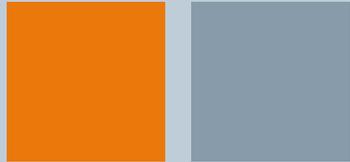




# PROPUESTA DE UN RECURSO ENERGÉTICO DISPONIBLE EN CHILE PARA UNA MEJORA DE LA MATRIZ ENERGÉTICA

Universidad de las Américas

Ingeniería Civil Industrial



# PROPUESTA DE UN RECURSO ENERGÉTICO DISPONIBLE EN CHILE PARA UNA MEJORA DE LA MATRIZ ENERGÉTICA

# AGENDA



- SITUACIÓN ACTUAL
- PROBLEMÁTICA
- OBJETIVO GENERAL
- OBJETIVO ESPECIFICO
- LIMITACIONES
- DESCRIPCIÓN DE LO QUE SE UTILIZA EN LA ACTUALIDAD
- NECESIDADES ENERGÉTICAS EN CHILE AL AÑO 2050
- GAS NATURAL EN CHILE EN LA ACTUALIDAD
- ANÁLISIS DEL RECURSO ENERGÉTICO SHALE GAS ¿CUÁNTO PRODUCE?
- DEMANDA EN CHILE AL AÑO 2050
- ANÁLISIS DE DISTINTOS ESCENARIOS PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE AL AÑO 2050
- RELEVANCIA SOCIAL.
- RELEVANCIA AMBIENTAL
- COSTOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

## SITUACIÓN ACTUAL

### q SISTEMA INTERCONECTADO NORTE GRANDE (SING).

Comprende a las siguientes regiones:

Arica-Parinacota.

Tarapacá.

Antofagasta.

### q SISTEMA ELÉCTRICO DE AYSÉN (SEA).

Aysén.

### q SISTEMA ELÉCTRICO DE MAGALLANES (SEM).

Magallanes.

### q SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL (SIC).

Atacama.

Coquimbo.

Valparaíso.

Región Metropolitana.

O'Higgins.

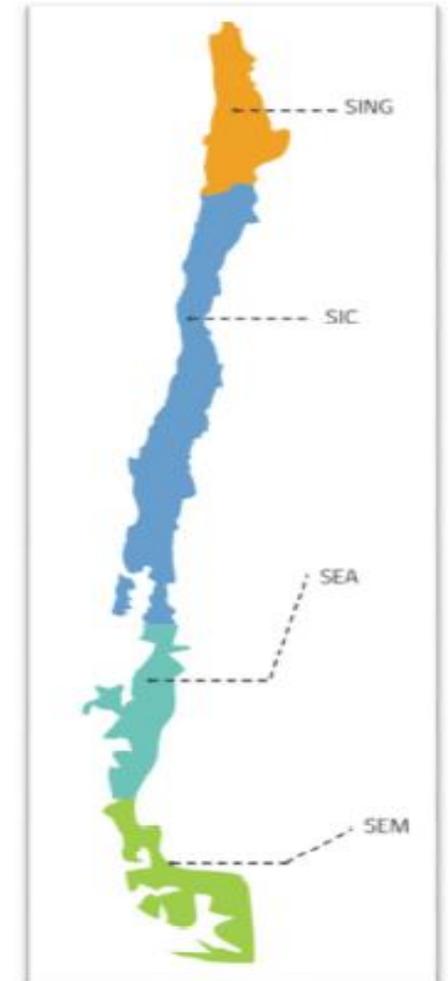
Maule.

Biobío.

Araucanía.

Los Ríos.

Los Lagos.



David Tapia Ore

## SITUACIÓN ACTUAL

q **Capacidad instalada.**- Suma de la potencia máxima de las Unidades de Generación que conforman el Equipamiento de Generación de un Usuario o Cliente Final, es expresada en kilowatts (kW), megawatts (MW) ó gigawatts (GW).

q **Generación eléctrica bruta.**- Energía eléctrica generada en las centrales eléctricas, sin descontar la energía eléctrica que se consumió en las centrales ni en las pérdidas de transmisión y distribución, es expresada en kilowatt-hora (kWh), megawatt-hora (MWh), ó gigawatt-hora (GWh).

## SITUACIÓN ACTUAL

La capacidad instalada de generación eléctrica en el año 2015 fue de **19.742 MW**.

### CAPACIDAD ELÉCTRICA INSTALADA EN CHILE EN EL AÑO 2015

	POTENCIA	PARTICIPACIÓN	CENTRALES TERMOELÉCTRICAS						CENTRALES HIDROELÉCTRICAS						CENTRALES ERNC					
			CARBÓN		DIESEL		GAS NATURAL		HIDROENERGÍA DE PASADA		HIDRAULICA DE EMBALSE		MINI HIDRAULICA DE PASADA		SOLAR FOTOVOLTAICA		EOLICA		BIOMASA	
			[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]
<b>SIC</b>	15.609,00	<b>79,1%</b>	2.341,35	15,0%	3.277,89	21,0%	1.873,08	12,0%	2.029,17	13,0%	4.058,34	26,0%	312,18	2,0%	468,27	3,0%	780,45	5,0%	468,27	3,0%
<b>SING</b>	3.968,00	<b>20,1%</b>	1.944,32	49,0%	357,12	9,0%	1.468,16	37,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	119,04	3,0%	79,36	2,0%	-	0,0%
<b>SSMM</b>	165,00	<b>0,8%</b>	-	0,0%	49,50	30,0%	90,75	55,0%	23,10	14,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	1,65	1,0%	-	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>19.742,00</b>	100,0%	4.285,67	21,7%	3.684,51	18,7%	3.431,99	17,4%	2.052,27	10,4%	4.058,34	20,6%	312,18	1,6%	587,31	3,0%	861,46	4,4%	468,27	2,4%

## SITUACIÓN ACTUAL

Del total de centrales eléctricas en el país, las centrales **termoeléctricas** ocupan un **57,8%** de la capacidad total instalada.

