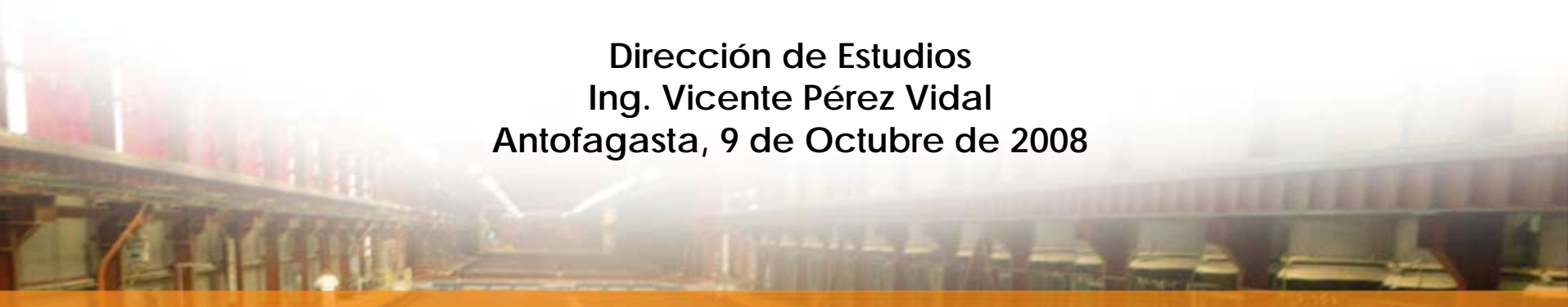


## FORO SING 2008

# LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA MINERÍA DEL COBRE DE CHILE AL AÑO 2015

- 1) El consumo histórico de energía
- 2) Proyectos de Inversión en la minería del cobre
- 3) Proyección de consumo de electricidad al 2015
- 4) Perspectivas de abastecimiento

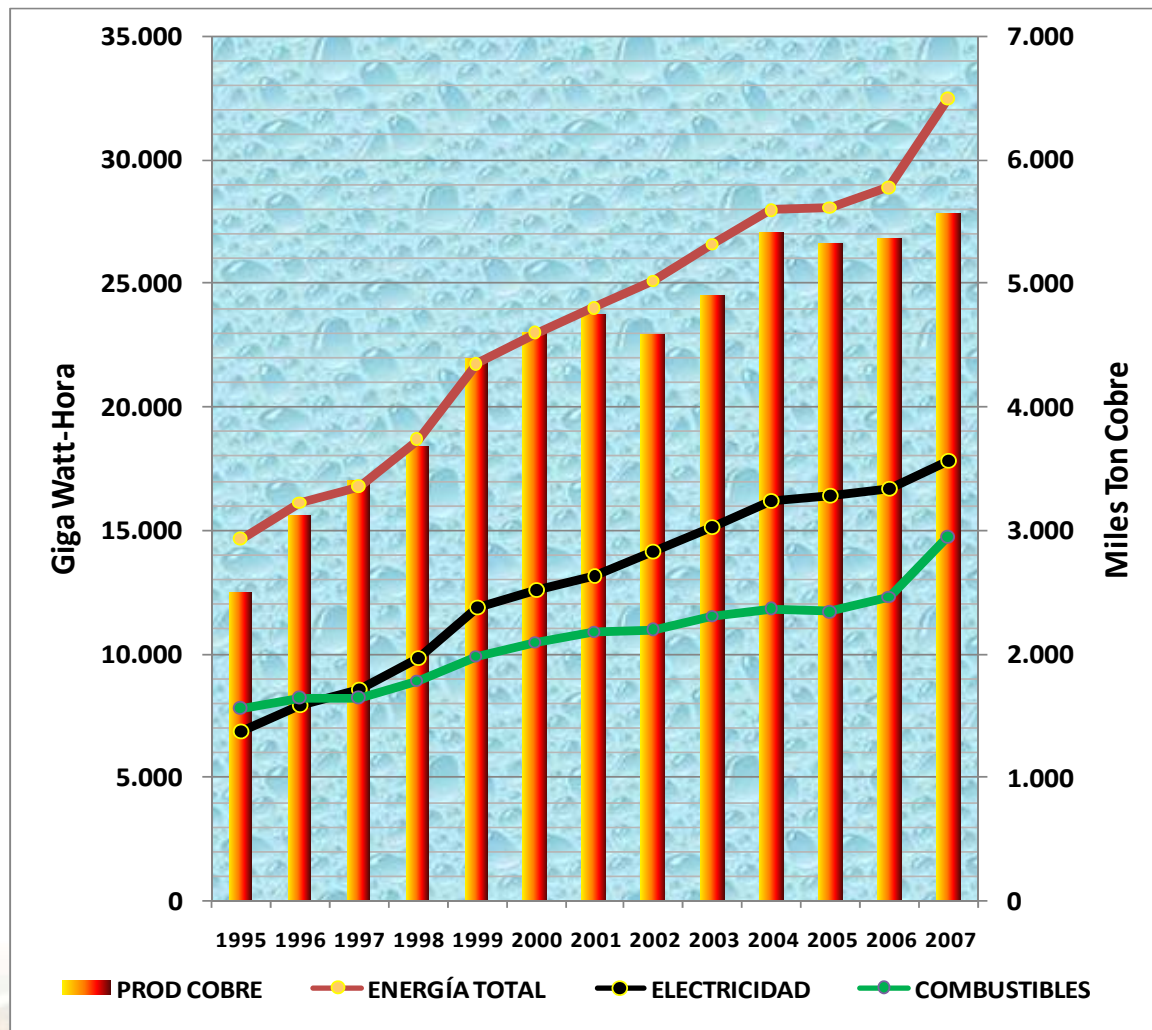
Dirección de Estudios  
Ing. Vicente Pérez Vidal  
Antofagasta, 9 de Octubre de 2008



# 1.1 EL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA MINERÍA DEL COBRE EN CHILE

## Evolución 1995 - 2007

- CONSUMO DE ENERGÍA  
Producción de Cu: + 123.3%  
Consumo de Energía: + 122,5%
- ELECTRICIDAD REEMPLAZA A COMBUSTIBLES  
Energía Eléctrica: + 159,2%  
Combustibles: + 90,0%
- CAMBIOS TECNOLÓGICOS
- NUEVAS OPERACIONES BASADAS EN TECNOLOGÍAS DE PUNTA (Principalmente por vía hidrometalúrgica)
- Año 2007 uso intensivo de Combustibles



