



CONSEJO  
GEOTÉRMICO



Geotermia en Chile





CONSEJO  
GEOTÉRMICO

# Geotermia como alternativa de reemplazo al carbón

- Quienes somos: Consejo Geotérmico
- Tecnología geotérmica de alta entalpía
- Condiciones de mercado para inversión en centrales de base
- Alternativas para reabsorción laboral
- Negocios en cascada de la geotermia



## Directrices del consejo

- Empresas desarrolladoras de proyectos.
- Objetivo es promoción y desarrollo de la energía geotérmica en el mercado chileno.
- Relación con otras instituciones: somos parte de ACERA. Representantes de las tecnologías de base.

## Perspectiva de la industria

- Más de **400 MMUS\$ de inversión privada** en el país en 10 años.
- 10 años de exploración superficial en varios lugares del país.
- Por lo menos 3.500 MW serían explotables económicamente.
- **Para el fin de la actual administración en Chile hay potencial para alcanzar 180 MW en el país (1.450 GWh/año).**

## Empresas del Consejo

Característica	EDC / Enerco	Transmark	ENEL	Energía Andina
País de origen	Filipinas	Holanda	Italia	Chile (AMSA)
MW geotermia en el mundo	1.170	0	875	-
MW Chile	0	0	48	0

## Proyectos geotérmicos más avanzados en Chile

Característica	Mariposa	Peumayén	Cerro Pabellón	Tinguiririca
Empresa Desarrolladora	EDC / Enerco	Transmark	ENEL	Energía Andina
MMUS\$ Invertidos en desarrollo	40	100	100	40
Potencial (P90)	240 MW	300 MW	114 MW	200 MW
Estrategia Desarrollo	100 MW (50 + 50)	100 MW (50 + 50)	48 + 33 + 33 MW	100 MW (50 + 50)
Ubicación	Laguna del Maule VII Región, Chile	Volcán Tolhuaca VIII-IX Regiones, Chile	Ollagüe II Región, Chile	Tinguiririca VI Región, Chile
Fecha entrada (si se toma decisión en Q4 2018)	<b>Q4 2021 (1° unidad)</b> <b>2024 (2° unidad)</b>	<b>Q4 2021 (1° unidad)</b> <b>2024 (2° unidad)</b>	<b>Q2 2020 (3° unidad)</b> <b>2024 (4° unidad)</b>	<b>2023 (1° unidad)</b> <b>2025 (2° unidad)</b>

# Tecnología geotérmica de alta entalpía

- Tecnología de base.
- Energía de bajo costo de operación.
- Factor de planta sobre 90%.
- No depende de hidrología, precio de combustible, radiación, etc.
- Puede prestar SSSC.
- Bajas emisiones de CO2.
- Potencial en distintas regiones del país, permite negocios en cascada que aprovechen calor residual (turismo, invernaderos, criaderos de peces, etc.).
- Ideal para reemplazar centrales a carbón, tanto por características como por empleos que genera.
- Exploración proceso separado de la construcción.
- Construcción en 3 años.



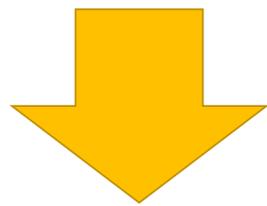
La Central Geotérmica Cerro Pabellón (48 MW) entró en operación el 2017 y es la única central de este tipo en Chile.

Ranking	Tecnología	TminOn [hr]	TminOff [hr]	RampUp [MW/min]	RampDown [MW/min]	CSMaxUp [MW]	CSMax Down [MW]	CPFMaxUp [MW]	CPFMax Down [MW]	Costo Partida [US\$]	Costo Detención [US\$]	Minimo Tecnico [MW]
1°	Hidro_Embalse	0.0	0.0	57.2	57.2	257.8	257.8	131.5	131.5	0	0	54.5
2°	Solar_CSP	0.0	0.0	14.0	14.0	37.7	37.7	11.2	11.2	0	0	20.9
3°	Geotermia	0.0	0.0	8.7	8.7	23.4	23.4	6.9	6.9	0	0	17.3
4°	GNL_CC	4.1	2.4	14.3	14.3	82.3	82.3	23.8	23.8	22,430	22,430	167.8
5°	GNL_CA	0.1	0.1	11.0	11.0	27.7	27.7	11.3	11.3	2,896	2,896	22.4
6°	Diesel_CC	8.3	4.0	9.0	9.0	56.0	56.0	11.0	11.0	19,684	19,684	193.1
7°	Diesel	1.3	2.0	14.5	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	7,251	7,251	51.4
8°	Fuel_Oil	8.0	24.0	6.0	6.0	18.0	18.0	5.0	5.0	1,733	1,733	13.5
9°	Carbon	38.4	62.7	3.0	3.3	27.6	27.6	11.5	11.5	37,093	37,093	87.5