### CAPACIDAD ELÉCTRICA INSTALADA EN CHILE EN EL AÑO 2015

			CENTRALES TERMOELÉCTRICAS		CENTRALES HIDROELÉCTRICAS		CENTRALES ERNC	
	POTENCIA	PARTICIPACIÓN	POTENCIA	PARTICIPACIÓN	POTENCIA	PARTICIPACIÓN	POTENCIA	PARTICIPACIÓN
	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]
<b>SIC</b>	15.609,00	79,1%	7.492,32	48,0%	6.399,69	41,0%	1.716,99	11,0%
<b>SING</b>	3.968,00	20,1%	3.769,60	95,0%	-	0,0%	198,40	5,0%
<b>SSMM</b>	165,00	0,8%	140,25	85,0%	23,10	14,0%	1,65	1,0%
<b>TOTAL</b>	<b>19.742,00</b>	<b>100%</b>	<b>11.402,17</b>	<b>57,8%</b>	<b>6.422,79</b>	<b>32,5%</b>	<b>1.917,04</b>	<b>9,7%</b>

## SITUACIÓN ACTUAL

Del total de centrales eléctricas en el país, las centrales **termoeléctricas a gas natural** ocupan un **17,4%** de la capacidad total instalada.

### CAPACIDAD TERMOELÉCTRICA INSTALADA EN CHILE EN EL AÑO 2015

	CENTRALES TERMOELÉCTRICAS							
			CARBÓN		DIESEL		GAS NATURAL	
	POTENCIA	PARTICIPACIÓN	POTENCIA	PARTICIPACIÓN	POTENCIA	PARTICIPACIÓN	POTENCIA	PARTICIPACIÓN
	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]	[MW]	[%]
SIC	15.609,00	79,1%	2.341,35	15,0%	3.277,89	21,0%	1.873,08	12,0%
SING	3.968,00	20,1%	1.944,32	49,0%	357,12	9,0%	1.468,16	37,0%
SSMM	165,00	0,8%	-	0,0%	49,50	30,0%	90,75	55,0%
<b>TOTAL</b>	<b>19.742,00</b>	100%	4.285,67	21,7%	3.684,51	18,7%	3.431,99	<b>17,4%</b>

## SITUACIÓN ACTUAL

Considerando a la capacidad instalada de las centrales termoeléctricas en el año 2015 como un 100%, las centrales termoeléctricas a **gas natural** ocuparon un **30,1%** y las centrales termoeléctricas a **Carbón** ocuparon un **37,6%**.

CENTRALES TERMOELÉCTRICAS	POTENCIA INSTALADA [MW]	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS
CARBÓN	4.285,67	37,6%
DIESEL	3.684,51	32,3%
GAS NATURAL	3.431,99	30,1%
TOTAL	11.402,17	100,0%

## SITUACIÓN ACTUAL

La generación eléctrica utilizada en Chile durante el año 2015 ascendió a **72.175 GWh**.

### GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE EN EL AÑO 2015

ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	CENTRALES TERMOELÉCTRICAS						CENTRALES HIDROELÉCTRICAS						CENTRALES ERNC						
		CARBÓN		DIESEL		GAS NATURAL		HIDROENERGÍA DE PASADA		HIDRÁULICA DE EMBALSE		MINI HIDRÁULICA DE PASADA		SOLAR FOTOVOLTAICA		EÓLICA		BIOMASA		
		[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]
<b>SIC</b>	52.901,00	<b>73,3%</b>	14.283,27	27,0%	1.058,02	2,0%	8.464,16	16,0%	11.109,21	21,0%	12.696,24	24,0%	-	0,0%	1.058,02	2,0%	1.587,03	3,0%	2.645,05	5,0%
<b>SING</b>	18.805,00	<b>26,1%</b>	14.178,97	75,4%	1.259,94	6,7%	2.670,31	14,2%	94,03	0,5%	-	0,0%	-	0,0%	376,10	2,0%	225,66	1,2%	-	0,0%
<b>SSMM</b>	469,00	<b>0,6%</b>	-	0,0%	75,04	16,0%	290,78	62,0%	98,49	21,0%	-	0,0%	-	0,0%	-	0,0%	4,69	1,0%	-	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>72.175,00</b>	100,0%	28.462,24	39,4%	2.393,00	3,3%	11.425,25	15,8%	11.301,73	15,7%	12.696,24	17,6%	-	0,0%	1.434,12	2,0%	1.817,38	2,5%	2.645,05	3,7%

## SITUACIÓN ACTUAL

Del total de energía eléctrica generada en el país, la generación **termoeléctrica** fue de un **58,6%** de este total.

### GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE EN EL AÑO 2015

			CENTRALES TERMOELÉCTRICAS		CENTRALES HIDROELÉCTRICAS		CENTRALES ERNC	
	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN
	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]
<b>SIC</b>	52.901,00	73,3%	23.805,45	45,0%	23.805,45	45,0%	5.290,10	10,0%
<b>SING</b>	18.805,00	26,1%	18.109,22	96,3%	94,03	0,5%	601,76	3,2%
<b>SSMM</b>	469,00	0,6%	365,82	78,0%	98,49	21,0%	4,69	1,0%
<b>TOTAL</b>	<b>72.175,00</b>	100%	42.280,49	<b>58,6%</b>	23.997,97	33,2%	5.896,55	8,2%

## SITUACIÓN ACTUAL

Del total de energía eléctrica generada en el país, la **generación a gas natural** fue de **15,8%** de este total.

### GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA EN CHILE EN EL AÑO 2015

	CENTRALES TERMOELÉCTRICAS							
			CARBÓN		DIESEL		GAS NATURAL	
	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN
	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]
<b>SIC</b>	52.901,00	73,3%	14.283,27	27,0%	1.058,02	2,0%	8.464,16	16,0%
<b>SING</b>	18.805,00	26,1%	14.178,97	75,4%	1.259,94	6,7%	2.670,31	14,2%
<b>SSMM</b>	469,00	0,6%	-	0,0%	75,04	16,0%	290,78	62,0%
<b>TOTAL</b>	<b>72.175,00</b>	100%	28.462,24	39,4%	2.393,00	3,3%	11.425,25	<b>15,8%</b>