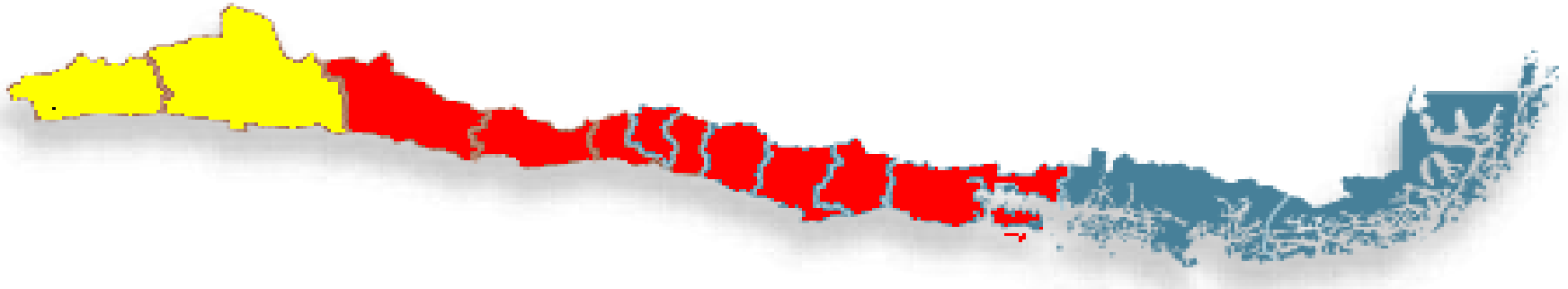
## 1.2 CONSUMO DE ENERGÍA POR PROCESO DE PRODUCCIÓN DE COBRE (Año 2007 GigaWatts – Hora)

Proceso	Combustibles	% Part.	Electricidad	% Part.	En. Total	% Comb	% Electr
Mina Rajo	9.371,9	63,6%	1.068,3	6,0%	10.440,2	89,8%	10,2%
Mina Subt	458,6	3,1%	430,9	2,4%	889,5	51,6%	48,4%
Concentradora	124,3	0,8%	8.019,6	45,1%	8.143,9	1,5%	98,5%
Fundición	2.366,7	16,1%	1.864,1	10,5%	4.230,8	55,9%	44,1%
Refinería Electr.	433,4	2,9%	354,7	2,0%	788,1	55,0%	45,0%
Lixiv / Sx / Ew	1.532,4	10,4%	5.286,3	29,7%	6.818,7	22,5%	77,5%
Servicios	443,7	3,0%	762,8	4,3%	1.206,4	36,8%	63,2%
<b>Total</b>	<b>14.731,0</b>	<b>100,0%</b>	<b>17.786,7</b>	<b>100,0%</b>	<b>32.517,6</b>	<b>45,3%</b>	<b>54,7%</b>
<b>Total SING</b>	<b>10.329,8</b>	<b>70,1%</b>	<b>10.704,8</b>	<b>60,2%</b>	<b>21.034,6</b>	<b>64,7%</b>	
<b>Total SIC</b>	<b>4.401,2</b>	<b>29,9%</b>	<b>7.081,8</b>	<b>39,8%</b>	<b>11.483,1</b>	<b>35,3%</b>	

## 1.3 LA ENERGÍA ELÉCTRICA: Insumo estratégico para la minería del cobre (Cifras del año 2007)

Sistema Interconectado del Norte Grande  
12.675 GWh  
(84,5% Cons. en Minería Cobre)

TOTAL CONSUMO PAÍS  
52.960 GWh  
(33.6% Cons. en Minería Cobre)



Sistema Interconectado Central  
39.965 GWh  
(17,7% Cons. en Minería Cobre)

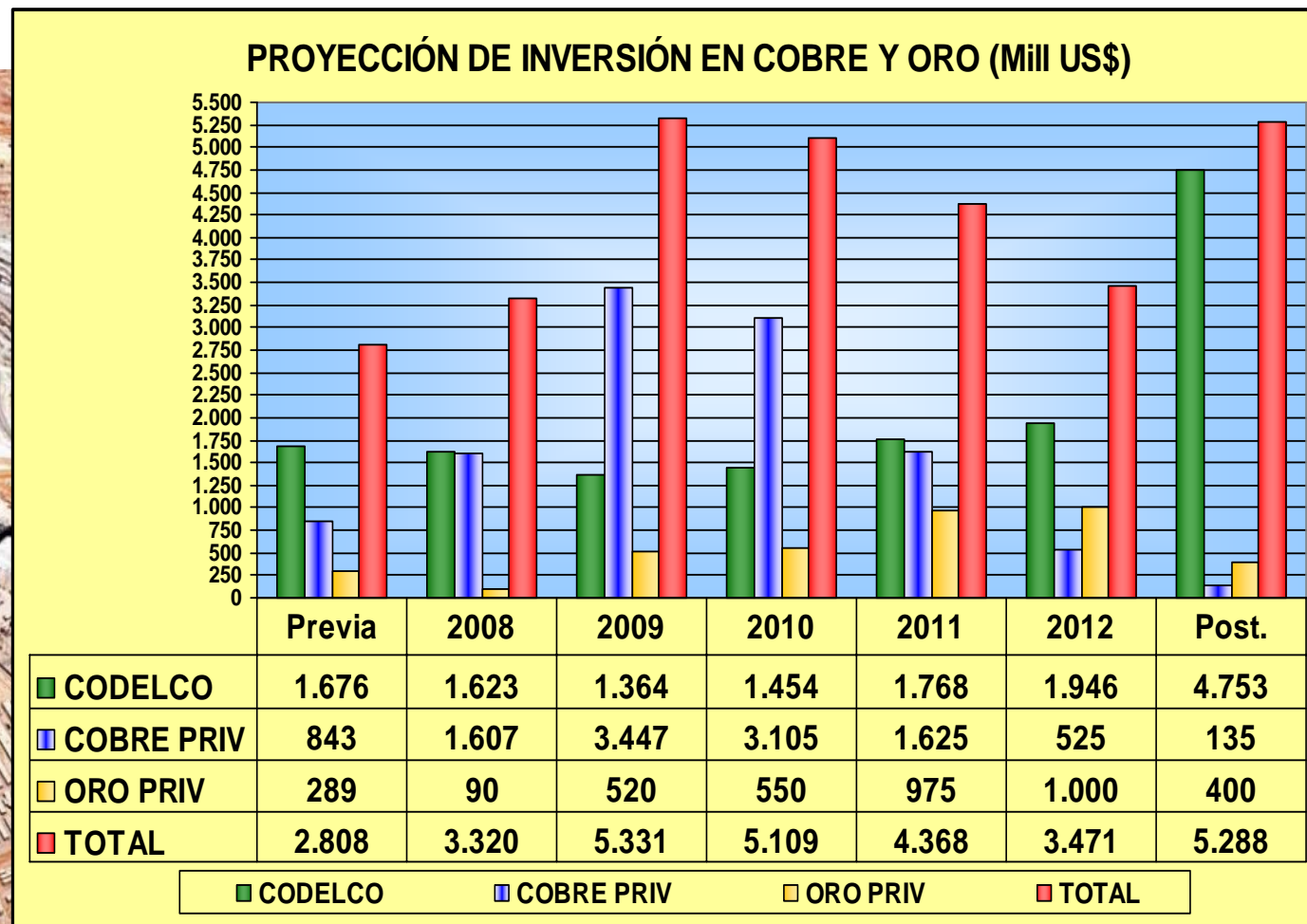
Fuente: Comisión Nacional de Energía (Generación Eléctrica 2007)  
Comisión Chilena del Cobre (Consumo 2007)

