

Estudio Hoja de Ruta de la Transición Energética Colombia 2050

Servicio de elaboración de Hoja de ruta de transición energética hacia la emisión cero de GEI en Colombia. Un modelo energético sostenible 2030-2050", para ENEL



Transición energética



Proyectos de generación renovables no convencionales

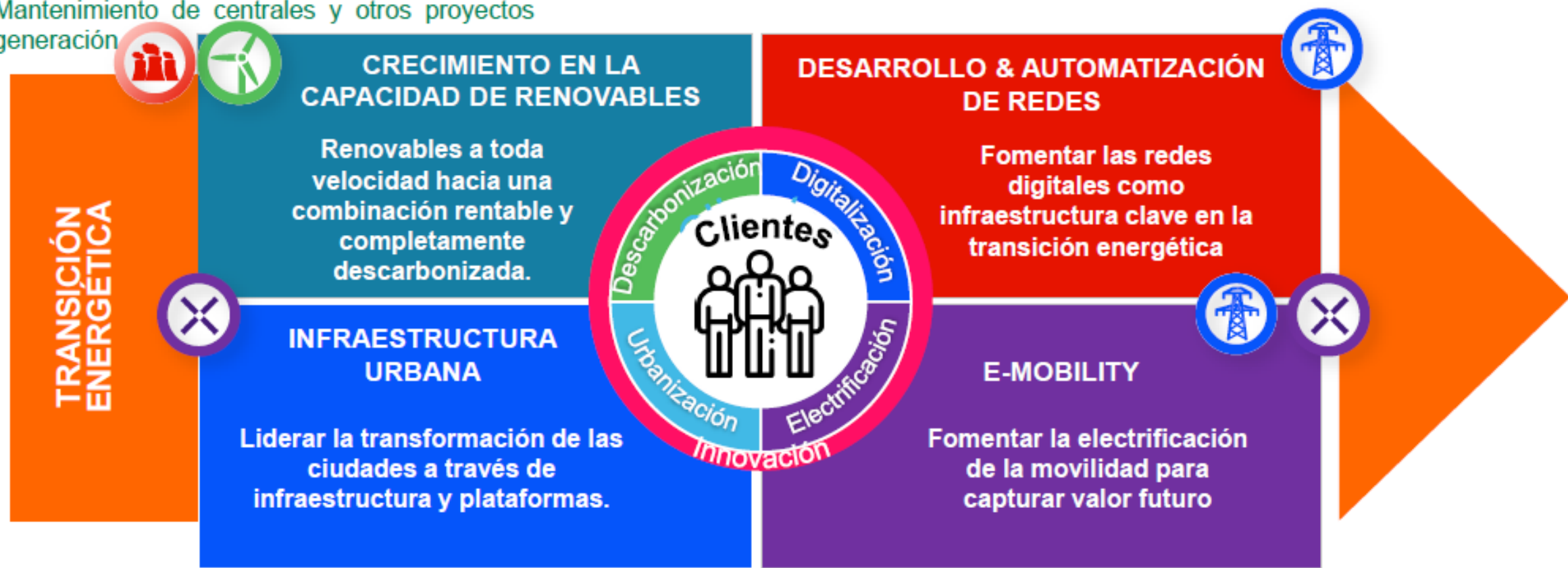
3,54 B\$COL

Estación elevadora de canoas

Mantenimiento de centrales y otros proyectos generación

3,05 B\$COL

Proyectos de inversión desarrollo de redes, Excelencia operacional y Nuevo rol del D.S.O



La inversión en Colombia es de 6,82 B\$COL en el horizonte 2023-2025

0,23 B\$COL

BUSES: 878 + Sist. Recarga: 411
Electroterminales: 6; AP, Fotovoltaicos, servicios compartidos

PROYECTOS “ruta de transición energética ENEL”



Crear un consenso sobre el camino correcto para cumplir los objetivos del acuerdo de París



Evaluación de escenarios

...construir un **escenario de política sostenible a largo plazo** teniendo en cuenta las características de cada geografía y aprovechando las energías renovables, la electrificación y la digitalización de la red



Recomendaciones de política

....definir un **conjunto de recomendaciones políticas que desencadenen la inversión** necesaria para una economía eficiente, sostenible y baja en carbono



Participación de Stakeholders

.... **participación de múltiples partes interesadas** a lo largo de todo el proceso para definir y dar forma a la visión a largo plazo y las acciones a mediano plazo

Hojas de Ruta de Transición desarrolladas en LATAM (2022)

Deloitte.



Argentina *(Update)*

Deloitte.



Brazil *(New)*

energiE.



Chile *(New)*

CREE



Colombia *(Update)*

Deloitte.



Costa Rica *(New)*

Deloitte.



Guatemala *(New)*

Deloitte.



Panamá *(New)*

Deloitte.