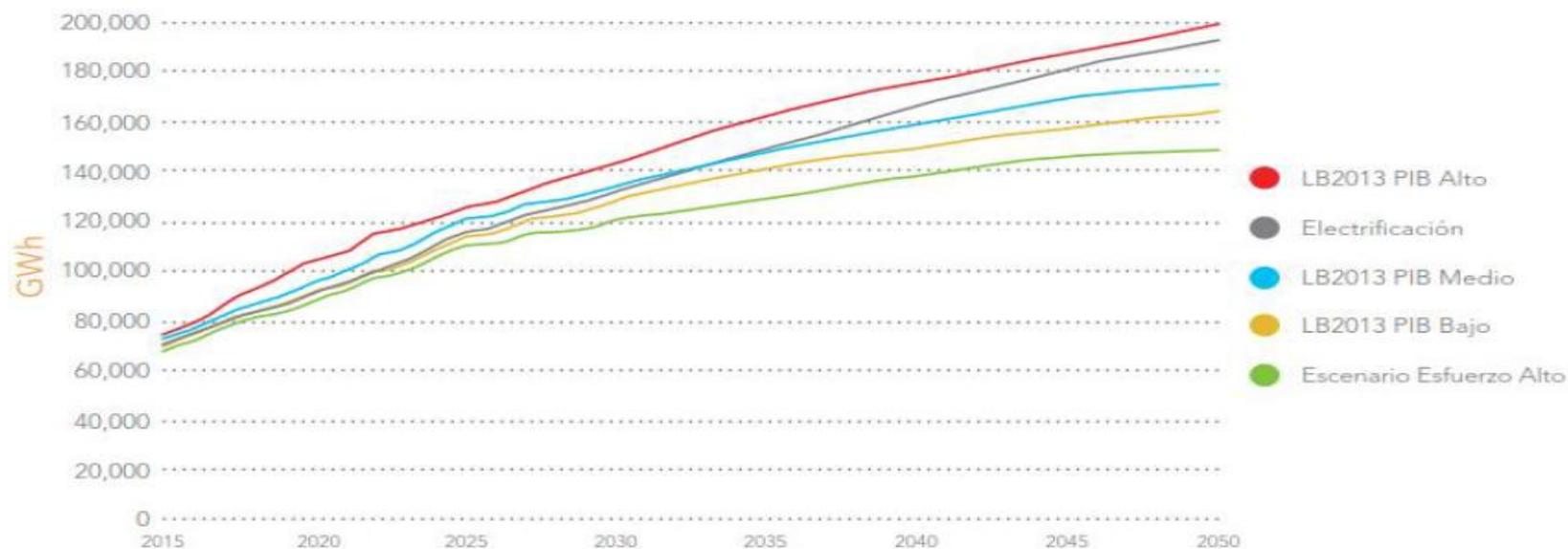
## SITUACIÓN ACTUAL

Considerando a la generación termoeléctrica en el año 2015 como un 100%, la generación termoeléctrica a partir de **gas natural** ocupó un **27%** y la generación termoeléctrica a partir del **Carbón** fue de un **67,3%**.

CENTRALES TERMOELÉCTRICAS	GENERACIÓN ELÉCTRICA UTILIZADA [GWh]	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS
CARBÓN	28.462,24	67,3%
DIESEL	2.393,00	5,7%
GAS NATURAL	11.425,25	27,0%
<b>TOTAL</b>	<b>42.280,49</b>	<b>100,0%</b>

## PROBLEMÁTICA

Según la “**Hoja de Ruta 2050, hacia una energía sustentable e inclusiva para Chile**”, elaborado por el Comité Consultivo de Energía 2050, bajo la dirección del Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, se proyecta que para el año 2050, el consumo eléctrico del país al menos se duplicaría, es decir, llegar a necesitar en el año 2050 unos 70.000 GWh adicionales a los actuales.



## PROBLEMÁTICA

Ante esta situación, se desea saber si existe algún recurso energético en Chile que pueda aportar a la matriz energética actual y ayudar a abordar las necesidades energéticas al año 2050.

## OBJETIVO GENERAL

q Proponer una alternativa energética, que sea un recurso existente en el país y que pueda cubrir las necesidades energéticas al año 2050.

## OBJETIVO ESPECIFICO

- q Evaluar alguna alternativa energética, en este caso un combustible fósil disponible en Chile.
- q Identificar al combustible fósil disponible en Chile que pueda cubrir una parte de las necesidades energéticas del país al año 2050, según la “Hoja de Ruta 2050, hacia una energía sustentable e inclusiva para Chile” elaborado por el ministerio de Energía del Gobierno de Chile.

## LIMITACIONES

Las limitaciones que encontré fueron las siguientes:

- a) Debido a que para la extracción de éste combustible la tecnología utilizada es reciente, ella está sujeta a patentes, por ello el acceso a información técnica profunda es limitada.
- b) Se desconocen los aspectos legales, licencias, para la explotación de un yacimiento en la región de Magallanes.

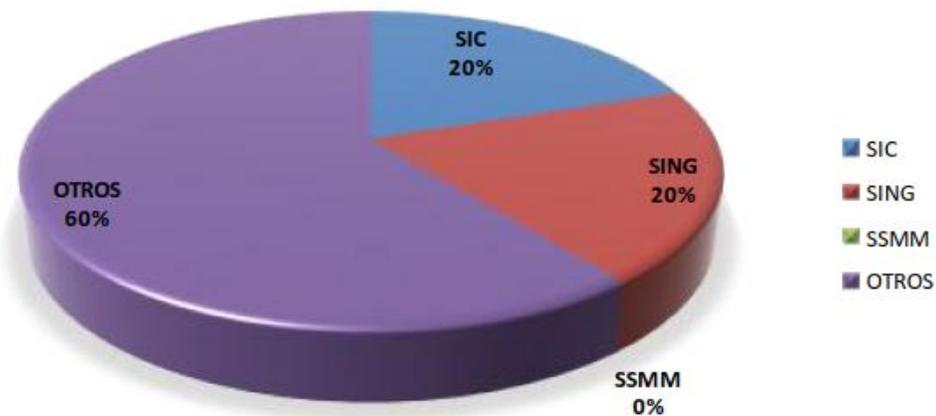
## DESCRIPCIÓN DE LO QUE SE UTILIZA EN LA ACTUALIDAD

### GENERACIÓN ELÉCTRICA A CARBÓN.

Representó un **39,4%** del total de generación eléctrica en Chile al año 2015.