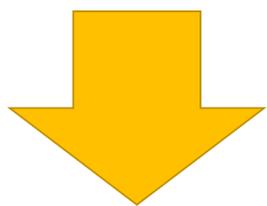
Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes de la mesa geotérmica 2017

# Condiciones de mercado para la inversión

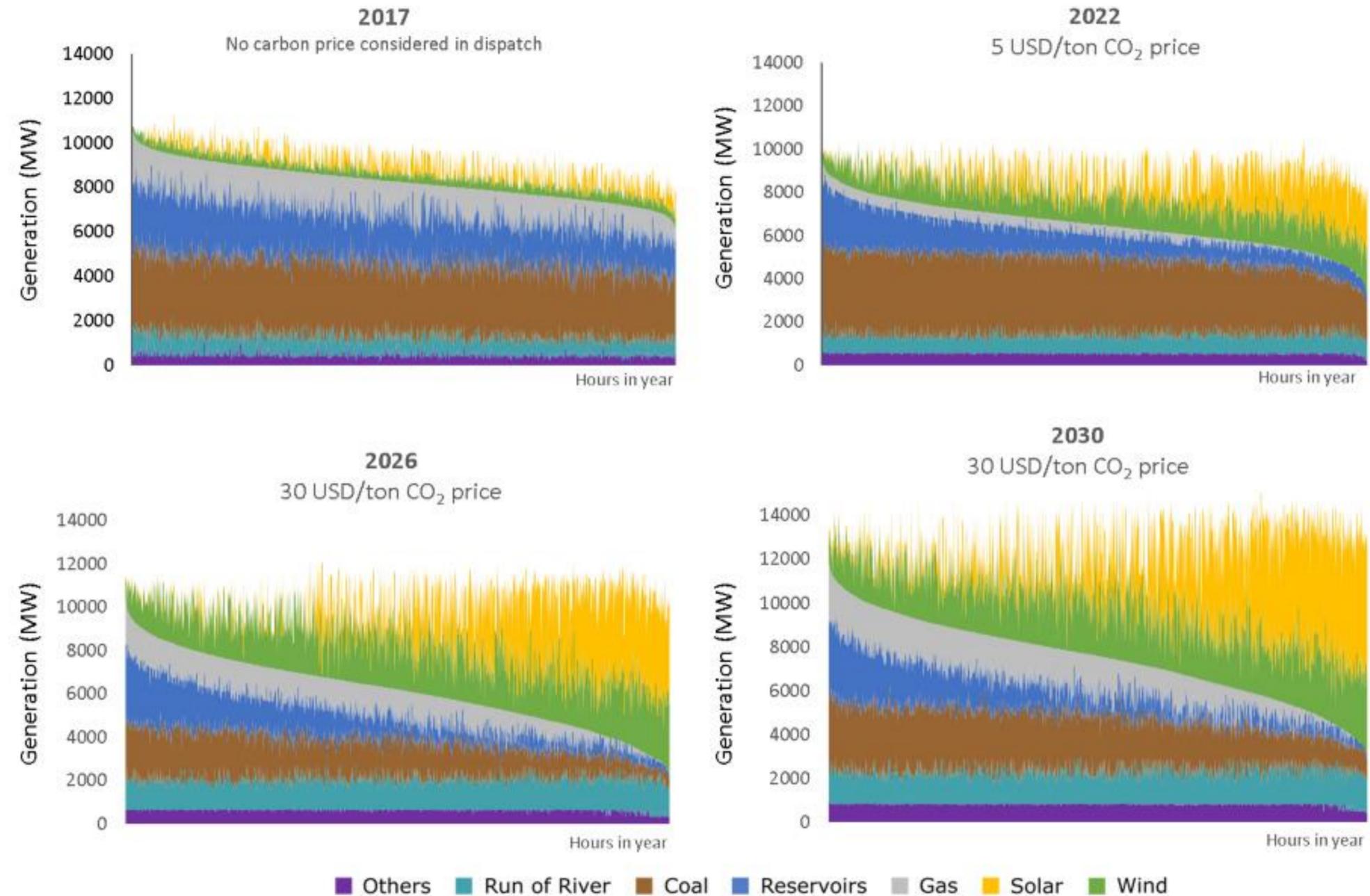
Impuesto a las emisiones 5 US\$/TonCO<sub>2</sub>.



