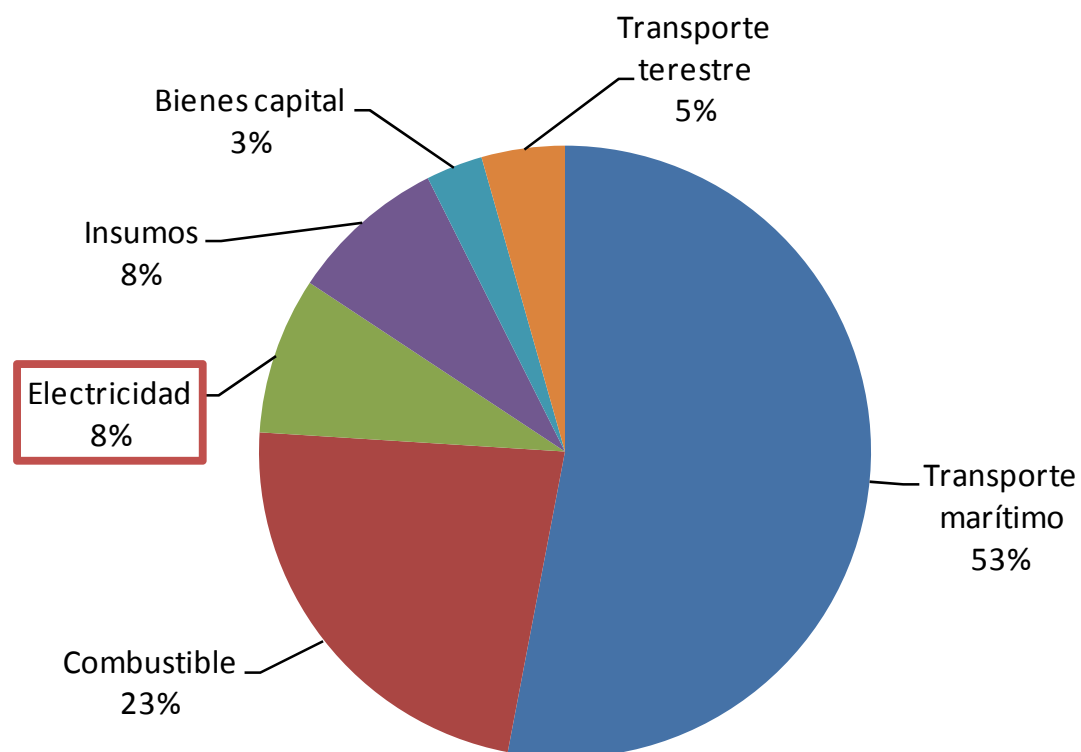


# Aumento emisiones GEI en SIC



➤ Ej.: Huella carbono manzana aumentaría en un 5,2%

País	kg CO2e/Ton Manzana
<b>Chile</b>	<b>181</b>
NZ	185
UK	272



# Aumento emisiones GEI en SIC

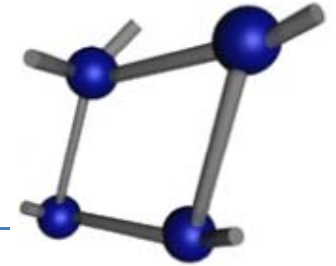


- Interconexión aumenta huella de carbono de productos agro y vitivinícolas SIC
- Mayor impacto en productos con huella de carbono dominada por la fases de post-cosecha:
  - Ciruelas, manzanas, uva de mesa, berries (packing, frigorífico)
  - Vinos (almacenaje, planta embotelladora)
- No claro como funcionará mercado internacional al respecto, ¿se medirá huella de carbono por país o por sistema eléctrico o por planta productora?

¿SIC?

# Temario

---



- Ventajas interconexiones de sistemas eléctricos
- Ejemplos interconexiones internacionales
- ¿Qué interconexión entre el SING y el SIC?
- Requerimientos del desarrollo minero
- ¿Ventajas de interconexión?
- El tema ambiental- la huella de carbono
- **¿Quién se beneficia? ¿Quién paga? ¿Se justifica?**

# Regulación

---



## Regulación actual **permite** desarrollo interconexión

### 1. Desarrollo privado :

- Aprovecha diferencial de precio entre ambos sistemas.
- En el largo plazo no se ve una diferencia de precios significativa que la justifique

### 2. Inclusión en Plan de Obras sistema troncal:

- Decisión estratégica regulador
- Considera beneficio SOCIAL de la interconexión, debe considerar todos los beneficios asociados.
- Alternativa no incluida en actual estudio de expansión.