			CENTRALES TERMOELÉCTRICAS A CARBÓN	
	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN
	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]
SIC	52.901,00	73,3%	14.283,27	27,0%
SING	18.805,00	26,1%	14.178,97	75,4%
SSMM	469,00	0,6%	-	0,0%
<b>TOTAL</b>	72.175,00	100%	28.462,24	<b>39,4%</b>

### ENERGÍA PRODUCIDA CENTRALES A CARBÓN VS TOTAL PAIS



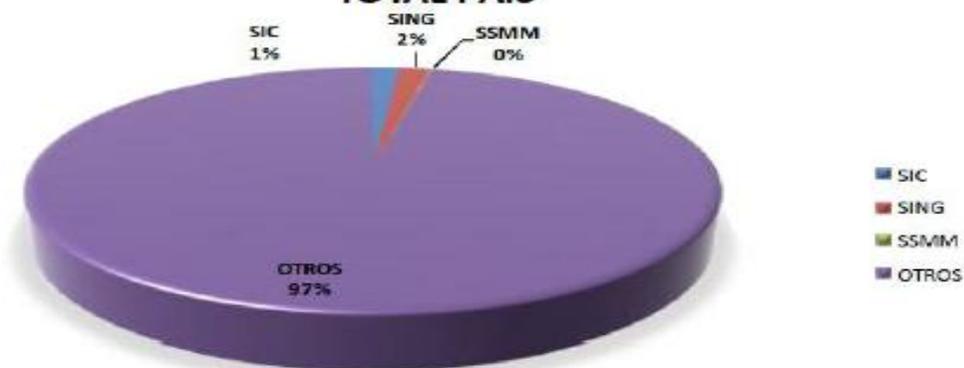
## DESCRIPCIÓN DE LO QUE SE UTILIZA EN LA ACTUALIDAD

### GENERACIÓN ELÉCTRICA A DIESEL.

Representó un de **3,3%** del total de generación eléctrica en Chile al año 2015.

			CENTRALES TERMOELÉCTRICAS A DIESEL	
	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN
	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]
SIC	52.901,00	73,3%	1.058,02	2,0%
SING	18.805,00	26,1%	1.259,94	6,7%
SSMM	469,00	0,6%	75,04	16,0%
<b>TOTAL</b>	72.175,00	100%	2.393,00	<b>3,3%</b>

ENERGÍA PRODUCIDA CENTRALES A DIESEL VS TOTAL PAIS



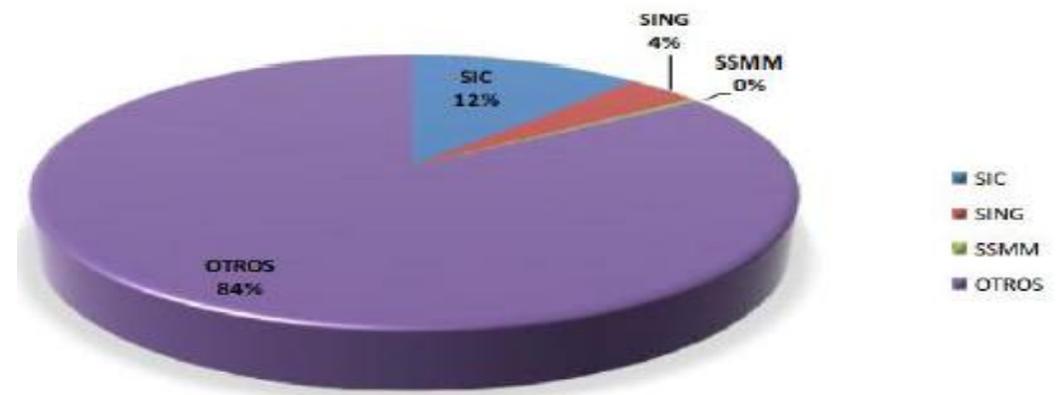
## DESCRIPCIÓN DE LO QUE SE UTILIZA EN LA ACTUALIDAD

### GENERACIÓN ELÉCTRICA A GAS NATURAL.

Representó un de **15,8%** del total de generación eléctrica en Chile al año 2015.

			CENTRALES TERMOELÉCTRICAS A GAS NATURAL	
	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN	ENERGÍA	PARTICIPACIÓN
	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]
SIC	52.901,00	73,3%	8.464,16	16,0%
SING	18.805,00	26,1%	2.670,31	14,2%
SSMM	469,00	0,6%	290,78	62,0%
<b>TOTAL</b>	72.175,00	100%	11.425,25	<b>15,8%</b>

ENERGÍA PRODUCIDA CENTRALES A GAS NATURAL VS TOTAL PAIS



## NECESIDADES ENERGÉTICAS EN CHILE AL AÑO 2050

De los resultados de las matrices energéticas, se considera la previsión de generación eléctrica a través de las centrales termoeléctricas, considerando el escenario Lineamiento Estratégico + Electrificación y sus respectivos sub-escenarios **E1, E2, E3 y E4**.

		Línea Base			Lineamiento estratégico + Eficiencia Energética			Lineamiento estratégico + Electrificación			
		E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E4
Energía generada (%)	ERNC	52%	67%	22%	48%	69%	34%	59%	66%	42%	59%
	Hidroelectricidad	32%	24%	32%	36%	24%	36%	27%	27%	27%	27%
	Termoelectricidad	16%	9%	46%	16%	8%	30%	14%	7%	30%	14%
	CCS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Nuclear	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

## GAS NATURAL EN CHILE EN LA ACTUALIDAD

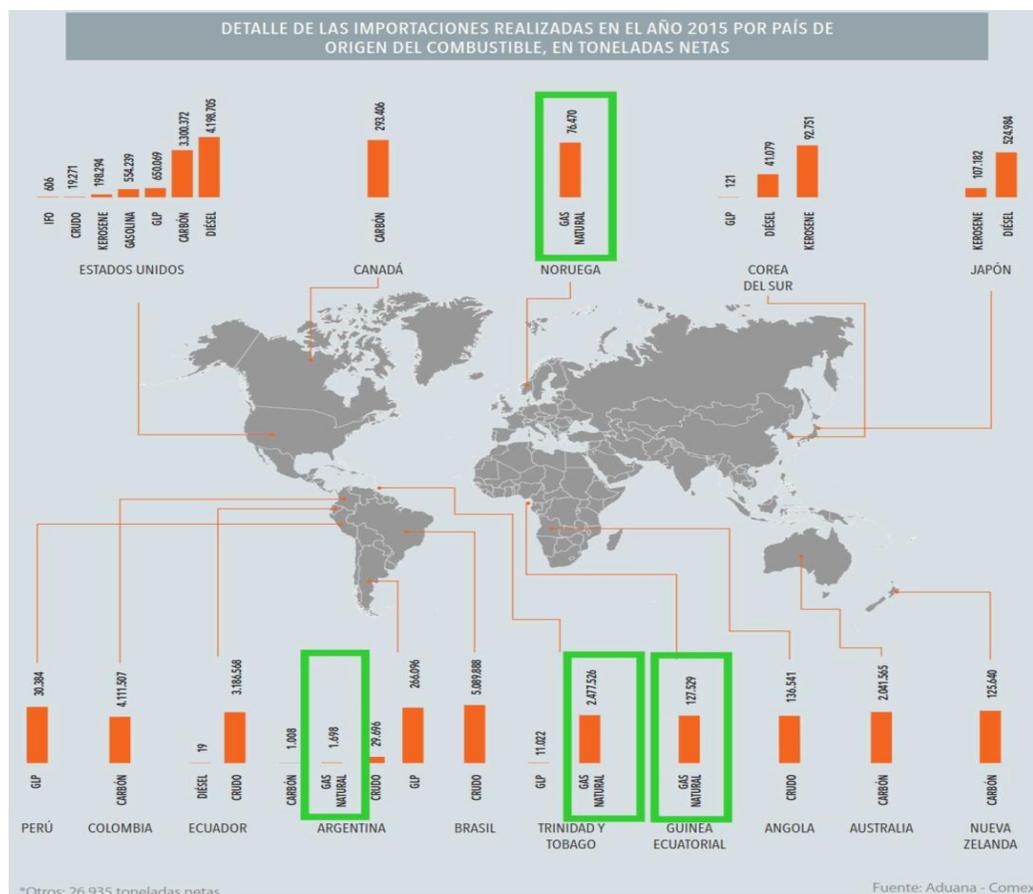
El gas natural en Chile, en su totalidad es de origen importado, durante el año 2015 su origen fue desde Trinidad y Tobago, Guinea Ecuatorial, Noruega y Argentina.]

