



Generadoras de Chile
energía que nos mueve



ESTUDIO ESCENARIOS DE USOS FUTUROS DE LA ELECTRICIDAD

Agosto 2017



Agenda

- **Objetivos y alcance**
- Contexto
- Escenarios en transporte y residencial
- Resultados en eficiencia energética, emisiones y GEI
- Conclusiones

Objetivos y alcance

Objetivos

Evaluar los beneficios de avanzar hacia una sociedad más electrificada en:

- Eficiencia energética
- Contaminantes locales y salud
- Gases efecto invernadero (GEI)

Alcance

Foco en sectores con mayor potencial de electrificación:

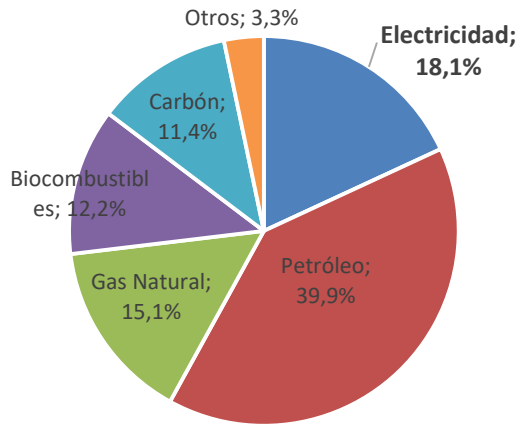
- Transporte
 - Residencial
 - Industria y Minería
- Foco presentación

Agenda

- Objetivos y alcance
- **Contexto**
- Escenarios en transporte y residencial
- Resultados en eficiencia energética, emisiones y GEI
- Conclusiones

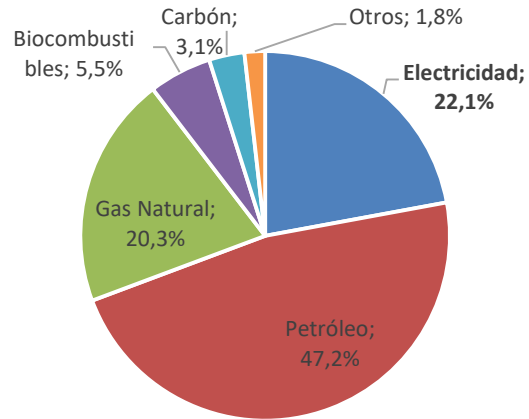
~20% del consumo final de energía en el mundo y Chile es electricidad

Mundo 2014



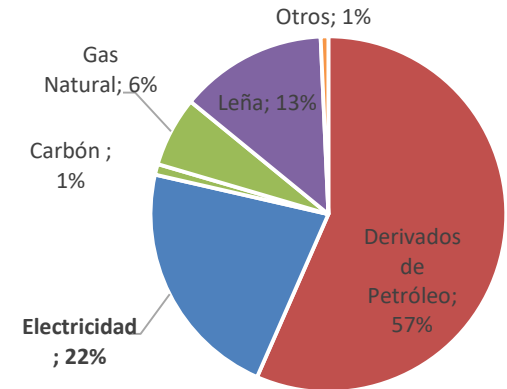
94.250.000 Tcal (109.613 TWh eq)

OECD 2014



36.290.000 Tcal (42.938 TWh eq)

Chile 2015

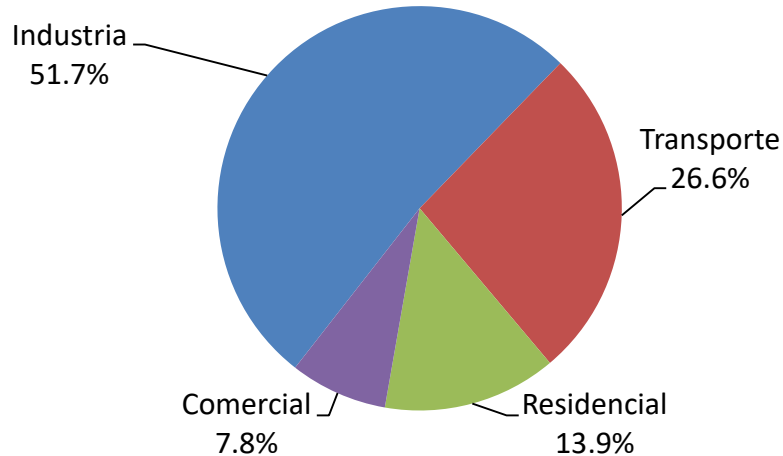


278.061 Tcal (323 TWh eq)

Sectores industrial, transporte y residencial consumen ~90% de energía en el mundo

Existen oportunidades de aumentar porcentaje de uso de electricidad dentro de cada ámbito

Consumo de energía en el mundo



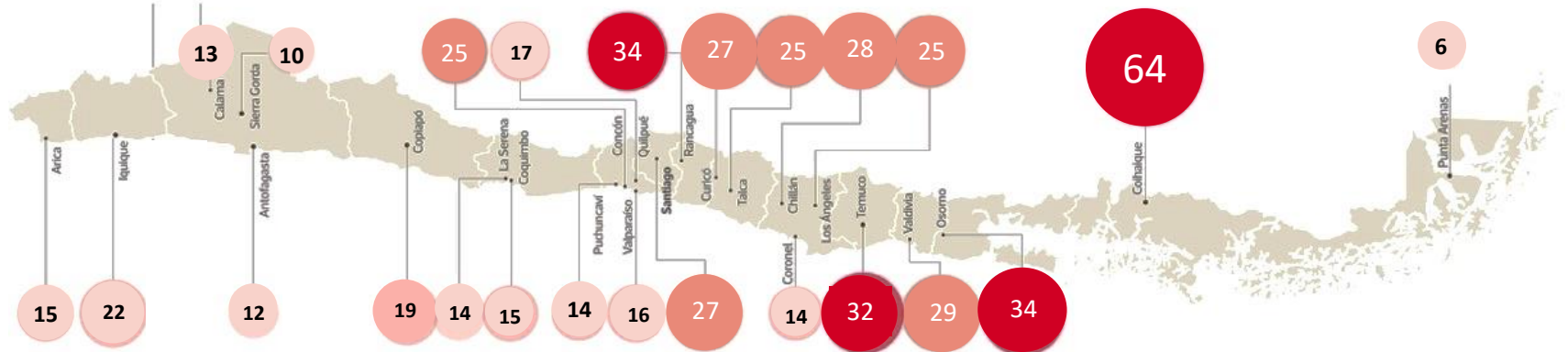
Uso energético por ámbito (%)