## 1.4 METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA MINERÍA DEL COBRE

**Consumo (Kw-Hora) = Coef. Unitario (Kwh / Ton) \* Producción (Ton Cu fino)**

- ✓ PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN DE CADA UNO DE LOS PRODUCTOS COMERCIALES DE COBRE (Concentrados, Blíster, Cátodos ER y Cátodos SxEw)
  - a) Planes de producción en Operaciones Actuales
  - b) Seguimiento de los proyectos de inversión en la minería del cobre (mantención y/o expansión de operaciones y desarrollo de proyectos nuevos) estimación de la fecha de puesta en marcha y del aporte en producción de cobre fino de sus productos comerciales
  
- ✓ DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES UNITARIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TONELADA DE COBRE CONTENIDO EN CADA PRODUCTO COMERCIAL
  - a) Encuesta a los productores sobre el consumo anual de electricidad y de combustibles empleado en cada área de proceso y el tonelaje de cobre procesado
  - b) Cálculo de los respectivos coeficientes unitarios por área de proceso resultante para cada faena y de los Coeficiente Unitarios Promedio Ponderado a nivel nacional y para cada zona SING y SIC

## 2.1 CARTERA DE PROYECTOS POR 29,7 MIL MILLONES DE US\$ (Con puesta en marcha o inicio de construcción entre 2008 y 2012)



FUENTE: COCHILCO "Inversión en la Minería del Cobre y del Oro Proyección 2008- 2012"

## 2.2 INVERSIONES MINERAS EN EL ÁREA DEL SING

### CODELCO NORTE

#### R. TOMIC Sulfuros

Inv. Total 2008-2010: US\$360 Mill

80 Kton/año Cobre en mineral

Mina Ministro A. Hales 50 ktpd.

Inv. Total 2008-2013: US\$317 Mill.

#### MINERA GABY

#### Gabriela Mistral

Inv. Total 2001-2008: US\$1.125 Mill.

150 ktpa de cátodos Sx Ew

### ANTOFAGASTA MINERALS

#### Esperanza

Inv. Total 2007 -2010: US\$ 1.900 Mill.

195 ktpa de Cobre en Concentrados

#### Antucoya

Inv. Total 2009 -2011: US\$ 200 Mill.

### COLLAHUASI

#### Ampliación Fase I

Inv. Total 2008-2010: US\$750 Mill

+ 200 Kton/año Cu fino

### XSTRATA

#### Extensión Lomas Bayas

Inv. Total 2006 - 2011: US\$ 270 Mill.

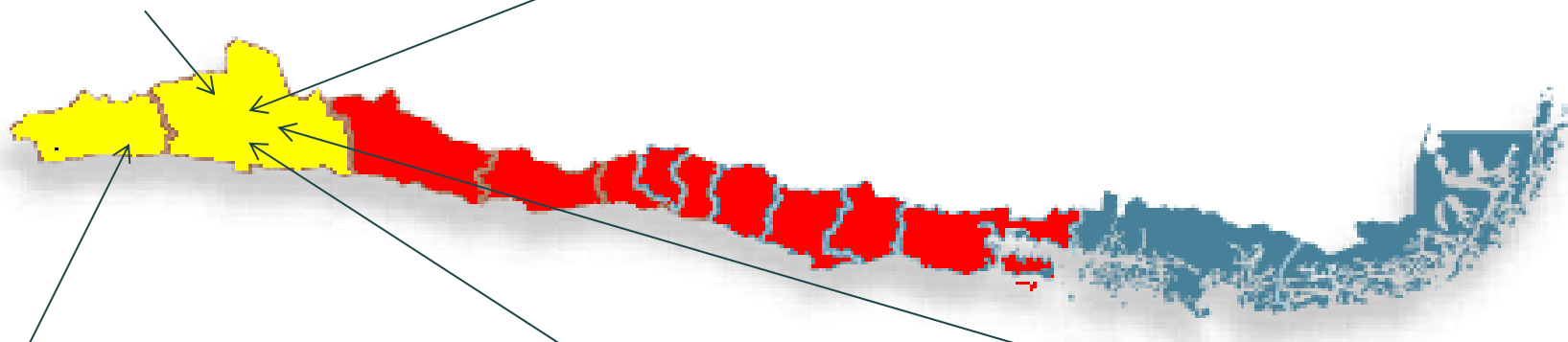
+ 15 Ktpa Cátodos SxEw

### BHP BILLITON

#### Escondida Fase V

Inv. Total 2008-2010: US\$1.000 Mill

+ 210 Kton/año Cu en Concentrados



## 2.3 PRINCIPALES INVERSIONES EN EL ÁREA DEL SIC

### ANTOFAGASTA MINERALS

Ampliación Los Pelambres a 175 ktpd:

Inv. Total 2005-2010: US\$600 Mill.

Tranque de Relaves Los Pelambres:

Inv. Total 2005-2008: US\$534 Mill.

Cap 1,7 millones de toneladas de relave

### PAN PACIFIC COPPER

Caserones

Inv. Total 2009 - 2011: US\$ 1.500 Mill.

110 Ktpa Cátodos SxEw

### XSTRATA

El Morro

Inv. Total 2009 - 2011: US\$ 2.500 Mill.

155 Ktpa Cu en Concentrados

### TECK COMINCO

Andacollo Sulfuros

Inv. Total 2007-2010: US\$386 Mill

80 Kton/año Cu en Concentrados

### CODELCO ANDINA

Andina

FASE I: Expansión a 94 ktpd:

Inversión 2005-2009: US\$ 734 Mill.

FASE II: Expansión a 230 ktpd:

Inv. Total 2007-2014: US\$ 4.800 Mill.