# ¿Quién paga la interconexión?

---

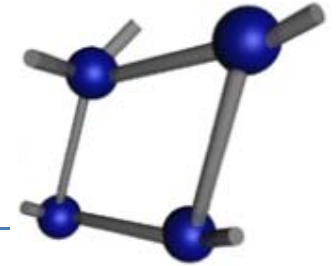


- Asignación de costos de acuerdo a beneficios obtenidos
  - ¿Quiénes realmente se benefician y están apoyando decisión política del gobierno?
  - Si interconexión se define como parte de área de influencia común (AIC) del sistema troncal :
    - 20% del costo asumido por consumidores
  - Si no es parte de AIC:
    - ¿100% de costo de mineras o de generadoras del norte?
  
- ¿Necesidad de desarrollar regulación especial que considere un pago de acuerdo a beneficios obtenidos?

# Interconexión SIC-SING

## ¿una necesidad país?

---



- No es evidente- desarrollo sujeto a evaluación costo-beneficio **social** de la interconexión  
Evaluar potenciales beneficios versus costos estimados
- Otras urgencias en definiciones de políticas públicas
  - ¿Desarrollo carbonífero dónde?
  - ¿Desarrollo grandes centrales hidroeléctricas?
  - ¿Expansiones del sistema troncal?
  - ¿20/20 como aspiración o como objetivo?
  - ¿Desarrollo nuclear?



SYSTEP

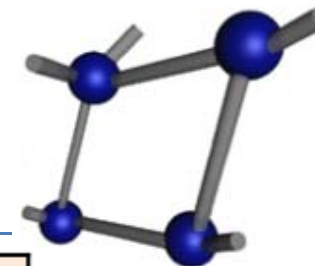
## Desarrollo minero e interconexión SIC-SING

**Seminario Interconexión**  
**SIC-SING: UNA NECESIDAD PAÍS**  
Santiago, noviembre 30 de 2010

*Un punto de encuentro y desarrollo para Chile*



# Anexo: Proyectos Minería del Cobre



Año Puesta en Marcha	EMPRESA	PROYECTOS	INVERSIÓN (Millones US\$)	REGIÓN
2010 <sup>3</sup>	ANTOFAGASTA MIN.	Ampliación Los Pelambres	1.000	IV
	CODELCO Andina	Expansión a 94 KTPD (Fase I)	980	V
	CODELCO Norte	R T Sulfuros Fase I	397	II
	CODELCO Teniente	Pilar Norte	125	VI
2011	ANTOFAGASTA MIN.	Esperanza	2.170	II
	BHP BILLITON	Escondida Nueva Pila Biolixiv.	384	II
	VALE	Tres Valles	92	IV
2012	ANGLO AMERICAN	Expansión Los Bronces	2.200	MET
	COLLAHUASI	Expansión Fase I	750	I
	FREEPORT MC MORAN	El Abra Sulfolix	600	II
	XSTRATA	Extensión Lomas Bayas II	293	II
2013	PAN PACIFIC COPPER	Caserones	2.000	III
	BARRICK	Pascua	1.500	III
	BHP BILLITON	Escondida Nueva Pila Lixiv Óx.	413	II
	CERRO DOMINADOR	Diego de Almagro	120	III
2014	GOLDCORP	El Morro	2.500	III
	CODELCO Norte	Mina Ministro Hales	1.700	II
	FAR WEST	Santo Domingo	600	III
	KINROSS	Lobo - Marte	575	III
	PANAUST	Inca de Oro	400	III
	CODELCO Salvador	San Antonio Óxidos	230	III
2015	CODELCO Andina	Expansión a 230 KTPD (Fase II)	4.800	V
	BARRICK	Cerro Casale	2.324	III
Después del 2015	TECK	Quebrada Blanca Hipógeno	3.000	I
	BHP BILLITON	Escondida Fase V	2.514	II
	COLLAHUASI	Expansión Fase II	2.450	I
	CODELCO Norte	Chuquicamata Subterránea	2.000	II
	QUADRA FNX MINING	Sierra Gorda	1.600	II
	CODELCO Teniente	Nuevo Nivel Mina	1.500	VI