Combustible	1 Transporte	2 Residencial
Electricidad	0.6%	34.7%
Líquidos	96.2%	17.3%
Gas natural	3.2%	36.6%
Carbón	0%	9.0%
Renovables	0%	2.4%
Total	100%	100%

El mayor desafío ambiental de Chile es la contaminación del aire en nuestras ciudades¹

Contaminación es responsable de al menos 4 mil muertes prematuras al año²

Microgramos de Material Particulado (MP 2,5) por metro cúbico promedio anual³



Fuentes:

- 2ª Encuesta Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, marzo 2016
- A nivel nacional. Estrategia 2014 – 2018, Planes de Descontaminación Atmosférica, Ministerio de Medio Ambiente
- Infografía La Tercera. 15 de febrero de 2015.

El transporte juega un rol crucial en la sociedad y al mismo representa un consumo intensivo en energía

Importancia del transporte

- El **transporte** juega un **rol crucial** en la vida moderna y su servicio está directamente relacionado con el **bienestar social**
- Es un **catalizador** indispensable del **desarrollo y crecimiento económico**
- Sin embargo, se asocia a **externalidades** que hacen que su actividad y crecimiento estén sujetos a **políticas y regulación** que debieran apuntar al **bienestar y desarrollo sustentable**

Transporte y energía

- El transporte es **intensivo en consumo** de energía, siendo uno de los principales consumidores de energía a nivel mundial
- La mayor parte se satisface tradicionalmente con **derivados de petróleo** fáciles de abastecer y transportar, y relativamente económicos.
- En el caso de Chile los combustibles no son de producción local, **contaminan** nuestras ciudades y contribuyen significativamente al fenómeno del **cambio climático**.

(1) Fuente: 2ª Encuesta Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, marzo 2016

La electromovilidad representa una gran oportunidad

- 1 Las metas del país en materia energética, ambientales y de cambio climático exigen **reducir el consumo de combustibles fósiles**, especialmente **petróleo y sus derivados**.
- 2 La **electrificación del transporte** en cuanto a **reducción de contaminación local, seguridad energética y mitigación de emisiones de gases efecto invernadero** ha pasado a ser una **estrategia fundamental** para conseguir sistemas de transporte sustentables.
- 3 Además existe la oportunidad de implementar otras **políticas públicas** como aumentar la participación modal del transporte público o bicicletas, incrementar tasas de ocupación y de vehículos autónomos, entre otras.
- 4 Cada vehículo eléctrico utiliza entre **60 y 80 kg de cobre, cuatro veces más** que uno de combustión interna.¹
- 5 El principal componente de un auto eléctrico es la **batería**, cuya tecnología más común **es en base a litio**.

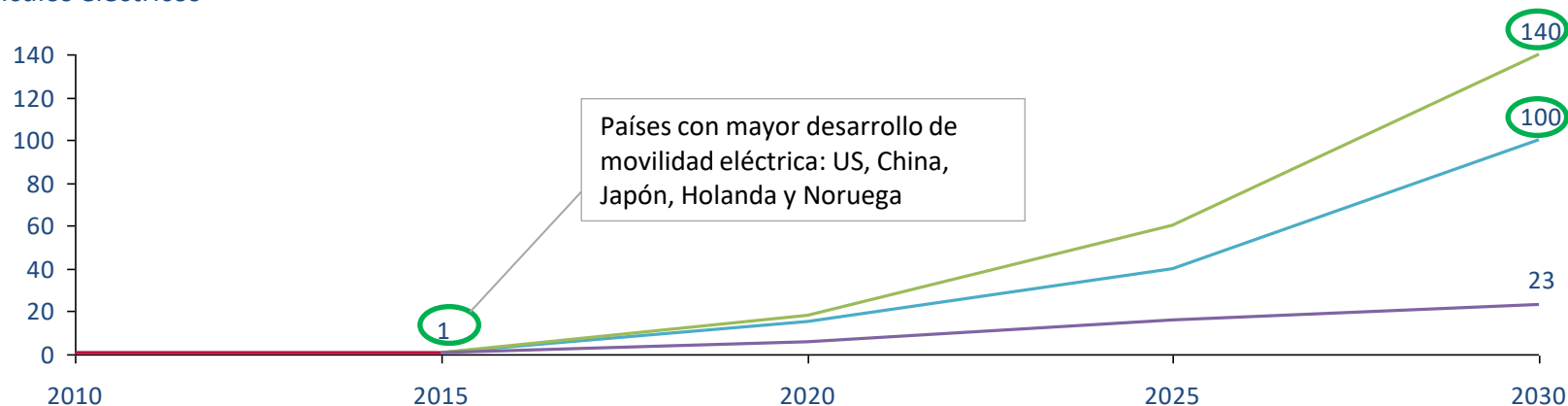
(1) Copper demand for electric cars to rise nine – fold by 2027 – ICA, Reuters (2017)

El mundo ha avanzado en movilidad eléctrica: en 2015 se alcanzó 1 millón de autos eléctricos y se espera 100 – 140 millones a 2030

Movilidad eléctrica en 2015

Millones de vehículos eléctricos

— Histórico — Paris Declaration — Escenario EIA (2DS) — Escenario EIA (4 DS)



Adicionalmente países como India, China, Noruega y Holanda están evaluando prohibir la venta de automóviles basados únicamente en combustible fósiles en 2025 - 2030

Escenario 2DS: 50% probabilidad de limitar que aumente T° en 2°C en 2100 Escenario 4DS: 50% probabilidad de limitar que aumente T° en 4°C en 2100

Fuente: Global EV Outlook 2016, IEA

Por avances tecnológicos se espera que los vehículos eléctricos (VE) sean más competitivos en próximos años

Avances tecnológicos

Costo baterías	<ul style="list-style-type: none">• 2008: ~1.000 USD / kWh• 2015: ~250 USD / kWh• 2020: ~100 – 180 USD / kWh
Densidad baterías	<ul style="list-style-type: none">• 2008: ~70 Wh / litro• 2015: ~300 Wh / litro• 2022: ~400 Wh / litro
Autonomía¹	<ul style="list-style-type: none">• 2013: 120 – 330 km• 2017: 170 – 400 km