<b>PAIS</b>	<b>PESO TONELADAS NETAS</b>	<b>PARTICIPACIÓN</b>
<b>Trinidad y Tobago</b>	2.477.526,00	92,3%
<b>Guinea Ecuatorial</b>	127.529,00	4,8%
<b>Noruega</b>	76.470,00	2,8%
<b>Argentina</b>	1.698,00	0,1%
<b>TOTAL</b>	2.683.223,00	100%

Países de origen del gas natural importado.

Fuente: Anuario estadístico de energía, C.N.E., Chile 2005-2015

# GAS NATURAL EN CHILE EN LA ACTUALIDAD



Detalle de las importaciones realizadas en el año 2015 por país de origen del combustible, en toneladas netas

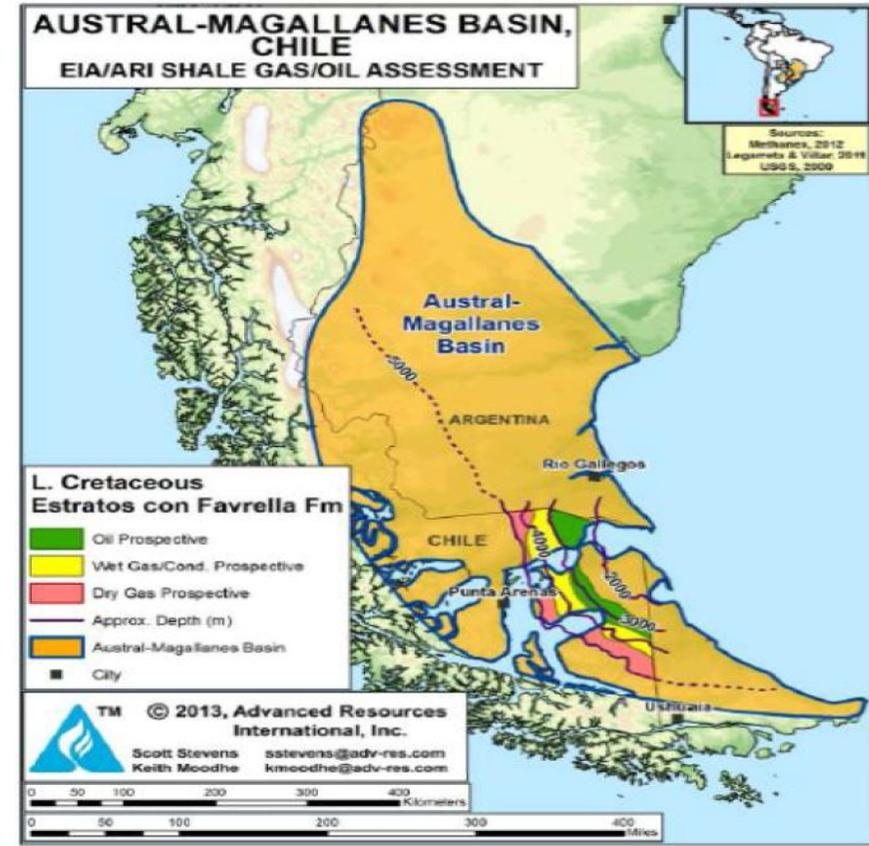
## ANÁLISIS DEL RECURSO ENERGÉTICO SHALE GAS

El Shale gas, está ubicado en una roca impermeable, debido a ello está atrapado en pequeños poros de la roca madre.

En América del Sur se encuentra ubicado en Brasil, Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay y Bolivia.

Para extraerlo, se hizo necesario desarrollar técnicas de perforación horizontal de precisión, y fractura hidráulica de muy alta presión enriquecida con arena y productos químicos, con la finalidad de mantener abiertas las fracturas y permitir la extracción del gas.

# ¿CUÁNTO PRODUCE?



Prospectivas de recursos de Shale Gas y Shale Oil en Bolivia, Chile, Paraguay y Uruguay  
 U.S. Energy Information Administration (EIA)

Reservas en la zona Austral-Magallanes  
 U.S. Energy Information Administration (EIA)

## ¿CUÁNTO PRODUCE?

Según el reporte de EIA/ARI, “**Activos de Shale Gas y Shale oil en el mundo**”, en esta región se estiman que hay **162 TFC**, mencionando que en Chile, las reservas recuperables ascienden a **48.4 TCF (30%)**.

$$1TCF = 1CF \times 10^{12}$$

***Shale Gas Tecnicamente recuperable en Chile = 48,4TCF***

# ¿CUÁNTO PRODUCE?

Table VII-1B. Shale Gas Reservoir Properties and Resources of Bolivia, Chile, Paraguay, and Uruguay.