Peru *(Update)*

Ruta de Transición Energética

1 Taller de lanzamiento (marzo y abril 2022)

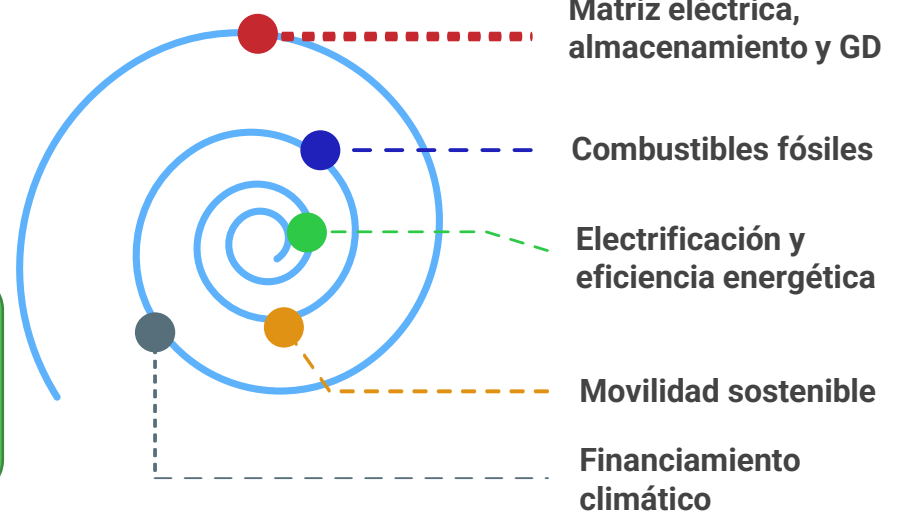
Engagement con stakeholders (gremiales, instituciones, gobierno, actores internos)



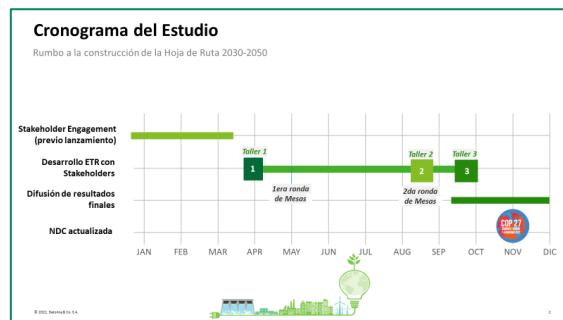
2 Mesas Técnicas para retroalimentar modelo (junio 2022)



Mesas técnicas lideradas por SH's con libre participación

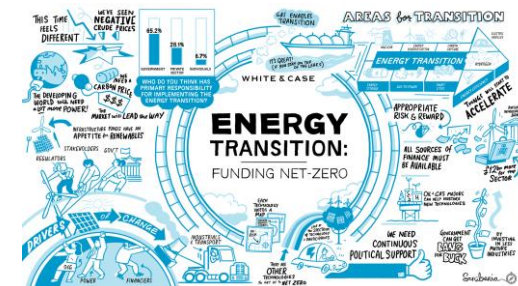


3 Taller 2: Resultados Preliminares (agosto 2022)



4 Taller 3: Resultados Finales (septiembre 2022)

5 Entrega de Informe Final (enero 2023)



ETR Colombia 2050

Resultados y recomendaciones

4 de mayo de 2023

Equipo CREE

CREE

CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS DE ENERGÍA



CAMILO HERRERA

Investigador



ÁNGELA CADENA

Investigadora



TOMÁS GONZÁLEZ

Director



DARÍO HIDALGO

Investigador



RICARDO DELGADO

Investigador

Recordemos el propósito de la ETR...



Identificar una **ruta** de **mínimo costo** para alcanzar la **carbono neutralidad** en **2050** a partir de:

- los avances alcanzados
- los *gaps* existentes
- las restricciones y necesidades que esperamos enfrentar
- las visiones de los diferentes grupos de interés

que le sirva de **insumo al gobierno** para desarrollar su **política de transición**

Hoja de ruta del ejercicio



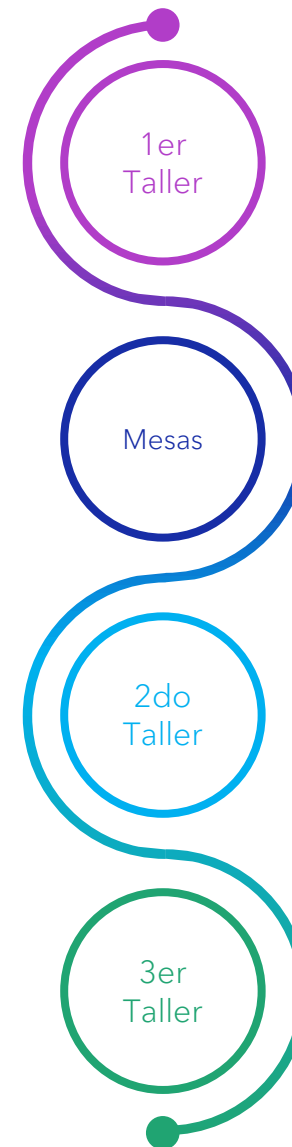
- **Taller 1:** presentación del ejercicio, explicación de la metodología y discusión inicial



Mesas de trabajo: recopilar, evaluar y discutir información para presentaciones de los talleres



- **Taller 2:** presentación y discusión de resultados escenario base y propuesta de resto de escenarios
- **Taller 3: presentación y discusión de resultados y recomendaciones finales**
- **Informe final:** en diagramación – Borrador disponible



31 de marzo

19 al 26 de mayo

16 de junio

15 de septiembre

Preguntas fundamentales sobre la transición energética



Preguntas de política energética

1. ¿Cómo **analizar** las **políticas anunciadas**?
2. ¿Cómo se **distribuyen** los **esfuerzos de descarbonización** entre sectores?
3. ¿Cómo debería ser la **transición** en la **demanda final** de energía? . :
4. ¿Cómo debería ser la **transición** en la **oferta final** de energía?
5. ¿Cuáles **tecnologías** son **necesarias** para la transición?
6. ¿Cuáles son los **costos** y los otros **habilitantes fundamentales** para la transición?