Próximos años

Con costo de batería bajo 100 USD / kWh los VE logran competitividad con vehículos de combustión interna

- A** McKinsey: En 5 años los VE serán más baratos considerando su vida útil
- B** Otros estudios: a más tardar 2030 los VE serán más competitivos en el costo de compra

1. Comparación de autonomía de vehículo Nissan Leaf vs Tesla

Fuentes: Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability, McKinsey & Company 2017

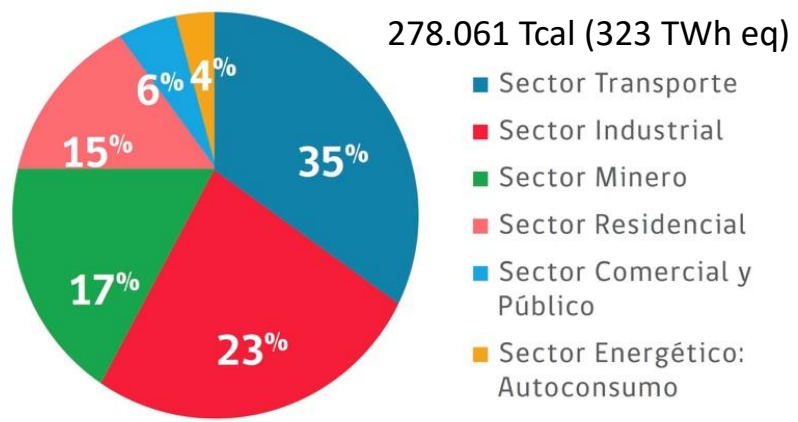
Global EV Outlook , IEA, 2016

How Cheap Can Electric Vehicles Get?, abril 2016

En Chile el transporte representa un 35% del consumo energético

Solo un 2% del consumo en transporte proviene de energía eléctrica

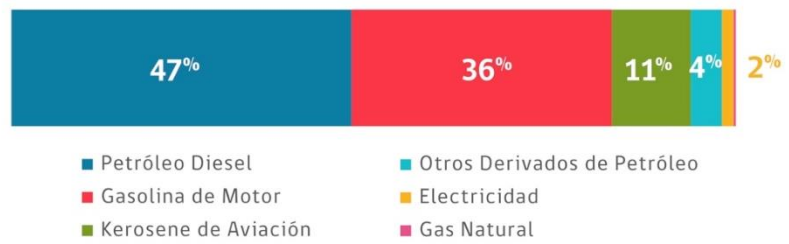
Consumo energético anual según sector



Consumo energético según modo transporte



Transporte: fuente de energía

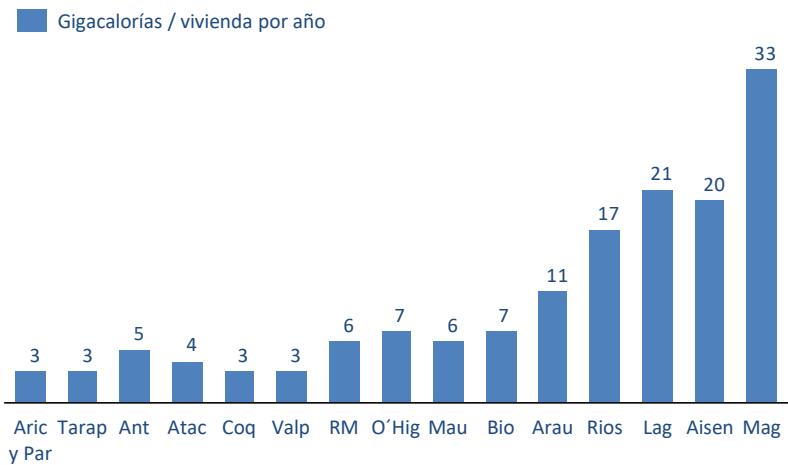


Situación actual de penetración de electricidad y avances tecnológicos representan una gran oportunidad para el desarrollo de VE en Chile

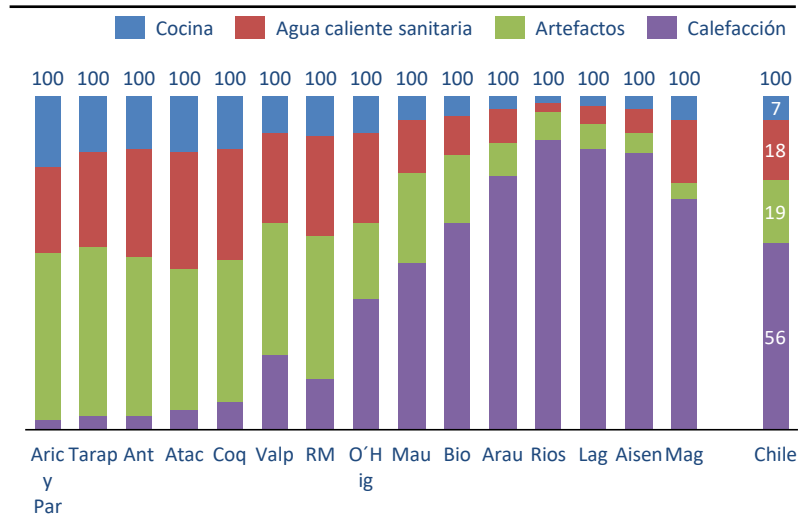
Fuente: Balance Nacional de Energía (2015)

Residencial: el consumo energético nacional es muy heterogéneo tanto en nivel de consumo como en tipo de uso

**Consumo de energía por hogar
(Giga cal / vivienda / año)**



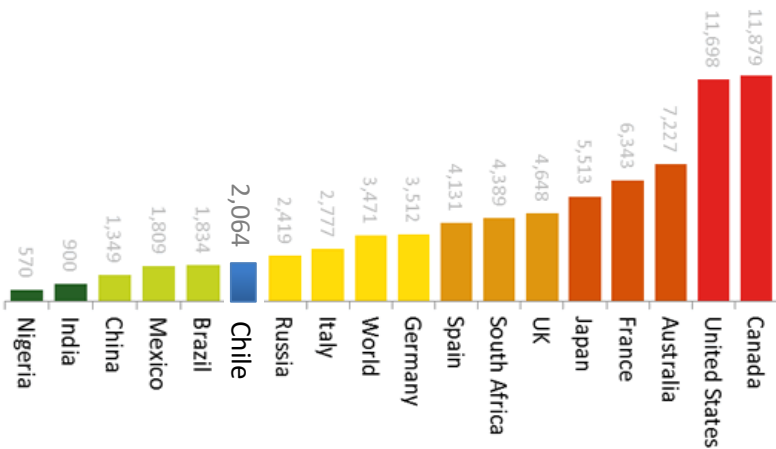
Usos de energía en hogares (%)