### CODELCO TENIENTE

Pilar Norte a 17 ktpd:

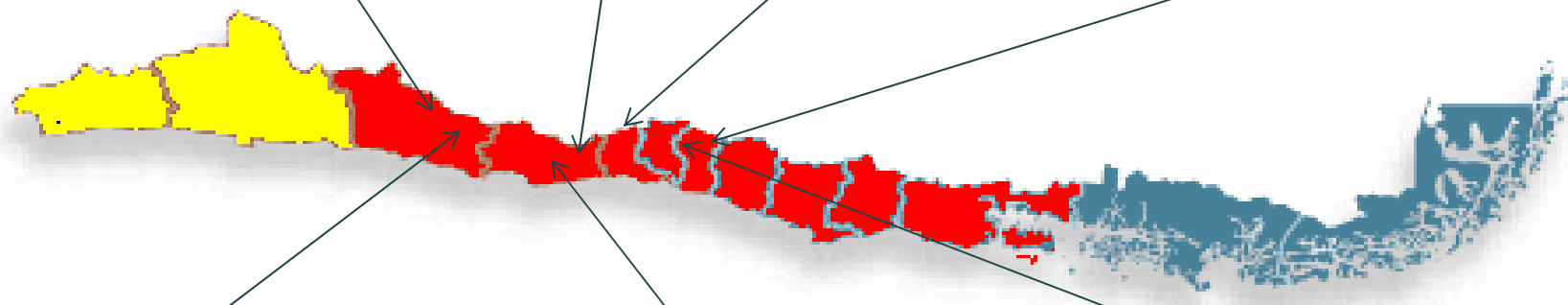
Inv. Total 2007-2009: US\$105 Mill.

### ANGLO AMERICAN

Desarrollo Los Bronces

Inv. Total 2008-2010: US\$1.740 Mill

+ 175 Kton/año Cu en Concentrados



## 2.4 CALENDARIO PUESTA EN MARCHA DE PRINCIPALES PROYECTOS

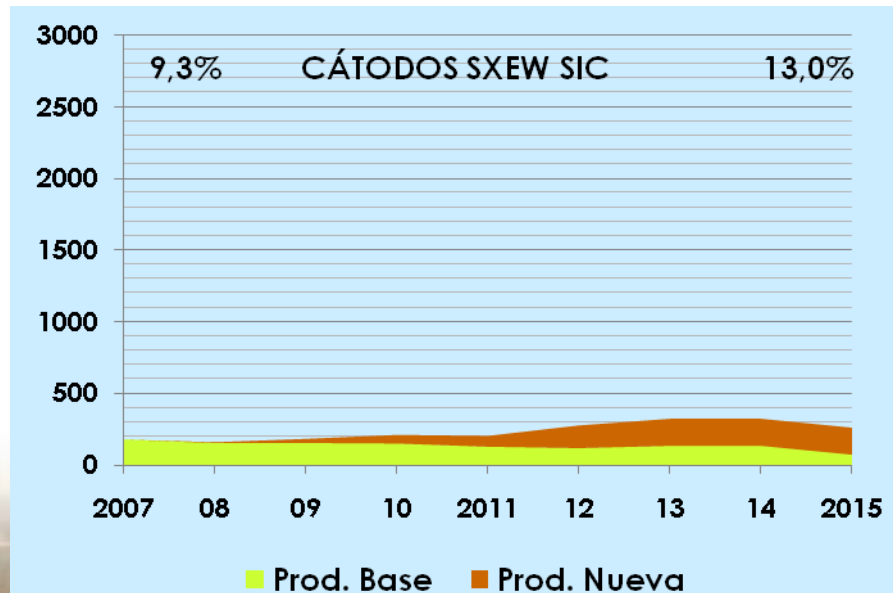
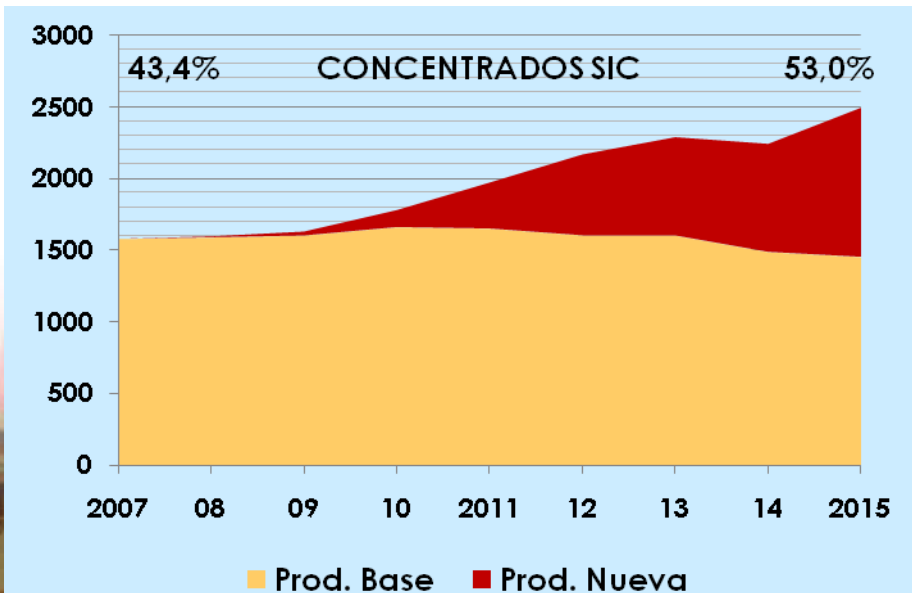
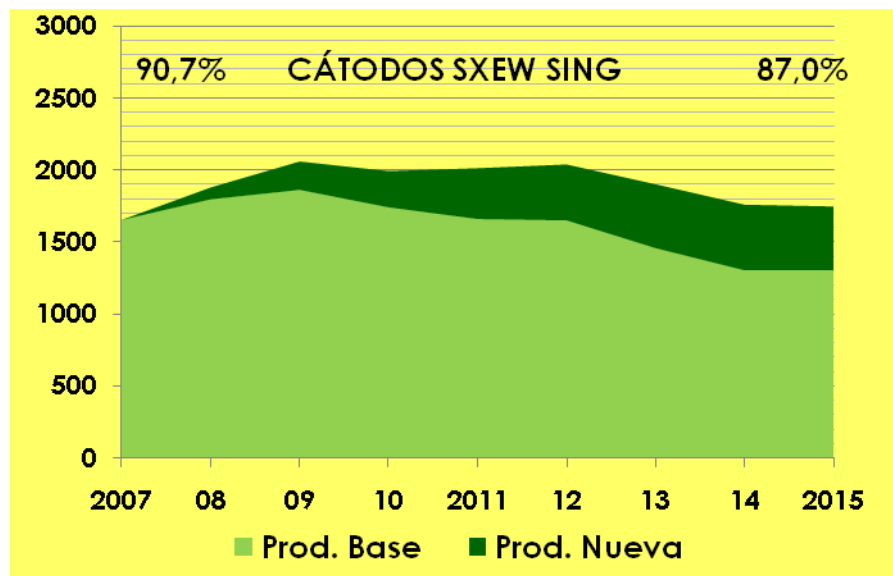
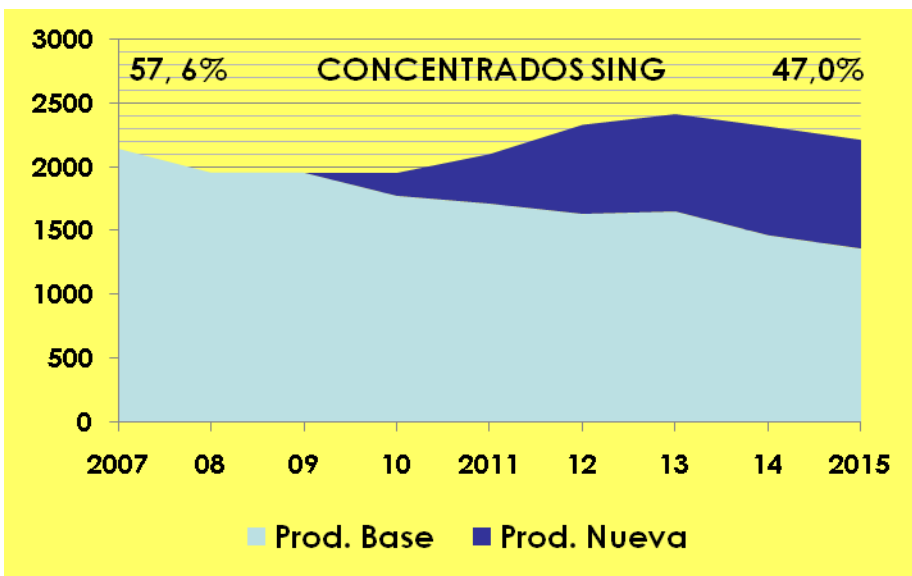
Año Puesta en Marcha	EMPRESA	PROYECTOS	INVERSIÓN (Millones US\$)
2008	ANTOFAGASTA MIN.	Los Pelambres (Tranque Relaves Mauro)	534
	CODELCO - CHILE	Gabriela Mistral	1.125
	XSTRATA	Ampliación Lomas Bayas	70
2009	CODELCO Andina	Expansión a 94 KTPD (Fase I)	734
	CENTENARIO COPPER	Franke	172
2010	AUR RESOURCES	Andacollo Hipógeno	336
	ANTOFAGASTA MINERALS	Esperanza	1.900
		Los Pelambres ( Ampliación II)	600
	CERRO DOMINADOR	Diego de Almagro	120
COLLAHUASI	Ampliación Fase I	750	
2011	ANGLO AMERICAN	Expansión Los Bronces	1.744
	ANTOFAGASTA MIN	Antucoya	200
	BARRICK	Pascua	1.500
	PAN PACIFIC COPPER	Caserones	1.500
	XSTRATA	Lomas Bayas II	200
2012	XSTRATA	El Morro	2.500
Después del 2012	BARRICK	Cerro Casale	2.324
	BHP BILLITON	Escondida Fase V	1.000
	CODELCO Norte	Mina Ministro Hales	317
	CODELCO Andina	Expansión a 230 KTPD (Fase II)	4.800