The background of the slide is a photograph of a street scene. On the left, there is a tall, ornate stone church tower with a clock face. The street is filled with many colorful flags (yellow, blue, and red) hanging from wires, creating a festive atmosphere. The sky is overcast.

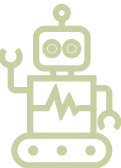
1. ¿Cómo analizar las políticas anunciadas?

Escenario Políticas Anunciadas

- El país se la juega por un futuro en el que la **lucha contra la desigualdad y el cambio climático** están en el centro de sus prioridades.
- En materia energética le apuesta a una transición apalancada en **el mínimo de fósiles** y en un entorno de **cambio tecnológico acelerado**, con unos **precios de los energéticos consistentes** con un **mundo que avanza** decididamente hacia la **carbono neutralidad**.
- Se espera que la **economía** sea capaz de **crecer como históricamente lo ha hecho** y logre adaptarse a unos **menores niveles de reservas** de hidrocarburos.



Escenario Políticas Anunciadas



Dimensión	Variable	Políticas Anunciadas
Desarrollo tecnológico	1. Precio de importación y producción de hidrógeno verde	1,5 USD/kg en 2050
	2. Costos tecnologías RNW, Vehículos EE y baterías	Evolución rápida
	3. Disponibilidad de CCS (tiempo)	Evolución rápida
	4. Costos tecnología H2 azul	Escenario bajo
Entorno regulatorio	1. Emisiones	Reducción del 51% vs BAU en 2030 y carbono neutralidad en 2050
	2. Generación mínima despachable	15%
	3. Restricciones desarrollo fracking	No pilotos fracking y offshore
Entorno económico	1. Crecimiento económico	Tendencial
	2. Reservas de petróleo y gas	Escenario bajo de reservas
	3. Precios de importación y exportación de fósiles	Precios medios

¿Qué podría ser distinto?

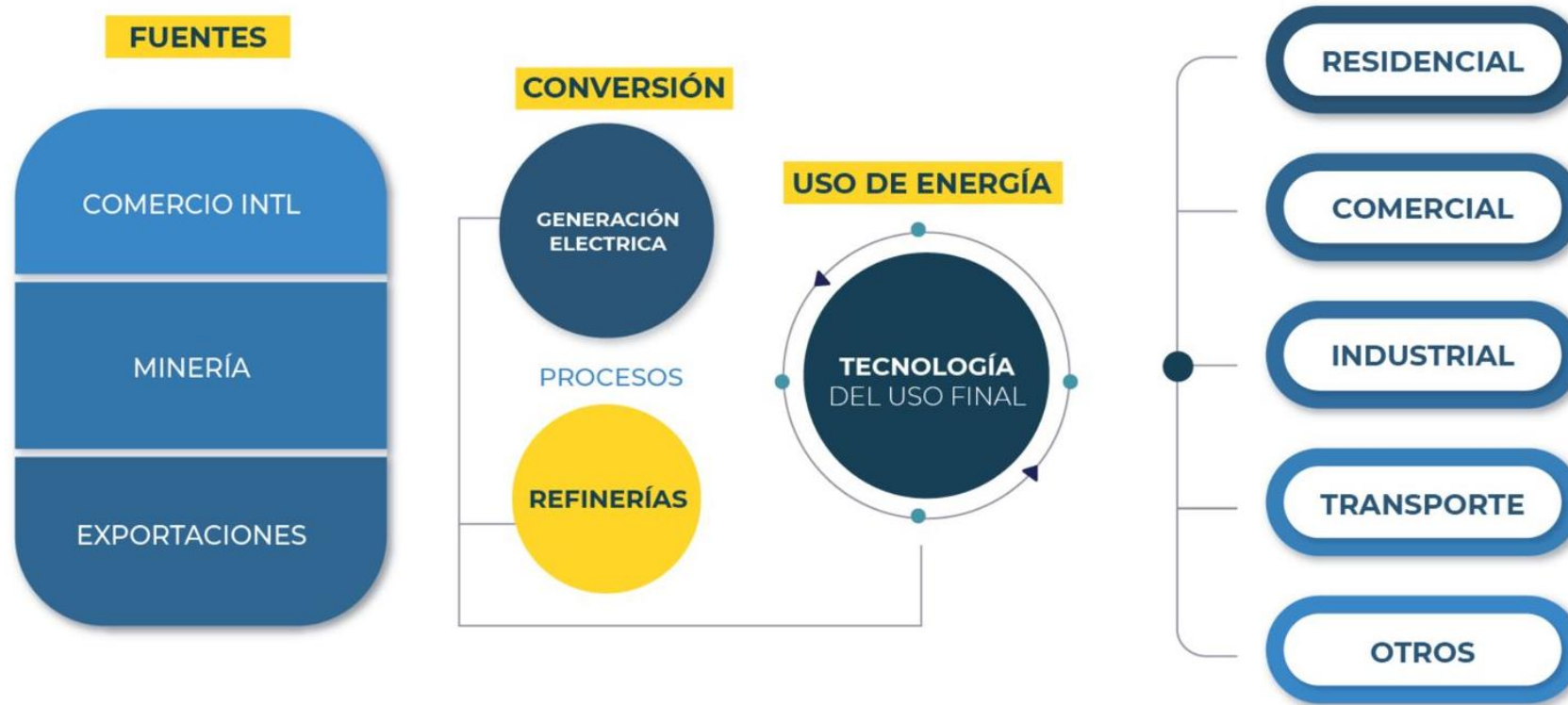
- ¿Qué pasaría si decidiéramos **desarrollar plenamente nuestras reservas** y los **precios** de importación y exportación **de hidrocarburos** son **altos**?
- ¿Qué pasaría si la **tecnología** necesaria para la transición **no se desarrolla rápidamente**?
- ¿Qué pasaría si decidimos alcanzar la **carbono neutralidad más tarde**?