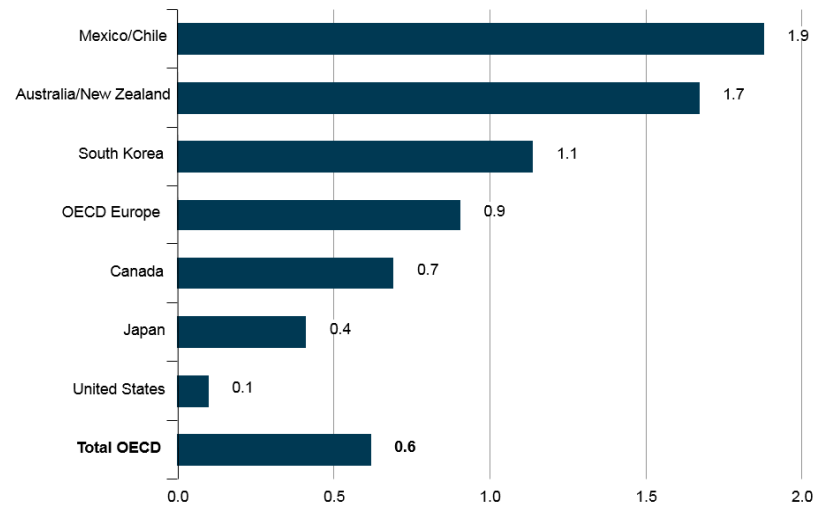
Fuente: Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017 (en Base a BNE Regional y Censo 2012); “Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile”, Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), CCHC, 2010

Chile está bajo promedio mundial de consumo eléctrico por hogar y se proyecta que aumente en próximos años

Consumo eléctrico por hogar (kWh / año)



Variación anual energía residencial 2012 – 2040 (% año)



Fuente: Average household electricity use around the world, datos 2010 (<http://shrinkthatfootprint.com/average-household-electricity-consumption>) International Energy Outlook 2016

Una adecuada elección de calefactores permite invertir mejor, reduciendo costos de operación y emisiones contaminantes

Inversión y emisiones por calefactor



Nota: Emisiones de MP 2,5 estimadas para ciudades del sur de Chile, calefaccionando durante 8 horas al día para una confort de 18° y una demanda térmica mensual de 997 kWh

Fuente: Calefacción Sustentable. Ministerio de Medio Ambiente. 2016.

Cuenta mensual promedio de calefacción Santiago



Agenda

- Objetivos y alcance
- Contexto
- **Escenarios en transporte y residencial**
- Resultados en eficiencia energética, emisiones y GEI
- Conclusiones

Estudio considera escenario base y optimista para número de vehículos eléctricos (VE) en segmentos de transporte público, taxi y particular

Actualmente existen 6.500 buses, 95.000 taxis y 4 millones de vehículos particulares en Chile

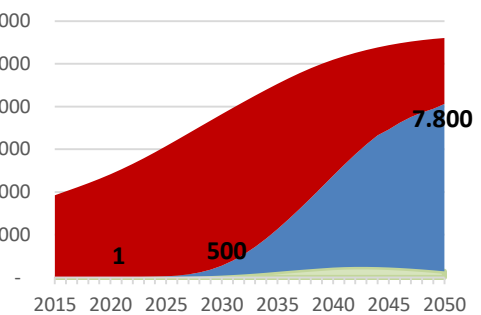
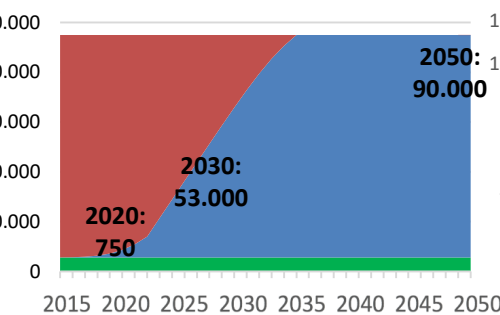
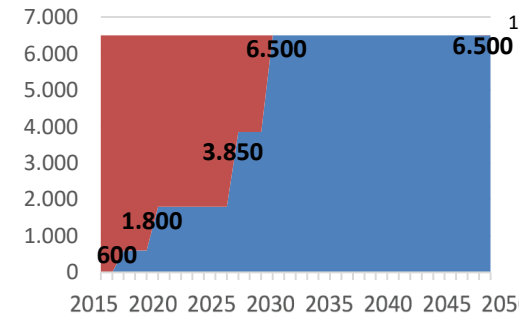
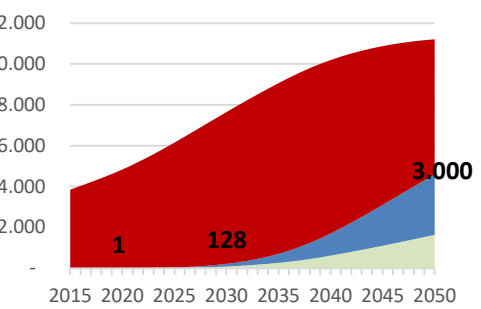
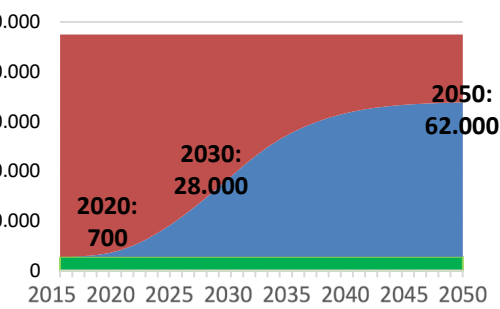
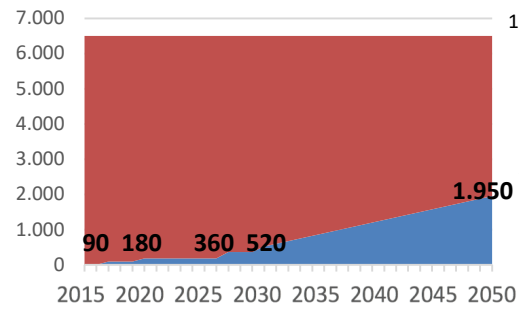
Buses RM (#)