¿Qué pasa si se integra en el costo variable?  
¿Qué pasa si toma otro valor?



Carbon Tax como señal de mercado.  
**Oportunidad para tecnologías de base.**



Fuente: Market Analysis for Geothermal Generation Facility, de Inodú para EDC

# Alternativas para reabsorción laboral

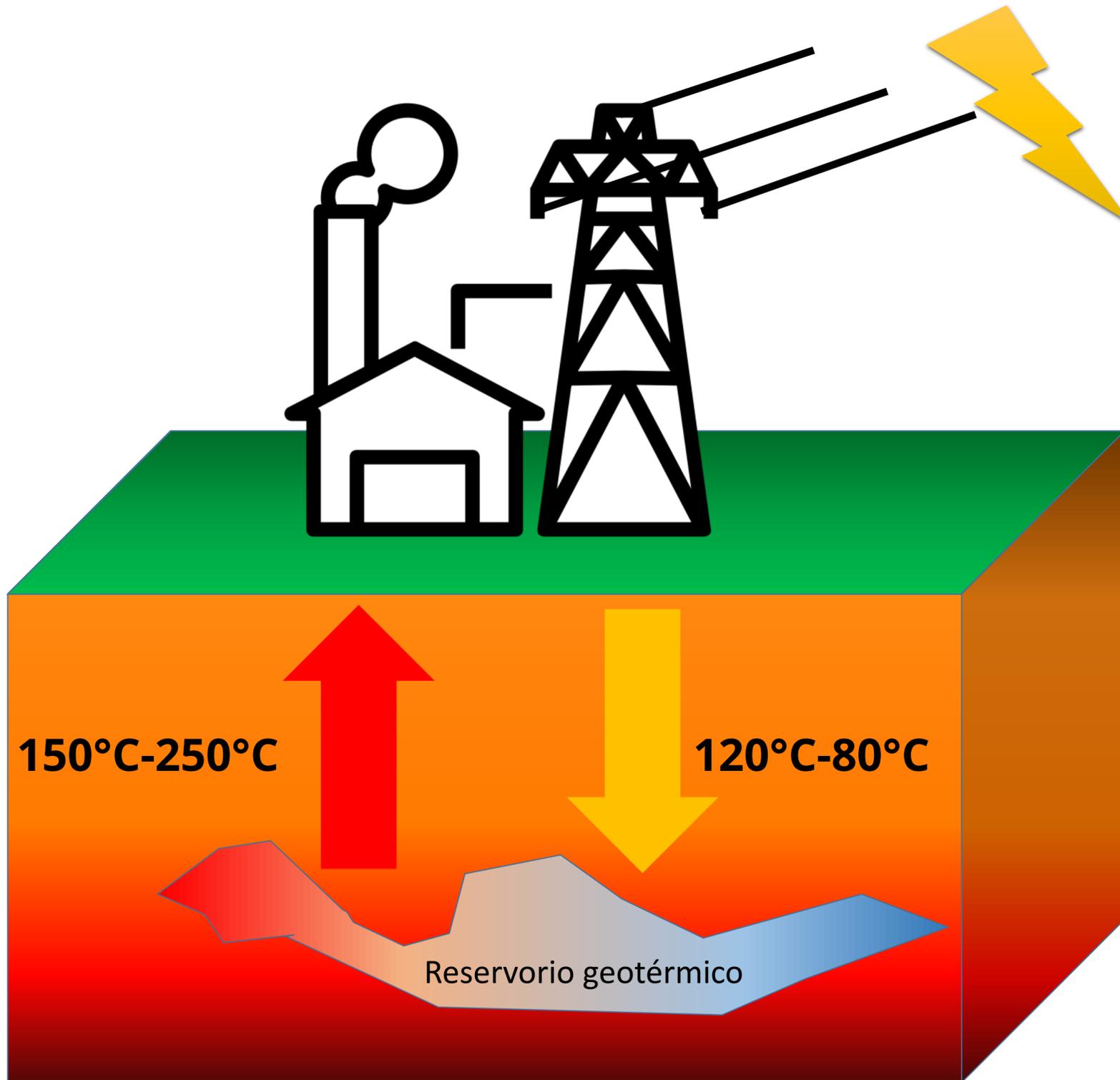
De acuerdo a la OCDE, al perder o cambiar de trabajo, muchos trabajadores cambian de trabajos estables o permanentes a trabajos temporales.