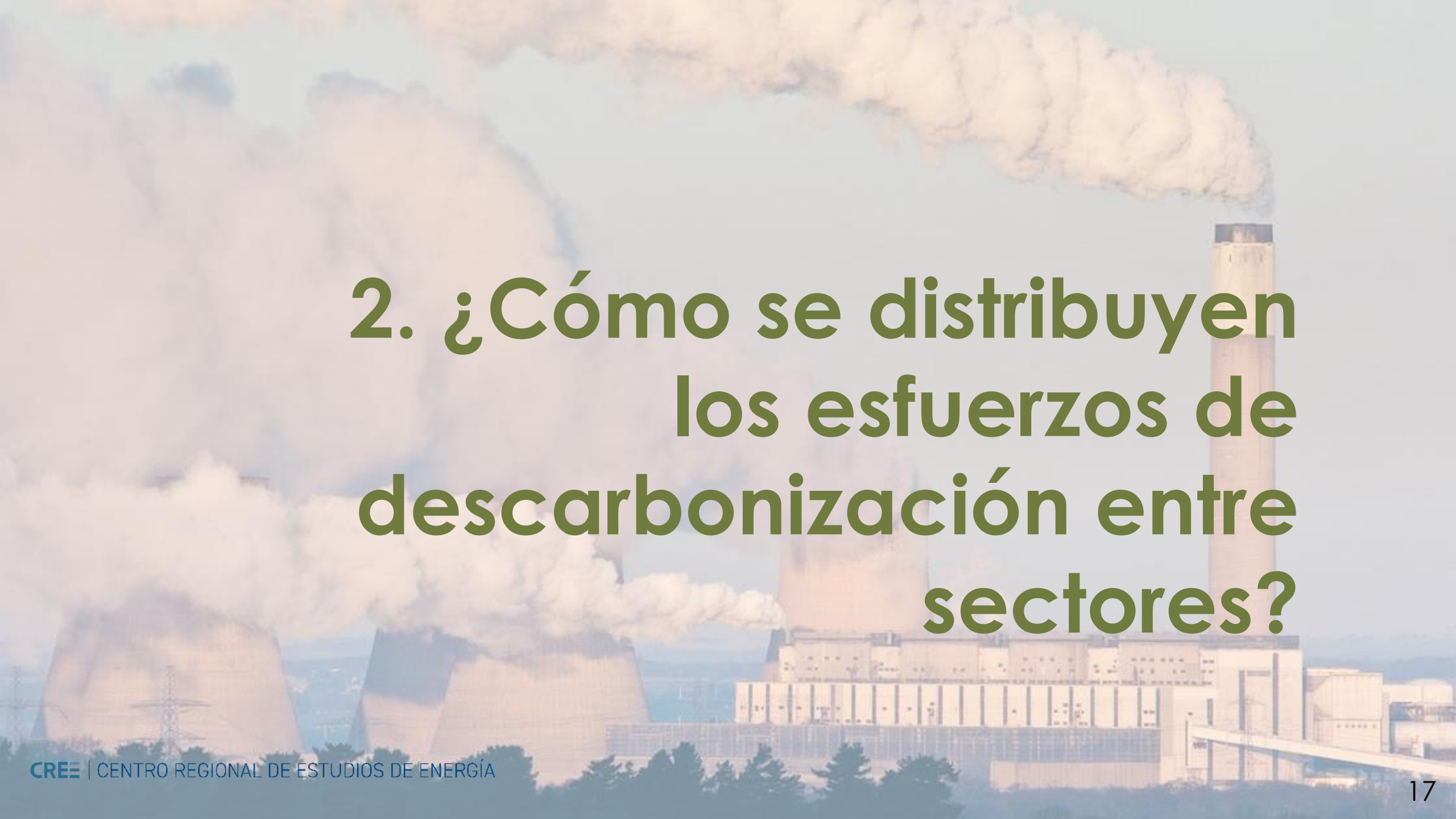
Sensibilidades al escenario de Políticas Anunciadas