Basic Data	Basin/Gross Area	Chaco (157,000 mi <sup>2</sup> )			Austral-Magallanes (65,000 mi <sup>2</sup> )			
	Shale Formation	Los Monos			Estratos con Favrella			
	Geologic Age	Devonian			L. Cretaceous			
	Depositional Environment	Marine			Marine			
Physical Extent	Prospective Area (mi <sup>2</sup> )	6,870	9,890	14,210	1,580	1,920	1,500	
	Thickness (ft)	Organically Rich	1,500	1,500	1,500	800	800	800
		Net	450	450	450	400	400	400
	Depth (ft)	Interval	3,300 - 9,000	7,000 - 12,000	10,000 - 16,400	6,600 - 10,000	10,000 - 14,500	11,500 - 16,400
Average		7,000	10,000	13,000	8,000	12,000	13,500	
Reservoir Properties	Reservoir Pressure	Normal	Normal	Normal	Slightly Overpress.	Slightly Overpress.	Slightly Overpress.	
	Average TOC (wt. %)	2.5%	2.5%	2.5%	3.5%	3.5%	3.5%	
	Thermal Maturity (% Ro)	0.85%	1.15%	1.50%	0.85%	1.15%	1.60%	
	Clay Content	Low	Low	Low	Low/Medium	Low/Medium	Low/Medium	
Resource	Gas Phase	Assoc. Gas	Wet Gas	Dry Gas	Assoc. Gas	Wet Gas	Dry Gas	
	GIP Concentration (Bcf/mi <sup>2</sup> )	27.8	86.8	140.5	32.5	114.8	155.9	
	Risked GIP (Tcf)	28.7	128.7	299.5	23.1	99.2	105.2	
	Risked Recoverable (Tcf)	2.9	25.7	74.9	2.3	19.8	26.3	

**=48.4Tcf**

17, 2013

VII-2

Reservas de Shale Gas en Chile.

# DEMANDA EN CHILE AL AÑO 2050

Para determinar la cantidad de gas natural para generar **1kWh** se utiliza la relación:

$$Cantidad\ de\ combustible\ usado\ para\ 1kWh = \frac{Heat\ Rate\ [BTU/kWh]}{Fuel\ Heat\ Content\ [\frac{BTU}{CF}]}$$

## HEAT RATE [BTU / KWh]

Es la medida de la eficiencia de un generador o planta de energía que convierte un Combustible en calor y en energía eléctrica.

	Steam Generator [BTU/kWh]	Gas Turbine [BTU/kWh]	Internal Combustion [BTU/kWh]	Combined Cycle [BTU/kWh]
2007	10.440	11.632	10.175	7.577
2008	10.377	11.576	9.975	7.642
2009	10.427	11.560	9.958	7.605
2010	10.416	11.590	9.917	7.619
2011	10.414	11.569	9.923	7.603
2012	10.385	11.499	9.991	7.615
2013	10.354	11.371	9.573	7.667
2014	10.408	11.378	9.375	7.658
<b>Promedio 2007-2014</b>	<b>10.403</b>	<b>11.522</b>	<b>9.861</b>	<b>7.623</b>

[http://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa\\_08\\_02.html](http://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_08_02.html)

Promedio probado de Heat Rate por tipo de generador y fuentes de energía 2007-2014

Fuente: U.S. Energy Information Administration (EIA)

David Tapia Ore

# DEMANDA EN CHILE AL AÑO 2050

## FUEL HEAT CONTENT [BTU/cf]:

Es la cantidad de energía para ser liberado por la transformación o para su uso de una unidad física especificada (kWh, pies cúbicos [CF] de gas natural, etc.).

La cantidad de energía es expresada en BTU/CF.

	<b>GAS NATURAL Promedio [BTU/cf]</b>
<b>2007</b>	1.027
<b>2008</b>	1.027
<b>2009</b>	1.025
<b>2010</b>	1.022
<b>2011</b>	1.021
<b>2012</b>	1.023
<b>2013</b>	1.026
<b>2014</b>	1.029
<b>Promedio 2007-2014</b>	<b>1.025</b>

[https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa\\_07\\_03.html](https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_07_03.html)

Cantidad promedio de combustible fósil para la industria eléctrica.2007-2014

Fuente: U.S. Energy Information Administration (EIA)

## DEMANDA EN CHILE AL AÑO 2050

La siguiente tabla muestra el volumen a consumir de combustible en pies cúbicos para poder generar **1 kWh** (kilo watt-hora) según la tecnología del generador:

	<b>Steam Generator [cf/kWh]</b>	<b>Gas Turbine [cf/kWh]</b>	<b>Internal Combustion [cf/kWh]</b>	<b>Combined cycle [cf/kWh]</b>
<b>2014</b>	10,11	11,20	9,58	7,41
<b>Promedio 2007-2014</b>	10,15	11,24	9,62	7,44

Cantidad de combustible en pies cubicos para generar 1kWh

Fuente: U.S. Energy Information Administration (EIA)

## DEMANDA EN CHILE AL AÑO 2050

Según este cálculo, para poder generar energía eléctrica equivalente a un **1kWh**, en una central termoeléctrica de ciclo combinado se requiere un volumen de **7,44 CF** (7,44 de pies cúbicos) de gas natural.

$$1kwh = 7,44 CF$$

## DEMANDA EN CHILE AL AÑO 2050

Se muestran las equivalencias para poder relacionar un Giga Watt-hora con el kilo Watt-hora.

$$1kWh = 10^3 Wh$$

$$1GWh = 10^9 Wh$$

$$1GWh = 10^6 kWh$$

Para calcular cuánto combustible se requiere para generar **1GWh**, efectuamos la siguiente relación:

$$1GWh = 7,44x 10^6 CF$$

De esta manera obtenemos el siguiente valor:

$$1GWh = 7.437.317,07 CF$$

## DEMANDA EN CHILE AL AÑO 2050

Ahora relacionaremos este valor en unidades **TCF** (trillones de pies cúbicos), para poder relacionarlo con la cantidad técnicamente recuperable de gas natural disponible en Chile.

$$1TCF = 10^{12} CF$$

$$1GWh = 7.437.317,07 CF \times \frac{1TCF}{10^{12}CF}$$

$$1GWh = 0,00000744 TCF$$

Es decir, que para generar **1GWh** de energía eléctrica, mediante una central de ciclo combinado, se requiere consumir:

**0,00000744 TCF** (trillones de pies cúbicos) de gas natural.

# ANÁLISIS DE DISTINTOS ESCENARIOS PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE AL AÑO 2050

Se proyecta que para el año 2050, según las tablas de proyección del consumo de energía eléctrica en Chile, el consumo total de energía eléctrica será de **129.282 GWh**.