Fuente: Elaborado en COCHILCO, sobre la base de los antecedentes de cada proyecto de fuentes públicas

## 2.5 PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CHILENA DE COBRE MINA (Miles de Toneladas de Cu fino)

CONDICIÓN	PRODUCTO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PRODUCCIÓN BASE	Concentrados	3.725	3.549	3.561	3.438	3.366	3.238	3.256	2.954	2.814
	Cátodos SxEw	1.832	1.952	2.017	1.893	1.790	1.772	1.595	1.442	1.382
<b>PRODUCCIÓN MINA BASE</b>		<b>5.557</b>	<b>5.501</b>	<b>5.578</b>	<b>5.331</b>	<b>5.156</b>	<b>5.010</b>	<b>4.851</b>	<b>4.396</b>	<b>4.196</b>
PRODUCCIÓN NUEVA	Concentrados	0	6	27	298	711	1.266	1.453	1.611	1.899
	Cátodos SxEw	0	87	224	309	425	540	625	637	625
<b>PRODUCCIÓN MINA NUEVA</b>		<b>0</b>	<b>93</b>	<b>251</b>	<b>607</b>	<b>1.136</b>	<b>1.806</b>	<b>2.078</b>	<b>2.248</b>	<b>2.524</b>
TOTAL PRODUCCIÓN	Concentrados	3.725	3.555	3.588	3.736	4.077	4.504	4.709	4.565	4.713
	Cátodos SxEw	1.832	2.039	2.241	2.202	2.215	2.312	2.220	2.079	2.007
<b>TOTAL PRODUCCIÓN MINA PROYECTADA</b>		<b>5.557</b>	<b>5.594</b>	<b>5.829</b>	<b>5.938</b>	<b>6.292</b>	<b>6.816</b>	<b>6.929</b>	<b>6.644</b>	<b>6.720</b>

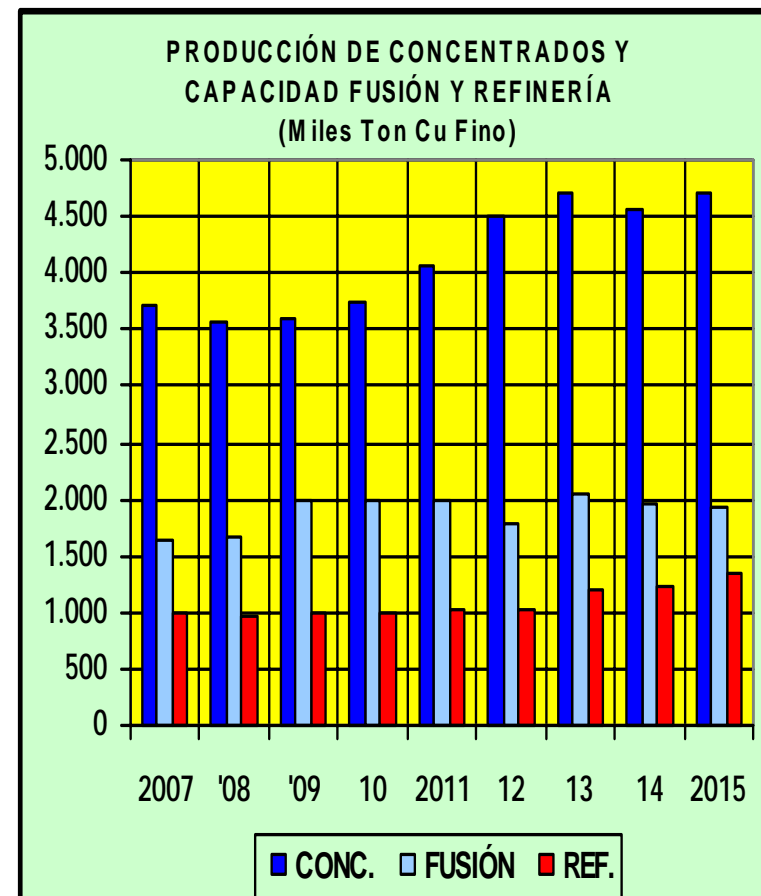
## 2.6 PRODUCCIÓN DE COBRE MINA EN LAS ÁREAS DEL SING Y DEL SIC (Miles de Toneladas de Cu fino)