## ¿Qué hacer cuando suben las tasas de desempleo?

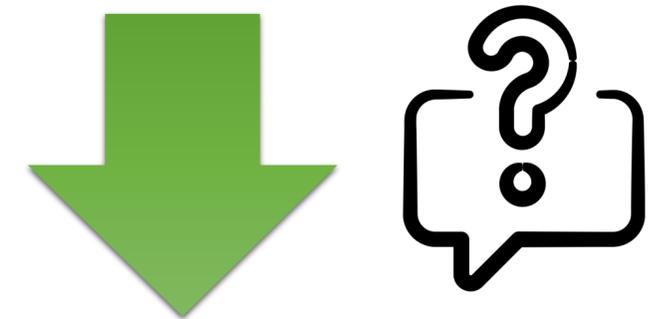
- Buscar que el cambio de trabajo de una persona **no signifique cambio de rubro**, ya que de esta forma no se perdería tiempo y recursos en capacitaciones, entre otros costos.
- Crear **ofertas de trabajo** anticipándose a la demanda de nuevos puestos de trabajo.
- Al anticipar el cambio de una industria, dar las **capacitaciones adecuadas** para que los trabajadores puedan emigrar a una industria que requiera de capacidades similares.



# Negocios en cascada de la geotermia

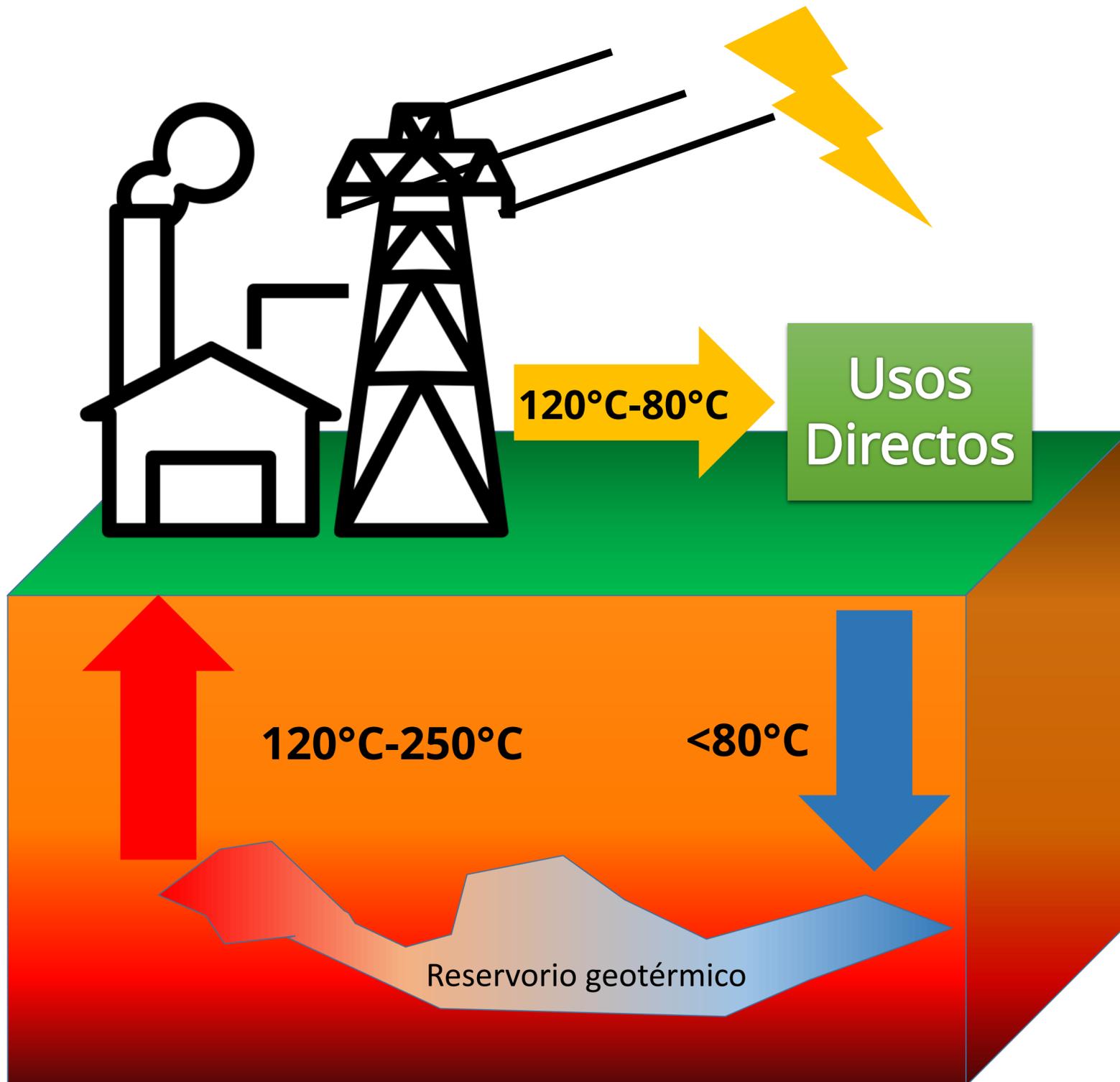


- De las aplicaciones geotérmicas, la generación de energía eléctrica es una de las que más calor requiere.