Taxi Chile (#)

Particular Chile (miles)

Escenario base (# VE)

Escenario optimista (# VE)



X: # VE ■ Convencional ■ Eléctricos ■ GNL / GLP ■ Híbridos

Evaluación de situación actual muestra que inversión adicional de vehículos eléctricos es mayor, pero tienen mayor eficiencia

	Eléctrico			Diésel	Gasolina	
	Bus	Taxi	Particular	Bus	Taxi	Particular
Valor vehículo (M CLP)	280		24	125		10,5
Costo recorrido (\$ / km)	100		17	200		63
Eficiencia energética (km/KWh)	1		6	0,25		1,2
Emissiones locales (kg MP 2,5 / año)	0	0	0	10	0,45	0,0075
Emissiones globales (ton CO2 / año)	0	0	0	119	17	2,9
km uso / año	90.000	90.000	15.000	90.000	90.000	15.000
Payback (años)	11 - 13	3 - 4	14 - 17	-	-	-

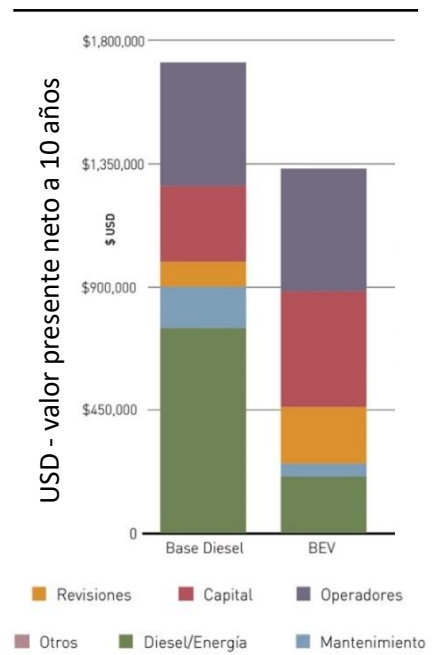
Un taxi eléctrico hoy es un buen negocio

- 1 El **ahorro** de un VE comparado con un vehículo a combustible:
 - Usuario particular: 15.000 km/año es **\$900.000 al año**.
 - Taxi: 90.000 km/año el ahorro es de **\$5 millones al año**
- 2 Un **taxista podría recuperar la inversión adicional** asociada al mayor precio de compra en **3 o 4 años** por menores costos anuales de combustible y mantención.
- 3 Considerando tasa de descuento de 6% la **adquisición de vehículos eléctricos es más económica** que la de un **convencional**, con un **ahorro** de costo de **ciclo de vida 18%**.
- 4 Esta evaluación contempla **recambio de la batería del vehículo cada 2 a 3 años** (o entre 160.000 y 200.000 km) y un **nivel de actividad de 90.000 km/año**.

Proyecciones muestran que es posible aspirar a un transporte público 100% eléctrico al 2031

- 1 La **licitación de Transantiago** en curso considera que **90** de los 2.000 nuevos buses **deberán ser cero emisión**. (i.e. eléctricos)
- 2 La proyección del estudio¹ plantea que **es posible incorporar 600 buses eléctricos gradualmente en el actual proceso de licitación** y alcanzar **el 100% de la flota licitada en los futuros procesos de licitaciones** (al 2031 serían 6.500 buses eléctricos).
- 3 **Transantiago reduciría de manera importante sus costos operacionales** si el 100% de la flota fuera eléctrica:
 - Ahorros de operación de aproximadamente US\$ 140 millones al año
 - Inversión adicional (respecto de una flota convencional) en torno a los US\$ 1.500 millones
 - Inversión se recuperaría en un periodo aproximado de 11 años

Bus diésel vs BEV²



Fuente:
1. Estudio Escenarios Usos Futuros de la Electricidad, 2017
2. Movilidad Eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica, PNUMA, 2016



Calefacción, agua caliente sanitaria y cocción suman más del 80% del consumo de energía de los hogares, con baja electrificación

	Calefacción			Agua caliente sanitaria			Cocción		
	2017	2030	2050	2017	2030	2050	2017	2030	2050
% del consumo energía hogares Chile¹	56%			18%			8%		
% consumo eléctrico vs total uso escenario base	2%	10%	15%	1%	5%	10%	1%	5%	10%
% consumo eléctrico vs total uso escenario optimista	2%	30%	60%	1%	30%	60%	1%	20%	30%

1. 5% corresponde a refrigerador, 3% iluminación y 11% otros eléctricos

Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile. Corporación Desarrollo Tecnológico (CDT), CCHC, 2010

Agenda

- Objetivos y alcance
- Contexto
- Escenarios en transporte y residencial
- **Resultados en eficiencia energética, emisiones y GEI**
- Conclusiones

Efectos en transporte se analizarán en eficiencia energética, salud y descontaminación y menores gases efecto invernadero



Eficiencia energética



Salud y descontaminación



Menores gases efecto invernadero

La movilidad eléctrica es más eficiente y económica

- 1 Un **vehículo eléctrico liviano consume** cinco veces (un 80%) **menos energía** que uno a combustible ⁽²⁾
 - Un motor a combustión transforma alrededor del 15% de la energía del combustible en fuerza y pierde el resto en calor⁽¹⁾
 - Un motor eléctrico transforma al menos el 60% de la energía en fuerza.⁽¹⁾
- 2 Un auto eléctrico es **más barato de operar**: rinde 17 \$/km, mientras que uno a bencina rinde aprox 63 \$/km⁽²⁾
 - Con un estanque se recorren 500 km en un auto convencional, a un costo de \$31.500. En uno eléctrico costaría \$8.500 el mismo viaje.
- 3 Un **bus eléctrico consume** cuatro veces (un 75%) **menos de energía** que uno a combustible ⁽²⁾
- 4 El **ahorro** de un VE comparado con un vehículo a combustible:
 - Usuario particular: 15.000 km/año es **\$900.000 al año**.
 - Taxi: 90.000 km/año el ahorro es de **\$5 millones al año**.