Para el análisis de los escenarios se considera las estimaciones de la Hoja de Ruta 2050, es escenario Lineamiento Estratégico + Electrificación.

# ANÁLISIS DE DISTINTOS ESCENARIOS PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE AL AÑO 2050

Según cada Sub escenario, se considera que la generación termoeléctrica será de:

- A) **E1.**- Escenario 1, **14%** de generación termoeléctrica.
- B) **E2.**- Escenario 2, **7%** de generación termoeléctrica.
- C) **E3.**- Escenario 3, **30%** de generación termoeléctrica.
- D) **E4.**- Escenario 4, **14%** de generación termoeléctrica.

# ANÁLISIS DE DISTINTOS ESCENARIOS PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE AL AÑO 2050

A) El Shale Gas año 2050, escenario **E1** y **E4**, se tiene que:

Generación de electricidad al año 2050	<b>129.282 GWh</b>
Generación termoeléctrica al año 2050 <b>(14%)</b>	<b>18.009,48 GWh</b>
Volumen de gas para Generar energía termoeléctrica en el año 2050	<b>0,13 TCF</b>
Porcentaje de gas para Generar energía termoeléctrica en el año 2050	<b>0,28%</b>
Consumo de Shale gas al año 2050 (2015 al 2050)	<b>2,42 TCF &lt;&gt; 5% técnicamente recuperables de Shale gas en Chile</b>

# ANÁLISIS DE DISTINTOS ESCENARIOS PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE AL AÑO 2050

B) El Shale Gas año 2050, escenario **E2**, se tiene que:

Generación de electricidad al año 2050	<b>129.282 GWh</b>
Generación termoeléctrica al año 2050 (7%)	<b>9.049,74 GWh</b>
Volumen de gas para Generar energía termoeléctrica en el año 2050	<b>0,07 TCF</b>
Porcentaje de gas para Generar energía termoeléctrica en el año 2050	<b>0,14%</b>
Consumo de Shale gas al año 2050 (2015 al 2050)	<b>1,21 TCF &lt;&gt; 2,5% técnicamente recuperables de Shale gas en Chile</b>

# ANÁLISIS DE DISTINTOS ESCENARIOS PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN CHILE AL AÑO 2050

C) El Shale Gas año 2050, escenario **E3**, se tiene que:

Generación de electricidad al año 2050	<b>129.282 GWh</b>
Generación termoeléctrica al año 2050 <b>(30%)</b>	<b>38.784,60 GWh</b>
Volumen de gas para Generar energía termoeléctrica en el año 2050	<b>0,29 TCF</b>
Porcentaje de gas para Generar energía termoeléctrica en el año 2050	<b>0,6%</b>
Consumo de Shale gas al año 2050 (2015 al 2050)	<b>5,19 TCF &lt;&gt; 10,7% técnicamente recuperables de Shale gas en Chile</b>

## RELEVANCIA SOCIAL

La explotación de un recurso propio, técnicamente recuperable en Chile, podría impactar de la siguiente manera a la sociedad:

- q **Ampliar la cobertura del gas natural.**- Se ampliaría la cobertura del gas natural para uso domiciliario y comercial, beneficiando directamente a la población con menores precios del combustible.
- q **Menores precios de la energía eléctrica.**- Se reduciría drásticamente los precios, debido a los menores costos de producción.
- q **Independencia energética.**- Se reduciría la dependencia energética del Gas Natural, ya que en la actualidad se importa el 100% de este recurso.
- q **Mejora de competitividad del país.**- Se mejoraría la competitividad del país reduciendo los costos de energía, principalmente en la industria minera.
- q **Reducción de la contaminación ambiental.**- Se reduciría la contaminación ambiental al reemplazar las centrales eléctricas más contaminantes como son las de Diesel y Carbón por las de Gas Natural.