- Se requiere un recurso con temperaturas sobre 150°C, el cual puede reinyectarse a temperaturas de 80°C
- La reinyección permite el aprovechamiento del recurso de manera ecológica y sustentable.



**¿Es posible utilizar ese calor antes de reinyectarlo?**

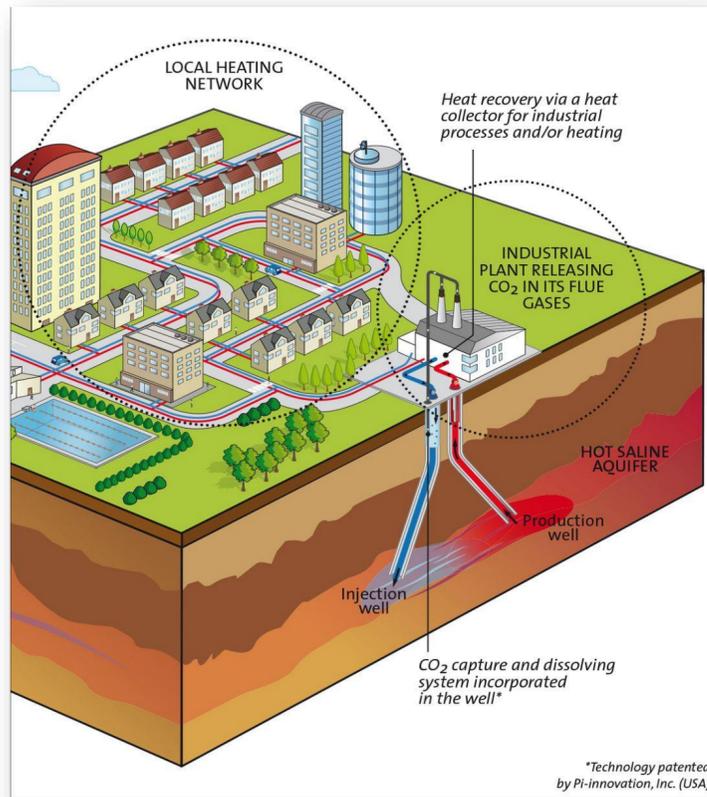
# Negocios en cascada de la geotermia



Fuente: Geotermia, Energía de la tierra (Material de difusión para comunidades indígenas)  
[http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/brochure\\_geotermia\\_25.06.2018.pdf](http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/brochure_geotermia_25.06.2018.pdf)