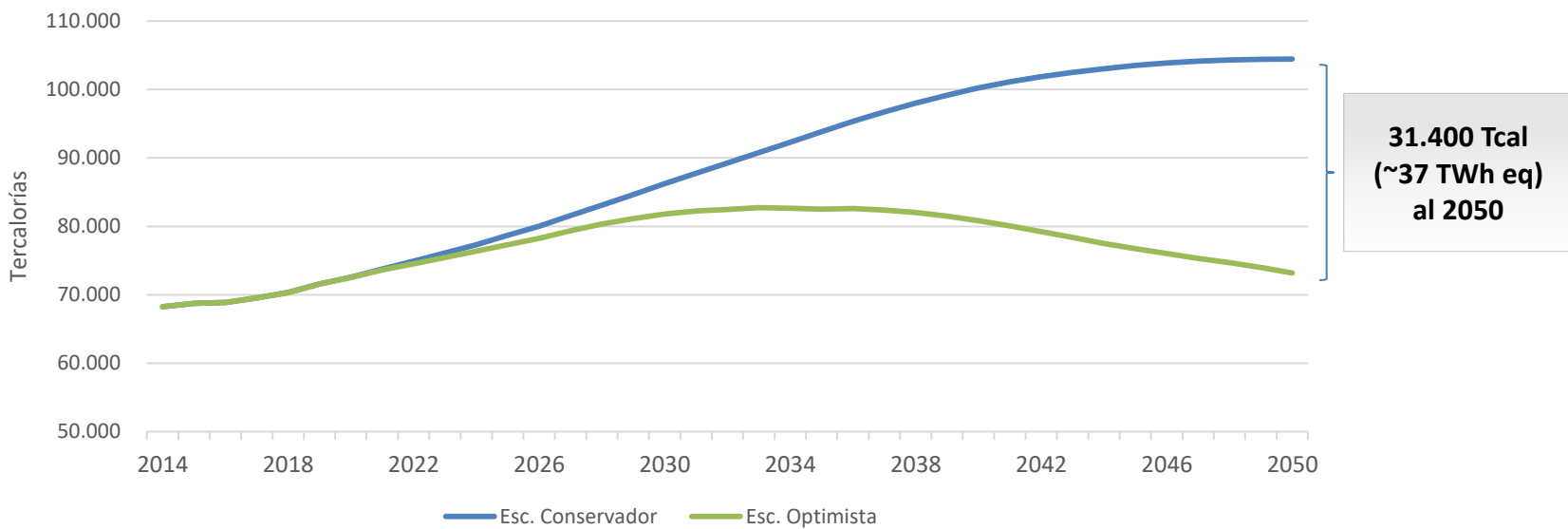
(1) www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml

(2) Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017



Mayor electromovilidad permitirá reducir crecimiento del consumo energético del país por concepto de transporte

Consumo total energía transporte terrestre (Teracalorías / año)

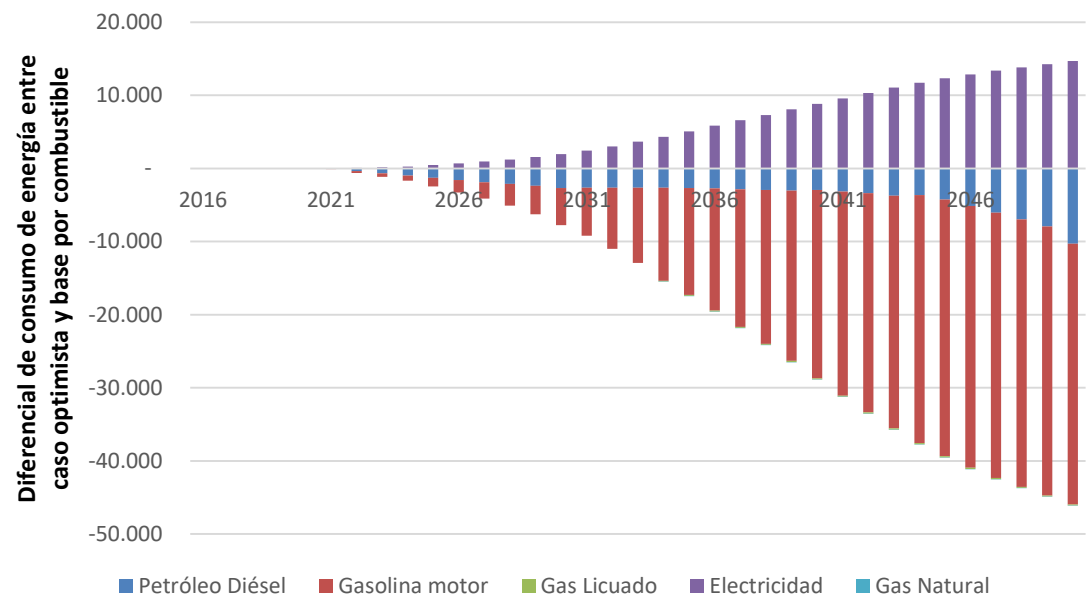


**31.400 Tcal
(~37 TWh eq)
al 2050**



La electromovilidad conlleva una importante reducción del consumo de energía: por cada unidad adicional de electricidad se ahorran tres unidades de energía de combustible fósiles

Aumento consumo eléctrico vs reducción consumo combustibles fósiles (Tcal / año)



Aumento consumo eléctrico en escenario optimista versus base al 2050

- 17 TWh (14.600 Tcal)

Menor consumo energía de comb. fósiles en escenario optimista versus base al 2050

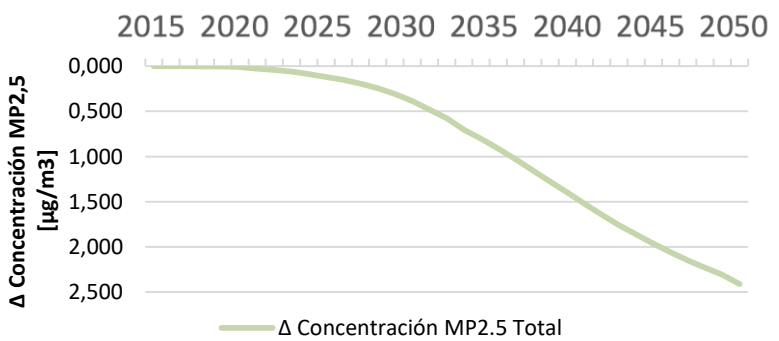
- 54 TWh (46.000 Tcal)



Ahorro de ~37 TWh (31.400 Tcal) al 2050

⊕ Electromovilidad permitirá reducir la concentración de material particulado fino dañino para la salud

Reducción MP 2,5 escenario optimista vs base (µg / m3)



Beneficios

Beneficio ambiental permitirá:

- A** Reducir 6.700 muertes prematuras al 2050.
- B** Generar beneficios, en valor presente, por 880 millones USD asociado a menor mortalidad y menores admisiones hospitalarias.