Dimensión	 Políticas anunciadas	 Reservas Altas	 Tecnología Lenta	 Emisiones Tardías
 Desarrollo tecnológico	- Precio de importación y producción de hidrógeno verde: 1,5 USD/kg en 2050 - Costos tecnologías RNW, Vehículos EE y baterías: Evolución rápida - Disponibilidad de CCS (tiempo): Evolución Rápida - Costos tecnología H2 azul: Escenario bajo		- Costos hidrógeno verde: 2 USD/kg en 2050 - Costos tecnologías RNW, Vehículos EE y baterías: Evolución media/lenta - Disponibilidad de CCS (tiempo): Evolución lenta - Costos tecnología H2 azul: Escenario medio/alto	
 Entorno regulatorio	- Emisiones: cumplimiento anuncios del gobierno - Generación mínima despachable: 15% - Reservas: No a pilotos fracking y offshore (Reservas bajas)	Sí pilotos de fracking y offshore (Reservas medias)		Emisiones: Carbono neutralidad 2070
 Entorno económico	- Crecimiento económico: Tendencial - Reservas de petróleo y gas: Escenario bajo de reservas - Precios de importación y exportación de fósiles: medios	Precios de importación y exportación de fósiles: altos		

Recordemos nuestro enfoque de modelamiento



- El **TIMES-COL** es un modelo de **optimización** en el que se representan las **interacciones de toda la cadena energética colombiana** en un horizonte temporal que cubre **hasta 2050**



2. ¿Cómo se distribuyen los esfuerzos de descarbonización entre sectores?

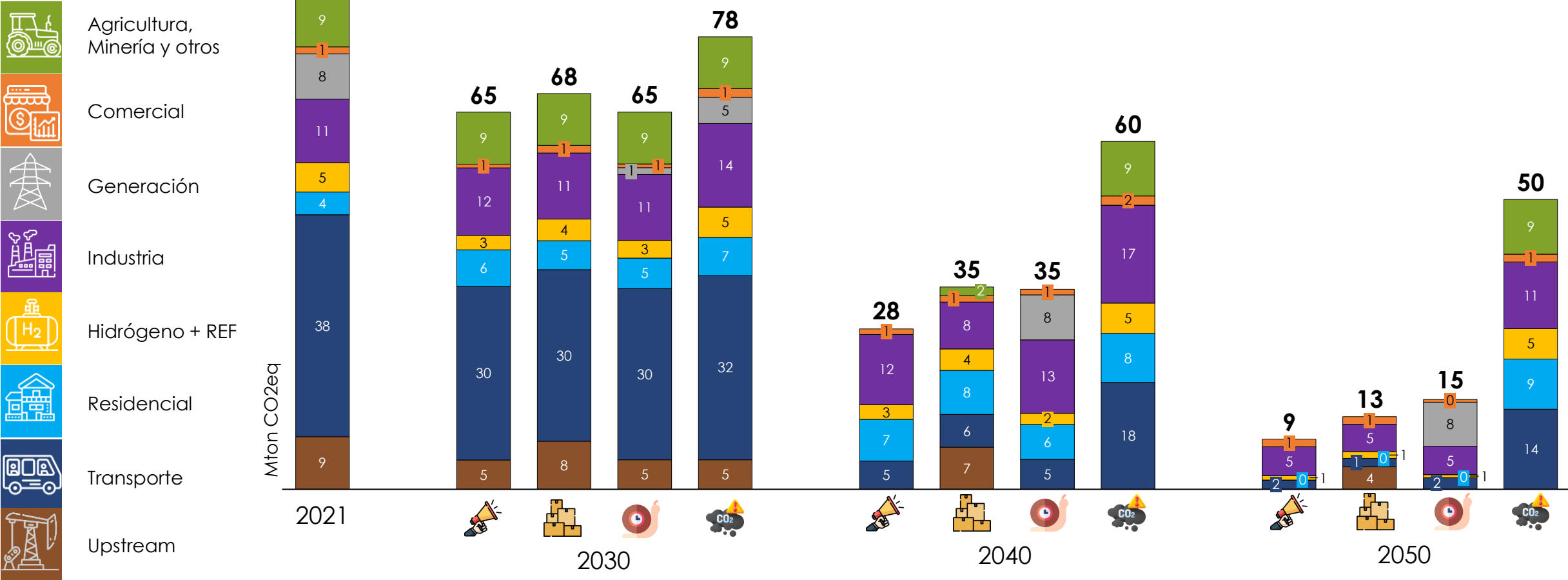
Emisiones GEI Energía


Políticas
anunciadas


Reservas
altas


Tecnología
lenta


Emisiones
tardías



- La generación eléctrica es la primera en descarbonizarse, seguida del transporte; la industria la última
- *Reservas altas* y *Tecnología lenta* cambian la composición de los esfuerzos más no el objetivo

Recomendación 1: Presupuestos de carbono



¿Por qué?

- Objetivos **política climática de largo plazo** (2030 y 2050) **no tienen mecanismo de rendición de cuentas, ni objetivos corto plazo.**
- Presupuesto de carbono **establece metas de reducción de emisiones, gobierno asigna una cantidad limitada** de emisiones a “gastar”.
- Presupuestos **definidos a partir de metas climáticas de temperatura** (e.g. 1,5°C) y sendas de emisiones de GEI.