# Negocios en cascada de la geotermia

Ejemplos de usos directos de la geotermia



*Calefacción Distrital*



*Blue Lagoon, Central Geotérmica Svartsengi, Islandia.*



*Invernadero Geotérmico desarrollado por el CEGA en Aysén, Chile*



*Secador de madera, Central Geotérmica Taupo, Nueva Zelanda*



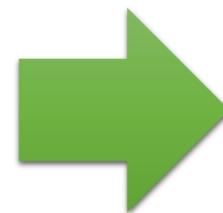
*Piscinas Tilapias, Honduras.*

# Negocios en cascada de la geotermia

---

## En Chile:

- Fomentaría la formación de industrias sustentables.
- Permitiría que comunidades locales se vean beneficiados con los usos directos, como pueden ser:
  - Calefacción de hogares
  - Calefacción de escuelas y recintos comunitarios
  - Secado de Leña (Aporte al programa “Más Leña Seca” del Ministerio de Energía)
  - Invernaderos (zonas aisladas y con clima extremo)
- Generación de empleo permanente a través de la industria y/o el turismo y no solamente estacional (asociado a la construcción de la planta de generación)



**Todas las industrias que requieren calor pueden desarrollarse a través de la geotermia**



CONSEJO  
GEOTÉRMICO



---

¿Consultas?

Muchas gracias por su disposición

# ANEXO: Condiciones de mercado para la inversión

## Supuestos de estudio Market Analysis for Geothermal Generation Facility, de Inodú para EDC

### Demand Projections

#### Hourly Profile

Actual commercial withdrawals in the former SING (2016) and load shape factors from ISO's day-ahead programming in the former SIC (2016).

#### Growth

- Regulated clients: Increased yearly by a 2% factor.
- Non-regulated clients: Step-wise increases as new industrial projects or expansions of existing facilities begin operations.

### Fuel Prices

Crude Oil	65 USD/bbl
Coal	89 USD/ton
Gas	7.8 USD/MMBtu
Diesel	553 USD/m <sup>3</sup>

### Carbon Price

Modeled carbon prices per ton of CO<sub>2</sub>:

2022: 5 USD  
2026: 30 USD  
2030: 30 USD

All included in variable cost of fuel-based generation units.

### Generation Capacity

	2022	2026	2030
<b>New Thermal and Hydro</b>	Informed as under construction by National Energy Commission.	1 CCGT unit in Biobío Alto Maipo San Pedro Los Cóndores Ñuble <b>Mariposa</b>	150 MW Geothermal 230 MW CSP 150 MW RoR
<b>New VRE</b>	Under construction + projects with contracts from public auctions.	2500 MW Solar PV 2500 MW Wind	1500 MW Solar PV 700 MW Wind
<b>New Storage</b>	-	100 MW for Frequency Regulation 300 MW for Energy Shifting	300 MW for Energy Shifting
<b>Unit Retirements</b>	-	U12 U13	U14 U15 Bocamina 1 Ventanas 1

### Generation Unit Parameters

- Maximum Net Capacity
- Minimum Stable Level
- Heat Rate Curves
- Constant Heat Rate
- Non-Fuel Variable Cost
- Startup Cost
- Startup Time
- Minimum Up/Down Time
- Maximum Temp Rate
- Emission Factor
- Maximum Reserve Capacity
- Hourly Generation Profile
- Weekly Inflow Profile
- Hydraulic Efficiency
- Programmed Maintenance

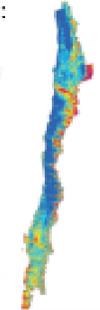
### Renewable Energy Generation Time Series

Resource explorers:



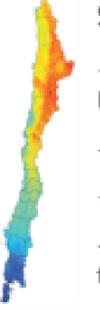
**Wind Resource**

- Resource estimated for 13 Development Zones
- One year
- Hourly time series
- Two Types of Turbines  
Current: 2 MW 80 m HH  
Future: 3.6 MW 135 HH



**Solar Resource**

- Resource estimated for 4 Development Zones
- One year
- Hourly time series
- Single Axis Tracking, N-S, tilted to latitude.



### Transmission Capacity

2022: Projects under construction and tendering.  
2026: Projects proposed by the ISO and NEC.  
2030: Sufficient transmission capacity in all lines.

### Dispatch Model Used

Modeled in Plexos with Robust and Transparent Database.