Escenario optimista reduce emisión de MP2.5 en promedio en 150 ton / año, llegando a 450 ton / año en 2050

- Permite reducir concentración promedio anual de MP 2.5 en 2.5 µg / m³ al 2050 para Santiago
- Concentración promedio MP 2.5 en 2011 entre ~3 y 35 µg / m³ dependiendo de la ciudad¹

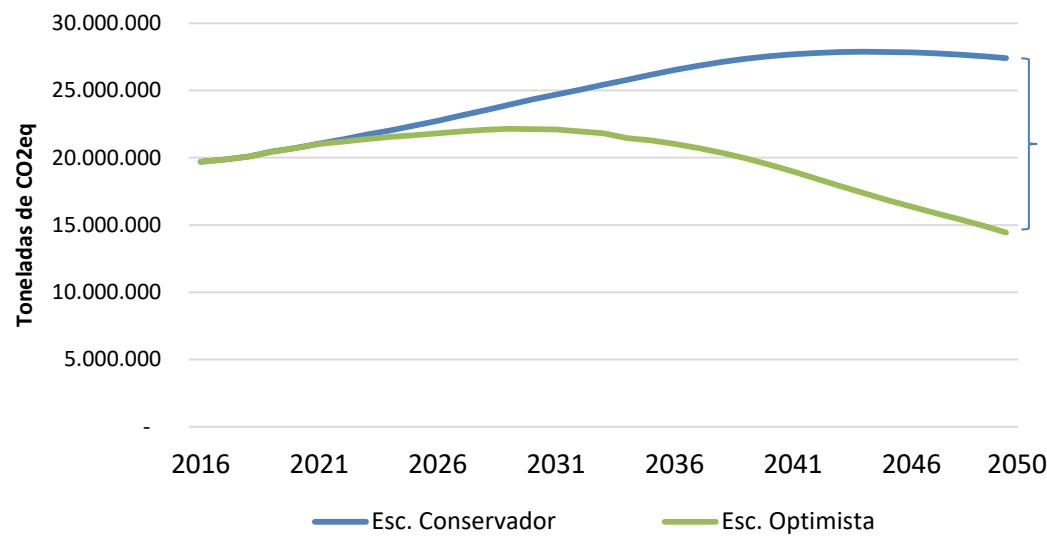
1. Calidad del aire, Ministerio del Medio Ambiente (2011). http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf

Fuente: Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017



Adicionalmente aumento de penetración de VE permitirá revertir la tendencia al alza de las emisiones de GEI del transporte terrestre

Toneladas de CO2 eq



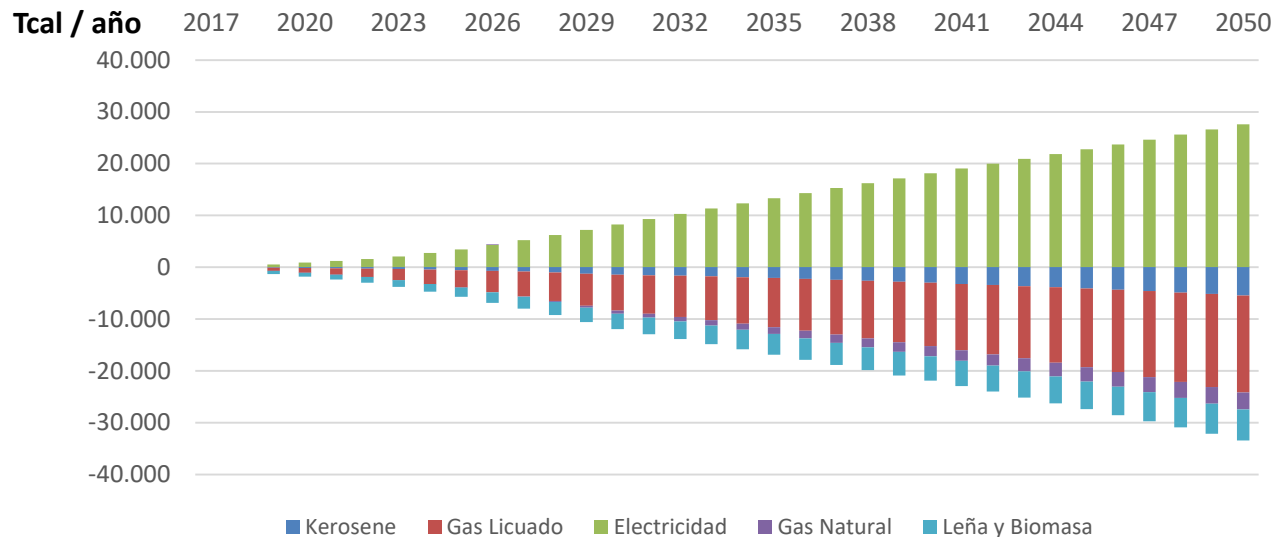
2030: reducción del 9% de emisiones GEI
2050: reducción del 47% de las emisiones GEI

Existe la oportunidad de concretar agenda que permita alcanzar beneficios del escenario de electrificación de manera costo efectiva

- 1 Definir hoja de ruta (política, estrategia, plan) que considere criterios de eficiencia económica, ambientales y de cambio climático.
- 2 Brindar *oportunamente* condiciones que permitan el ingreso de vehículos eléctricos: puntos de carga, servicio técnico, protocolos de seguridad, gradualidad para generar estas condiciones.
- 3 Aumentar gradualmente las exigencias de buses cero emisión en las futuras licitaciones.
- 4 Exigir recambio de taxis con cero emisión.
- 5 Considerar subsidios o exenciones tributarias transitorias a la compra de vehículos eléctricos consistentes con reducción de externalidades para vehículos livianos, en particular para taxis.
- 6 Desarrollar instrumentos de mercado de precio del CO2 y que permitan compensaciones que permitan movilizar recursos para inversión en electromovilidad.