## 2.7 PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FUNDICIÓN Y REFINACIÓN DE COBRE EN CHILE (Miles de Toneladas de Cu fino)

FUNDICIÓN	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SING	658	656	853	842	846	761	909	899	899
SIC	978	1.017	1.145	1.147	1.131	1.019	1.130	1.070	1.021
TOTAL	1.636	1.673	1.998	1.989	1.977	1.780	2.039	1.969	1.920

REFINERÍA	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SING	487	462	457	457	484	484	652	700	700
SIC	499	509	535	540	540	540	540	540	655
TOTAL	986	971	992	997	1.024	1.024	1.192	1.240	1.355



Fuente: Elaborado en COCHILCO en base a estimaciones propias y no comprometen a las empresas consideradas

### 3.1 LOS COEFICIENTES UNITARIOS EN LAS AREAS DEL SING Y DEL SIC

#### COEFICIENTES UNITARIOS DE CONSUMO ELÉCTRICO POR PROCESOS Y PRODUCTOS Promedios ponderados (KWh/Ton Cu fino)

	% Rec SIC	% Rec SING	SIC	PAÍS	SING
1) MINA RAJO			150,5	172,5	176,3
2) MINA SUBTE.			463,8	472,0	957,3
3)CONCENTRADORA	89,1%	84,5%	2.806,5	2.174,0	1.725,9
Hasta Concentrados (Mina + Concentradora)			3.149,1	2.438,2	1.934,6
FUNDICIÓN	96,8%	98,1%	999,3	1.079,8	1.189,2
Hasta Ánodos (Concentrados + Fundición)			4.262,4	3.798,9	3.161,2
REFINERIA	99,0%	99,0%	373,4	339,2	308,5
Hasta Cátodos ER (Fundición + Refinería)			4.668,8	4.058,1	3.501,1
TRAT. LIXIVIABLES	31,8%	65,6%	3.474,2	2.911,0	2850,9
Hasta Cátodos SxEw (Mina + Lixiviables)			3.947,6	3.199,6	3,119,6
SERVICIOS			184,4	128,8	92,4

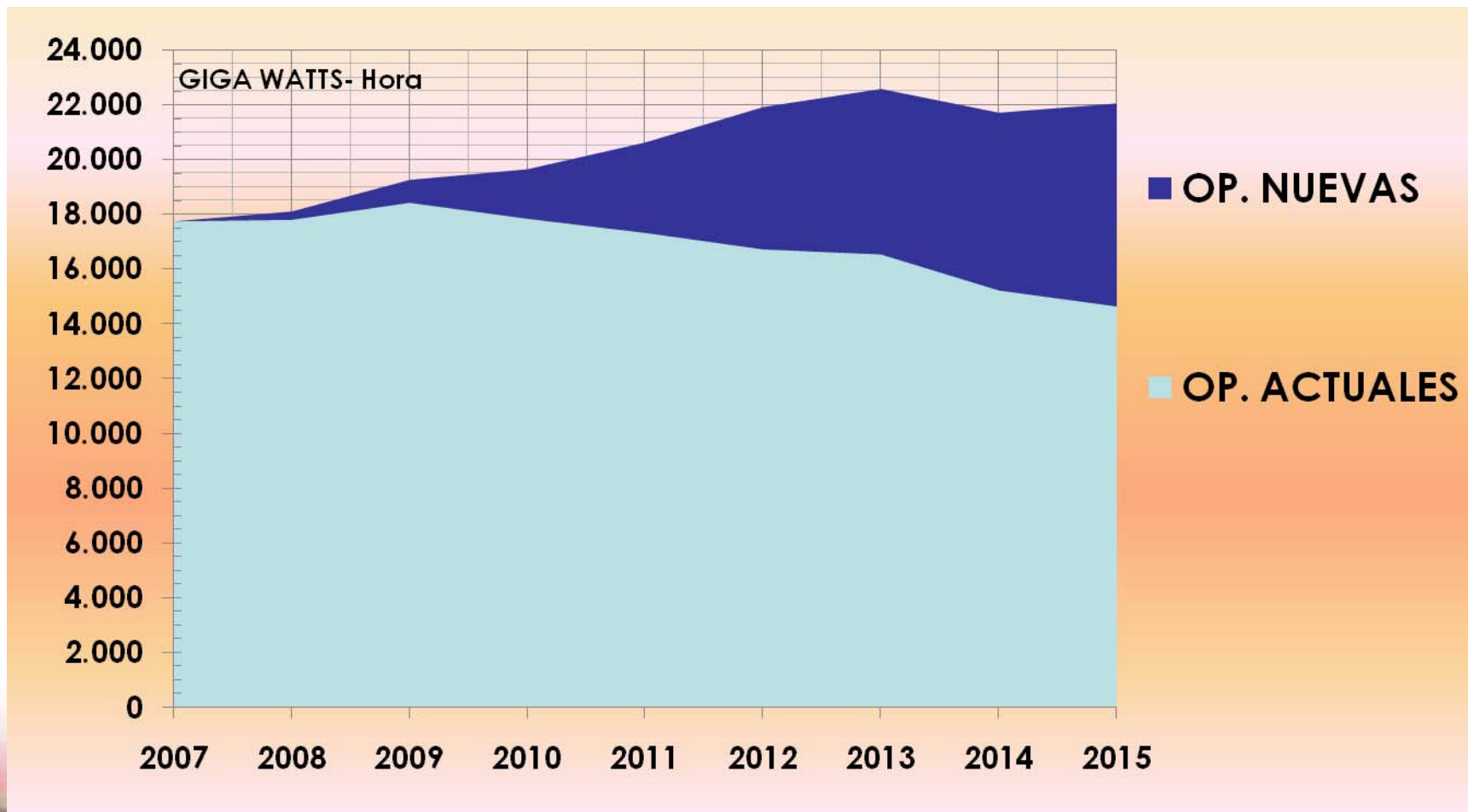
Fuente: Elaborado en COCHILCO en base al informe "Coef. Unitarios de consumo de energía de la minería del cobre 2001 - 2007" (Ing. Sara Pimentel)