KPIs

- **Presupuesto cuatrianual** de emisiones
- Ejemplo: Meta de este cuatrienio → **alcanzar el pico de emisiones**

KPI: indicador clave de desempeño

¿Cómo?



- **Comisión independiente** que **defina a partir de la evidencia científica** el nivel del **presupuesto de carbono** para el respectivo cuatrienio.
- Las instituciones **gubernamentales asignaran ese presupuesto** entre las carteras y que cada una de estas **defina las políticas sectoriales** (PIGCC) que apunten a cumplir esta.

¿Quiénes?



- **Comisión Independiente académica** que defina los **presupuestos** cuatrianuales
- **Sisclima y Comisión Intersectorial** de Cambio Climático **aprueban y asignan el presupuesto** de carbono
- **Ministerios definen políticas a implementar** a partir de sus PIGCC en **conjunto con agentes** representantes de sector
- Los sistemas **MRV verifican** las **reducciones**



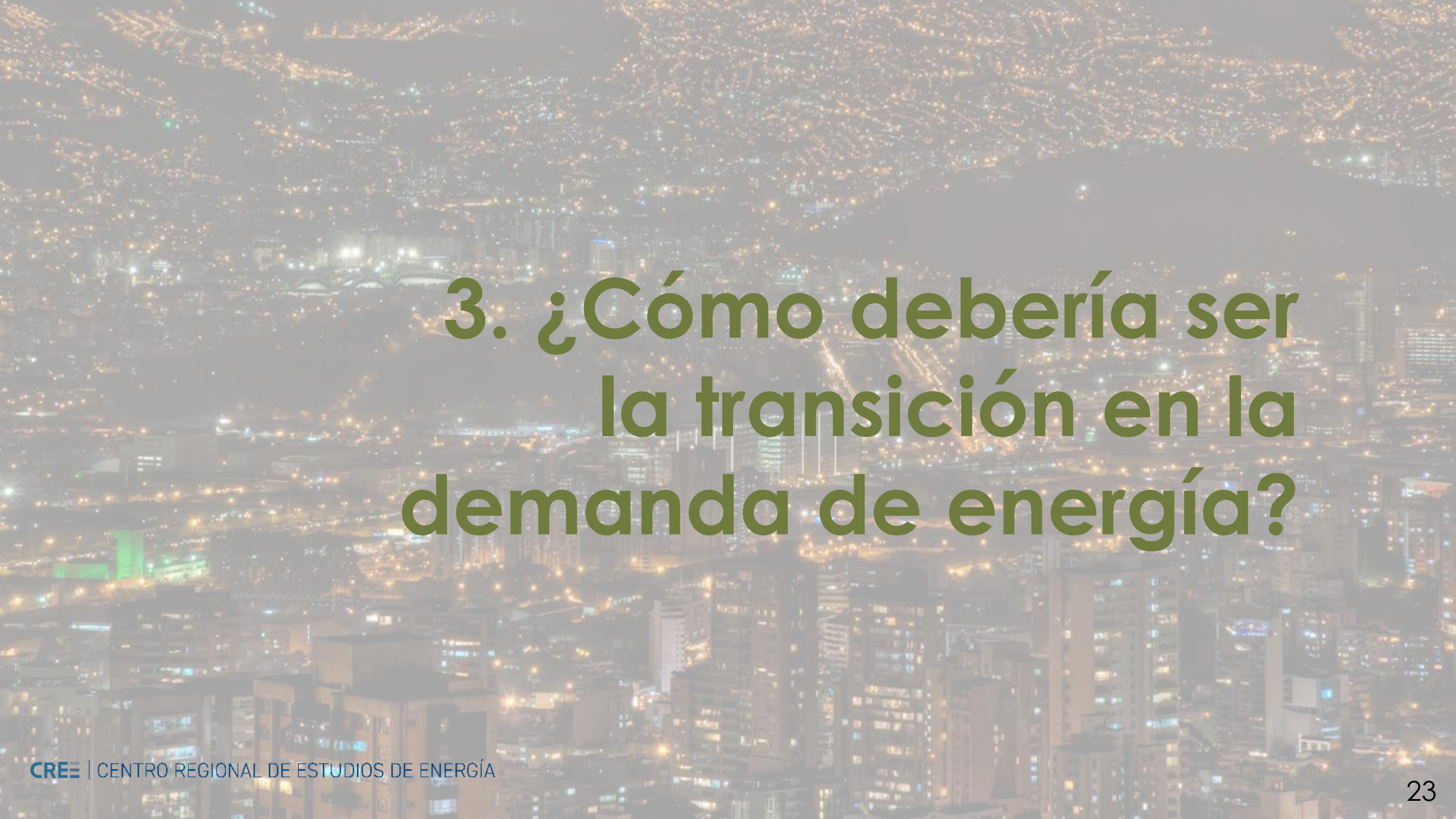
En síntesis



1. ¿Cómo se distribuyen los esfuerzos de descarbonización entre sectores?