Aumento de consumo eléctrico es acompañado de una reducción mayor de uso de combustibles fósiles

Aumento consumo eléctrico vs reducción combustibles fósiles (Tcal / año)



Aumento consumo eléctrico

- 32 TWh (27.500 Tcal)

Reducción comb. fósil

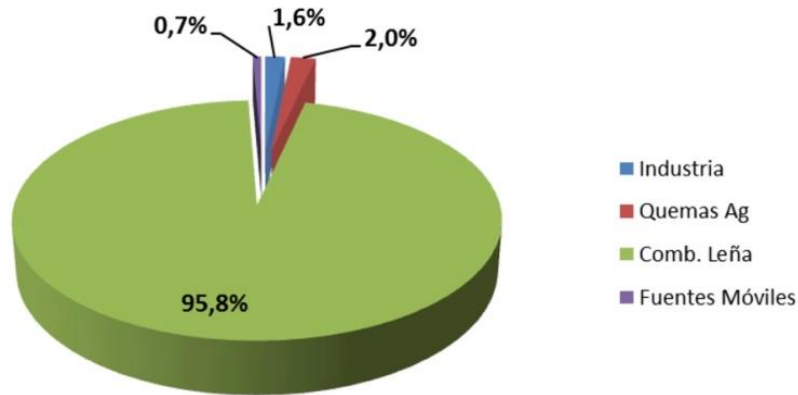
- 39 TWh (33.400 Tcal)



Ahorro de ~7 TWh (5.900 T Cal)

⊕ Caso de estudio Temuco- Padre las Casas : el 96% de las emisiones proviene de la combustión a leña

Emisiones MP2,5 Temuco



Fuente: Plan de descontaminación atmosférica por MP 2,5, para las comunas de Temuco y Padre las Casas y de actualización del plan de descontaminación por MP 10, para las mismas comunas. Ministerio de Medio Ambiente. <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/04/Resumen-PDA-Temuco-y-PLC.pdf>
Calefacción Sustentable. Ministerio de Medio Ambiente. 2016.



La calefacción eléctrica mejorará la salud de Temuco

- 1 La mayor electrificación de la calefacción permite reducir material particulado proveniente de la leña.
- 2 En promedio se reducen más de 1.700 toneladas de material particulado MP2,5 por año al comparar el escenario conservador con el optimista.
- 3 En la Región de la Araucanía hay más de 340 mil viviendas⁽¹⁾. Si 20 mil de esas viviendas utilizaran electricidad en vez de leña⁽²⁾:
 - Se evitarían 140 casos de mortalidad prematura al año.
 - Se evitarían 200 casos de admisiones hospitalarias al año.
 - Habría beneficios en menores costos de atenciones hospitalarias del orden de US\$ 90 millones por año.

Fuente:

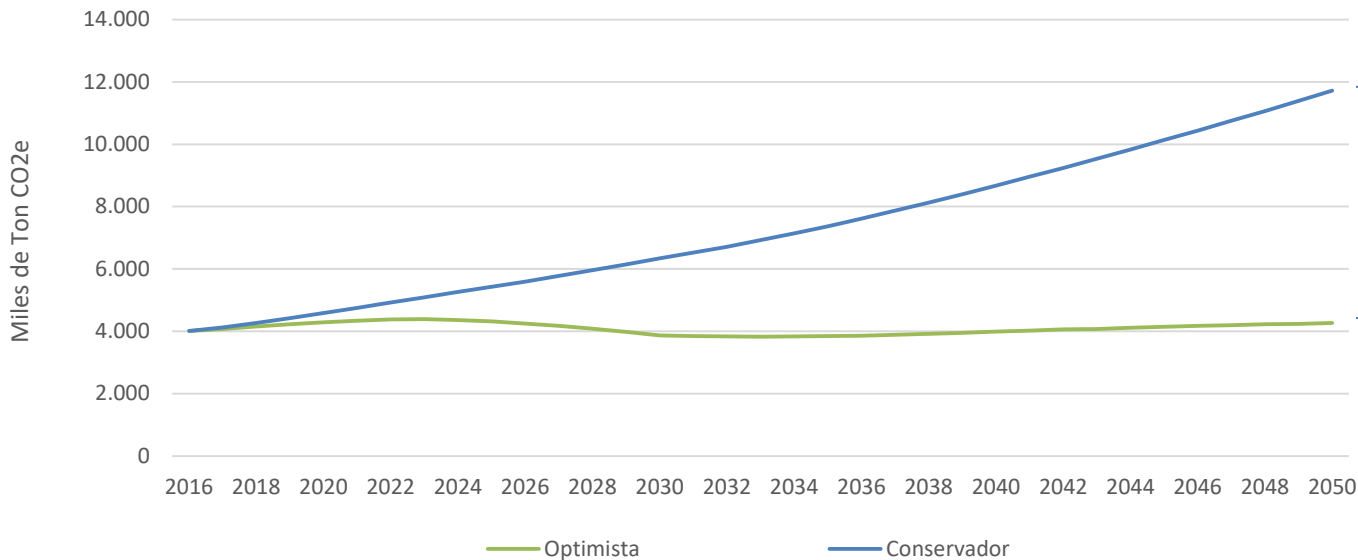
(1) Censo 2012

(2) Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017



Electricificación del consumo residencial permitiría evitar un aumento de emisiones GEI del ámbito residencial

Emisiones de CO2 eq (ton)



Al 2030 se reducirán emisiones GEI al 38% y al 2050 en un 63% entre caso conservador (base) y optimista

Agenda

- Objetivos y alcance
- Contexto
- Escenarios en transporte y residencial
- Resultados en eficiencia energética, emisiones y GEI
- **Conclusiones**

Conclusiones

- 1 Mayor de **uso de electricidad en transporte** produce **eficiencia energética**
 - Por cada unidad adicional de electricidad se ahorran tres unidades de energía de combustibles fósiles
- 2 Mayor uso futuro de electricidad reducirá la **contaminación local evitando efectos en salud**
 - Por mayor uso de electromovilidad se evitaría 6.700 muertes prematuras al 2050
 - Por mayor uso de electricidad residencial solo en el caso de Temuco se evitarían 140 casos de mortalidad prematura al año
- 3 Mayor uso de electricidad permitirá evitar el aumento e incluso revertir las emisiones de **gases efecto invernadero** y por ende combatir el **cambio climático**.



Generadoras de Chile
energía que nos mueve



ESTUDIO ESCENARIOS DE USOS FUTUROS DE LA ELECTRICIDAD

Agosto 2017