## 3.2 CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN LA MINERÍA CHILENA DEL COBRE AL AÑO 2015

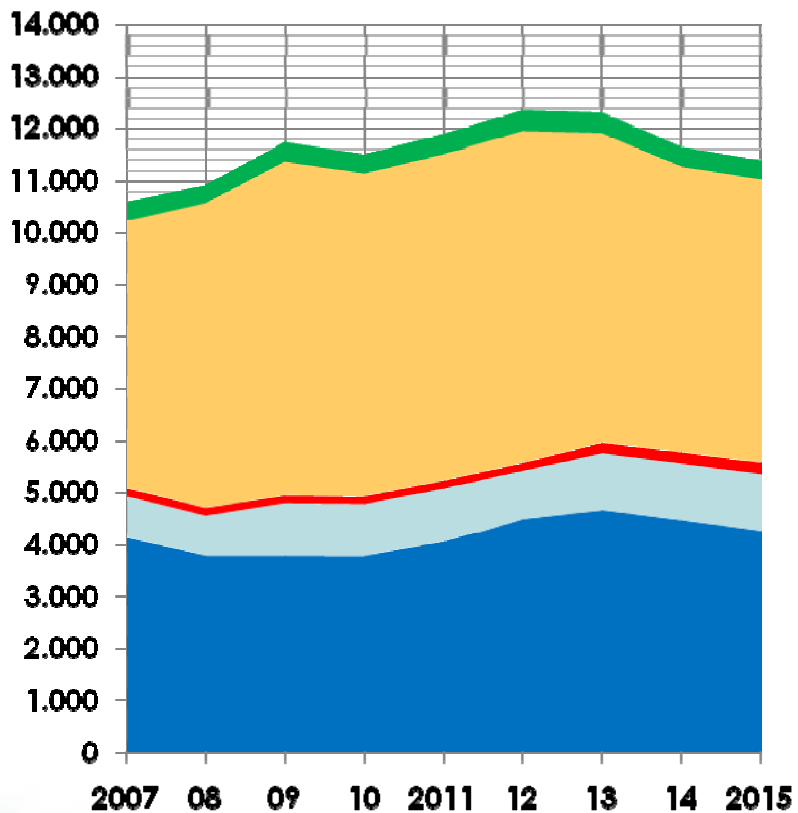
### PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

SISTEMA	Coef. Unit.	2007	2015	% Variación
Proceso	KWh/ton	GWh	GWh	
<b>SING</b>		<b>10.592,8</b>	<b>11.384,7</b>	<b>7,5%</b>
Hasta Concentrados	1.934,6	4.151,5	4.287,0	
Fundición (Ánodos )	1.189,2	782,5	1.069,1	
Refinación (Cátodos)	308,5	150,0	215,6	
Hasta Cátodos SxEw	3.119,6	5.159,8	5.450,0	
Servicios	92,4	349,0	363,0	
<b>SIC</b>		<b>7.156,1</b>	<b>10.665,7</b>	<b>48,9%</b>
Hasta Concentrados	2.806,5	4.972,4	7.863,3	
Fundición (Ánodos y RAF)	999,3	977,3	1.020,2	
Refinación (Cátodos)	339,2	186,3	244,6	
Hasta Cátodos SxEw	3.947,6	702,7	1.026,4	
Servicios	184,4	317,4	501,2	
<b>TOTAL PAÍS</b>		<b>17.748,9</b>	<b>22.040,4</b>	<b>24,2%</b>

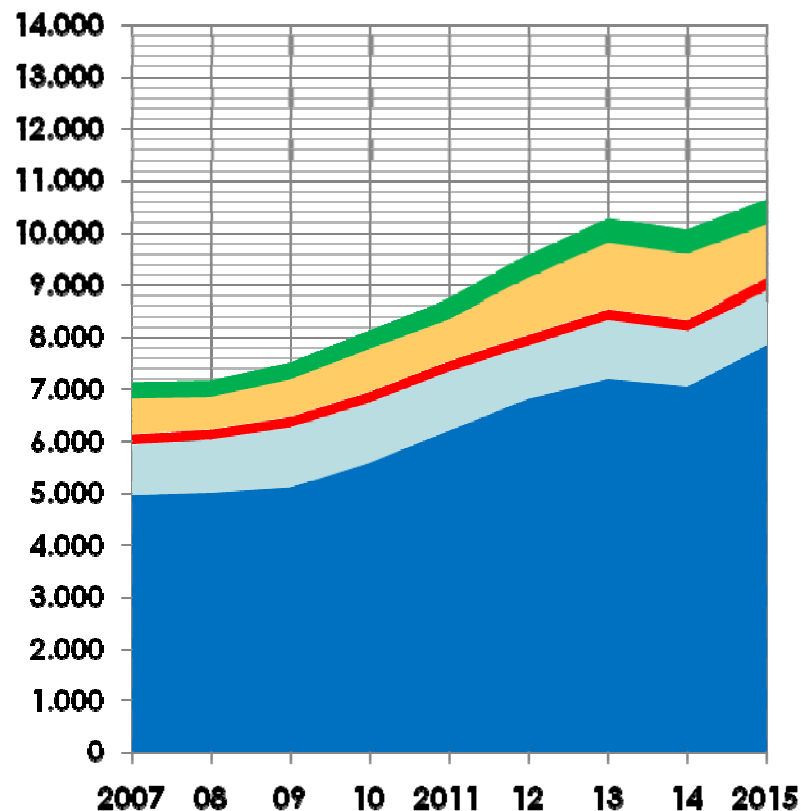
### 3.3 DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN LAS OPERACIONES VIGENTES Y LAS NUEVAS



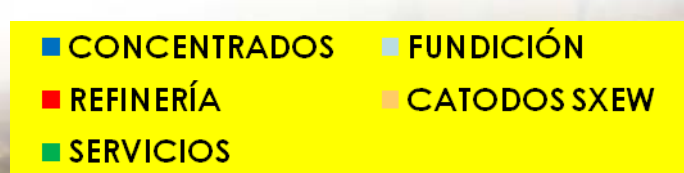
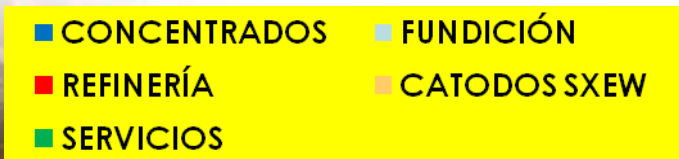
### 3.4 PROYECCIÓN ANUAL DE CONSUMO ELÉCTRICO POR AREA DE PROCESOS EN EL SING Y EL SIC (GigaWh)