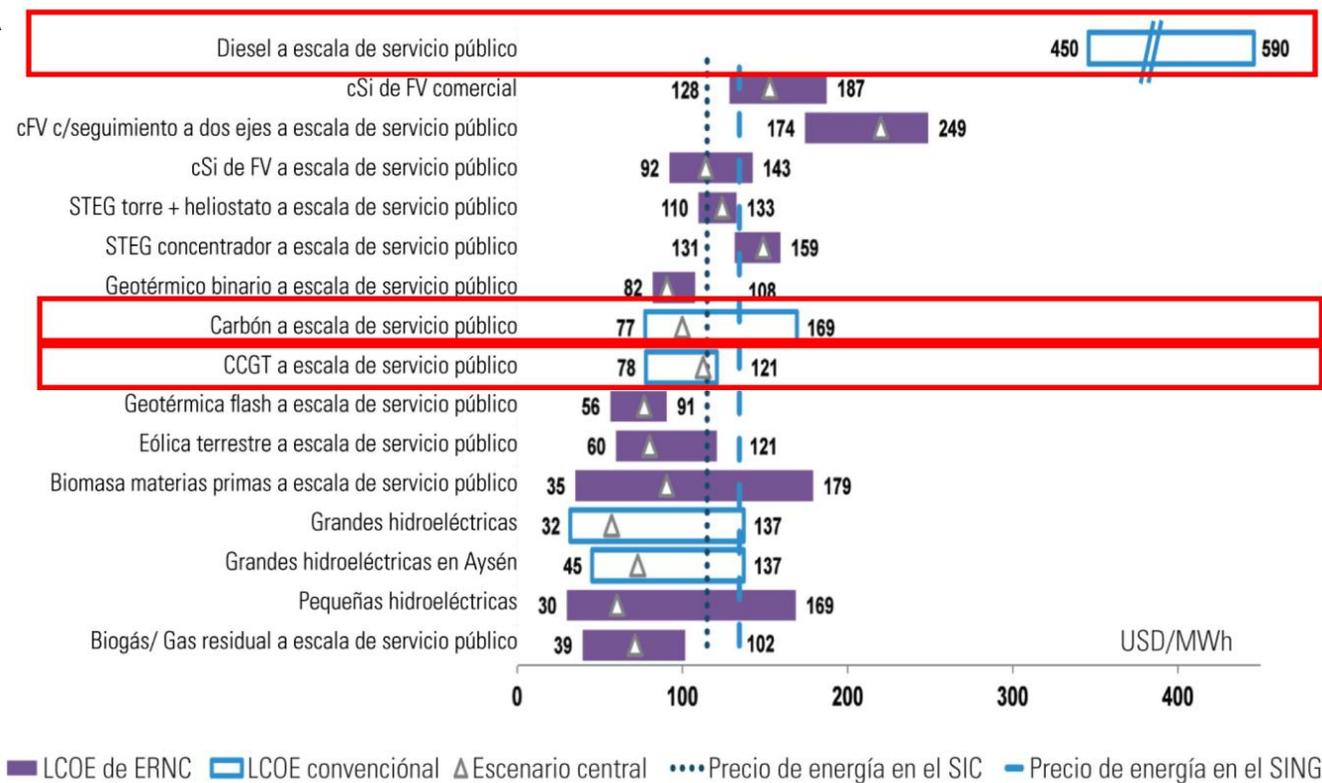
## RELEVANCIA AMBIENTAL

- q Debido a que esta tecnología es nueva, y muchos componentes y procesos de explotación se encuentran patentados, existen muchos mitos sobre la contaminación ambiental que resulta de explotar este recurso energético Shale Gas, tales como posibles temblores y hundimientos en las superficies a explotar, así como contaminación del agua subterránea debido a los materiales químicos para realizar la fractura hidráulica, el uso de enormes cantidades de agua con la poca recuperación de ella, el almacenamiento y tratamiento del agua contaminada recuperada, etc.
- q El cuantificar estos impactos ambientales, así como desarrollar o aplicar los medios de mitigación empleados en otros países es relevante para la aceptación de las comunidades involucradas.

# COSTOS

## q COSTO NIVELADO DE ENERGÍA (LCOE)

Es un valor que representa el costo total, tales como: costo de inversión, costo fijo (operación y mantenimiento) y costo variable para producir un megawatt hora de energía (1 MWh) usando una tecnología específica



Costo nivelado de energía en Chile, LCOE al año 2020  
 Fuente: Bloomberg New Energy Finance, Valgesta Energía

## COSTOS

q Se seleccionan los tres tipos de combustibles a analizar, es decir, **Diesel, Carbón y Gas Natural**, se determina el valor promedio de LCOE para cada tipo de combustible.

	LCOE Mínimo (USD/MWh)	LCOE Máximo (USD/MWh)	LCOE Promedio (USD/MWh)
<b>Diesel</b>	450	590	<b>520</b>
<b>Carbón</b>	77	169	<b>123</b>
<b>Gas natural</b>	78	121	<b>99,5</b>

Costo nivelado de energía en Chile, LCOE al año 2020

Fuente: Bloomberg New Energy Finance, Valgesta Energía

q Comparativa del **Costo Nivelado de Energía** según la generación termoeléctrica en el año 2015.

	MWh	USD	Comparativa
<b>Diesel</b>	2.393.000,00	1.244.360.000,00	109%
<b>Carbón</b>	28.462.000,24	3.500.826.029,52	308%
<b>Gas Natural</b>	11.425.000,25	1.136.787.524,88	Linea base

Costo de generación según tipo de combustible al año 2015.

## COSTOS DE LOS ESCENARIOS AL AÑO 2050

**Escenario E1 y E4:** 14% de generación termoeléctrica  
 Generación Termoeléctrica: **18.009,48** GWh  
**18.009.480,00** MWh

	USD	Comparativa
<b>Diesel</b>	9.364.929.600,00	523%
<b>Carbón</b>	2.215.166.040,00	124%
<b>Gas Natural</b>	1.791.943.260,00	Linea base

Costo de generación según tipo de combustible al año 2050,  
según escenario E1 y E4

**Escenario E2:** 7% de generación termoeléctrica  
 Generación Termoeléctrica: **9.049,74** GWh  
**9.049.740,00** MWh

	USD	Comparativa
<b>Diesel</b>	4.705.864.800,00	523%
<b>Carbón</b>	1.113.118.020,00	124%
<b>Gas Natural</b>	900.449.130,00	Linea base

Costo de generación según tipo de combustible al año 2050,  
según escenario E2

**Escenario E3:** 30% de generación termoeléctrica  
 Generación Termoeléctrica: **38.784,60** GWh  
**38.784.600,00** MWh

	USD	Comparativa
<b>Diesel</b>	20.167.992.000,00	523%
<b>Carbón</b>	4.770.505.800,00	124%
<b>Gas Natural</b>	3.859.067.700,00	Linea base

Costo de generación según tipo de combustible al año 2050,  
según escenario E3

## CONCLUSIONES

- q Según estudios internacionales como el de la A.I.E, en Chile existe el Shale Gas, con una cantidad técnicamente recuperable de **48,4 TCF**, este recurso podría ser extraído utilizando tecnología patentada por empresas Norteamericanas.
- q Con la cantidad de **48,4 TCF** de gas natural obtenido a través del Shale Gas, es posible consumir un **10,7%** de este total en el peor escenario analizado hacia el año 2050, teniendo una armonía con la visión país Hoja de Ruta 2050 que es la de generar un 70% de energía renovable, siendo el Shale Gas un recurso no renovable.
- q Generar electricidad a **Carbón** cuesta **124%** más que generar electricidad a **gas natural** y generar a **Diesel** cuesta **523%** más que generar a **gas natural**, según el "Costo Nivelado de Energía".
- q El empleo de este recurso energético Shale Gas será importante para que el país mejore su matriz energética y por ende apoye al desarrollo del país, sus beneficios son tangibles, a nivel de reducción de precios de la energía, reducción de los costos de producción de las plantas industriales, en especial de la minería y reducción del impacto ambiental comparado con las existentes centrales eléctricas a Carbón y Diesel.

## RECOMENDACIONES

- q Se recomienda evaluar en un estudio aparte el impacto ambiental de esta propuesta energética, ya que es una tecnología nueva, que requiere cantidades enormes de agua, y componentes químicos que podrían contaminar el subsuelo.
- q Se recomienda plantear al gobierno que revise y adecúe la normatividad legal para efectos de la explotación comercial del Shale Gas.
- q Se recomienda concretar el impuesto al uso del carbón como parte de la Hoja de Ruta 2050 y de esta forma impulsar el uso de otros recursos energéticos como el Shale Gas.
- q Se recomienda evaluar la construcción de nuevas puertos de regasificación para el país incluyendo Isla de Pascua, con la finalidad de que todo el país pueda utilizar el Shale Gas.
- q Se recomienda difundir la existencia de este recurso energético en Chile para que la población tome conciencia de la importancia de este recurso, de su utilización y los beneficios al país, el cual no lo tienen todos los países del mundo.

Muchas gracias