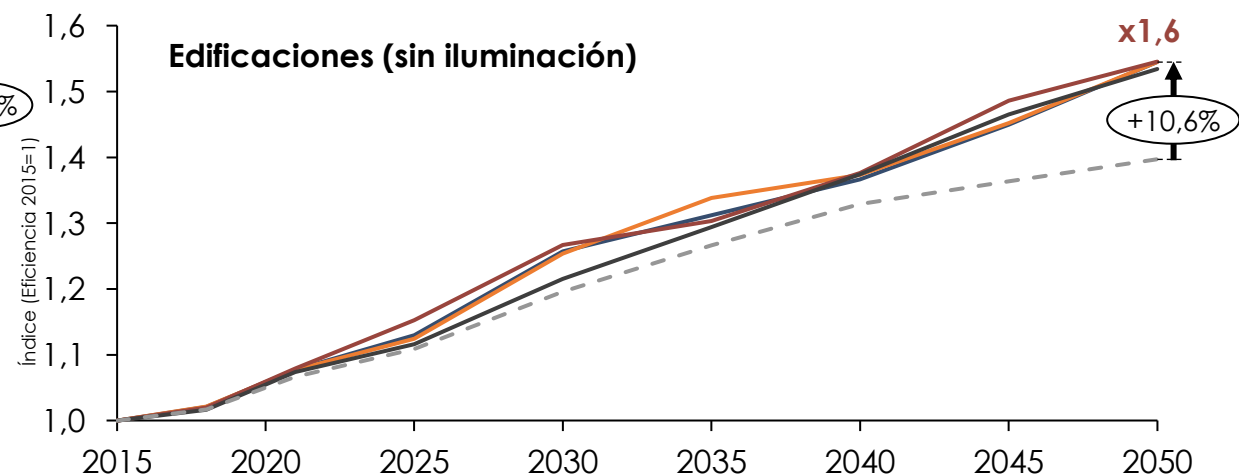
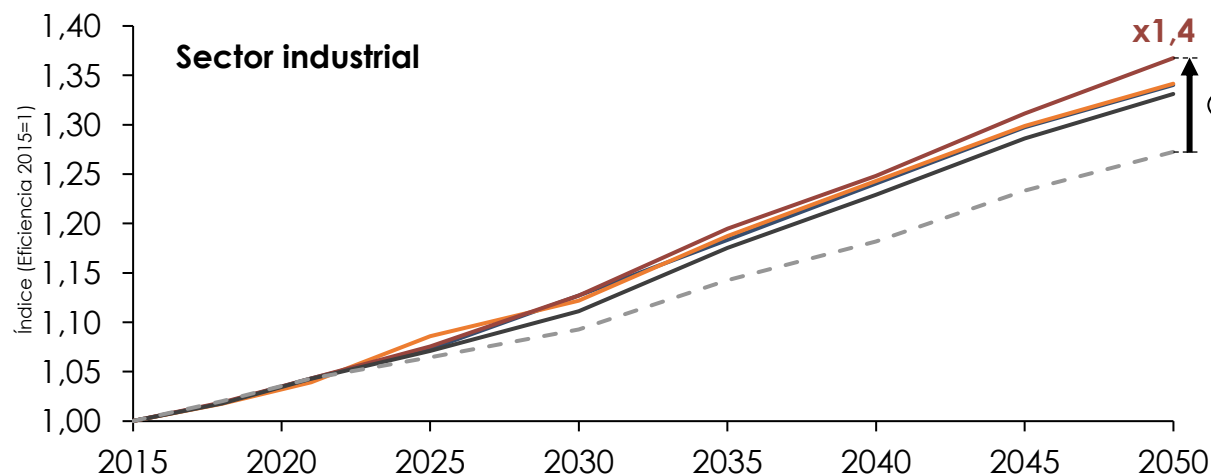


Todos deben poner, pero generación y transporte deben hacerlo más rápido y a mayor escala