SING



SIC



## 4) PERSPECTIVAS DEL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA MINERÍA DEL COBRE

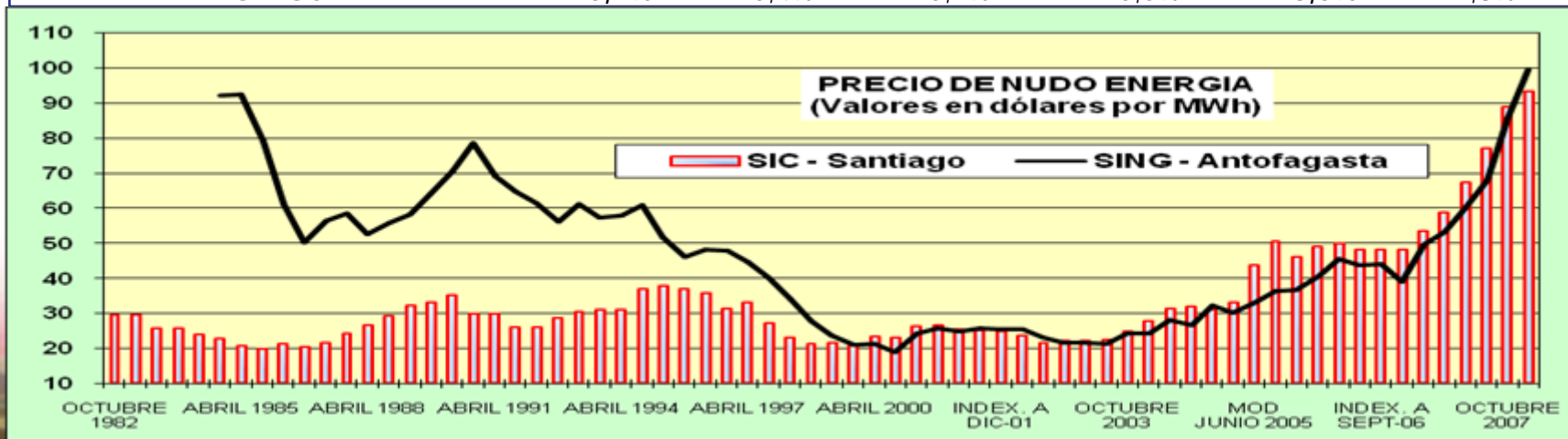
### 4.1 LA COYUNTURA

- La introducción de **Gas Natural** argentino para la generación eléctrica, **significó beneficios** operacionales, ambientales y económicos para Chile.
- Las **restricciones** impuestas por Argentina a las exportaciones de GN a partir de Abril del 2004, **impactaron negativamente** a los sistemas de generación eléctrica chilenos.
- Las principales medidas de corto plazo fueron la **reutilización** de la capacidad **de generación a carbón** y el **reemplazo del GN por diesel** en las centrales duales.
- **No** se ha registrado **insuficiencia de generación** significativa
- **Sí** se ha enfrentado **dificultades logísticas y operacionales**
- **Efecto principal es el** fuerte aumento del **costo** de la energía eléctrica



## 4.2 IMPACTOS DEL GN EN LA MATRIZ DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE CHILE

	2003	2004	2005	2006	2007	a Abr 2008
<b>Generación SIC (GWh)</b>	<b>33.638</b>	36.259	37.915	40.266	<b>41.969</b>	14.009
<b>Matriz energética SIC (%)</b>						
HIDRAULICA	64,8%	57,4%	66,9%	69,5%	<b>52,8%</b>	39,4%
GAS	23,3%	27,4%	17,5%	14,5%	<b>6,4%</b>	3,8%
CARBON + PETCOKE	10,6%	13,2%	11,3%	13,6%	<b>15,9%</b>	17,3%
DIESEL	0,0%	0,1%	3,0%	0,9%	<b>22,7%</b>	36,4%
OTROS	1,3%	1,9%	1,4%	1,5%	<b>2,2%</b>	3,0%
<b>Generación SING (GWh)</b>	<b>11.417</b>	12.330	12.657	13.236	<b>13.946</b>	4.670
<b>Matriz energética SING (%)</b>						
HIDRAULICA	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%	<b>0,5%</b>	0,5%
GAS	71,0%	61,5%	63,5%	48,4%	<b>22,6%</b>	13,9%
CARBON + PETCOKE	28,3%	37,3%	35,9%	49,9%	<b>57,6%</b>	56,8%
DIESEL	0,1%	0,2%	0,1%	0,7%	<b>16,4%</b>	26,0%
OTROS	0,1%	0,4%	0,1%	0,5%	<b>3,0%</b>	2,8%



FUENTE: Elaborado en COCHILCO en base a datos de la CNE

## 4.3 IMPACTOS EN COSTO DE OPERACIÓN EN LA MINERÍA CHILENA DEL COBRE

### MAYOR COSTO PRODUCCIÓN CÁTODOS POR CADA INCREMENTO DE 10 US\$/MWh

Producto	Sistema Interconectado	Coef. Unitario (KWh/Tmf)	Mayor Costo en US\$/Tmf	Mayor Costo en Cent US\$/lb
CÁTODO ER	SING	3.501,1	35,0	1,6
	SIC	4.668,8	46,7	2,1
CÁTODO SxEw	SING	3.119,6	31,2	1,4
	SIC	3.947,6	39,5	1,8

- ✓ Se estima que el costo de la producción comercial de cobre del año 2007 en el área del SING se incrementó en 106 Mill US\$ por cada 10 US\$/MWh de mayor costo de la electricidad,
- ✓ A su vez, en el área del SIC, su producción 2007 se encareció en 72 Mill US\$, por el mismo concepto.
- ✓ Como el costo de la electricidad ha subido unos 50 US\$/MWh, del 2004 al 2007, la producción nacional de cobre del año 2007 tuvo un mayor costo de 890 Mill US\$, comparado con el costo a valor de la electricidad previo a la crisis del 2004.

## 4.4 LA MINERÍA DEL COBRE Y LA SEGURIDAD ENERGÉTICA

### EN LA COYUNTURA

- Asegurar el suministro apoyando a las generadoras eléctricas (pruebas con diesel, absorción de mayores costos, etc.)
- Reducción de operaciones no críticas para bajar consumo eléctrico a solicitud de la autoridad
- Incorporación de turbinas generadoras para respaldar hasta un 15% de sus consumos

### AL AÑO 2012

(Máxima demanda en el SING)

- ✓ Participación en proyecto de GNL (Mejillones)
- ✓ Contratos con generadores para ampliar capacidad de generación a carbón
- ✓ Desarrollo de nuevos proyectos de generación eléctrica a carbón para licitarlos (En lo posible a nuevos generadores)
- ✓ Estudios para ERNC

# Muchas Gracias

**Presentación basada en informes elaborados en  
la DIRECCIÓN DE ESTUDIOS y publicados en  
[www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)**

**Ing. Vicente Pérez Vidal**

Envíe sus consultas a nuestro **Sistema de Atención a Clientes** alojado  
en nuestra web [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl) o al e-mail [cochilco@cochilco.cl](mailto:cochilco@cochilco.cl)