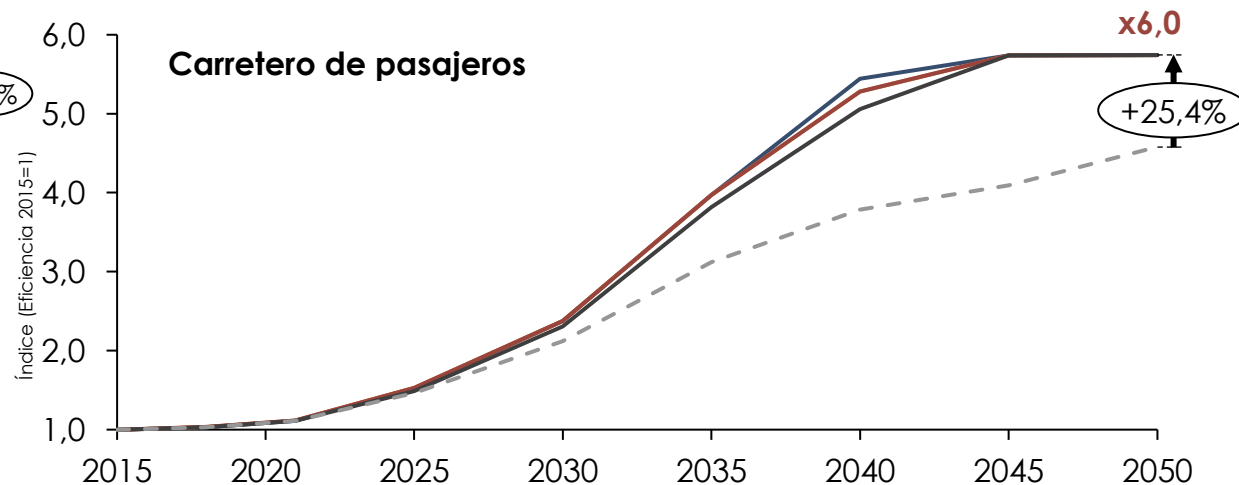
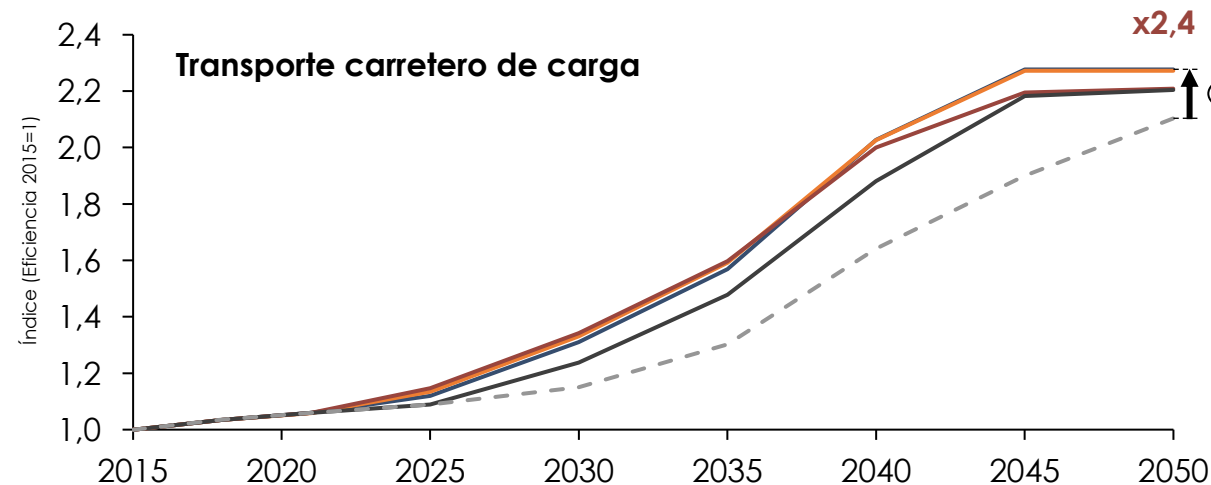


3. ¿Cómo debería ser la transición en la demanda de energía?

Mejoras en la eficiencia energética

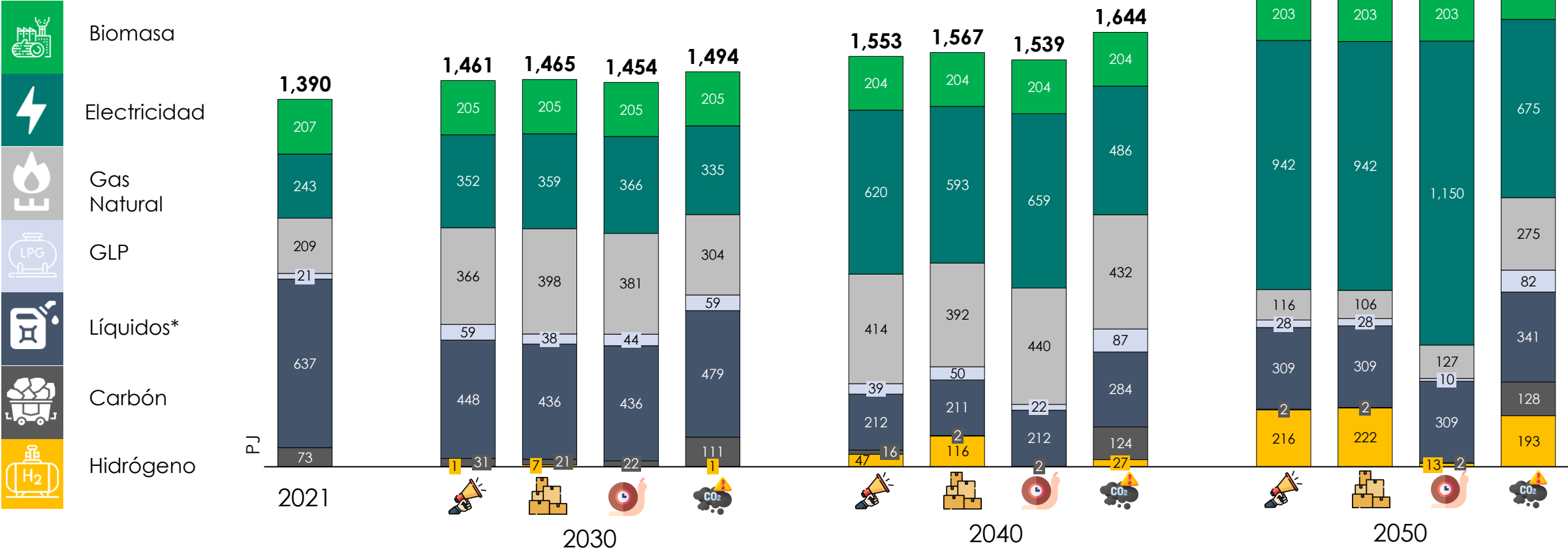


— Políticas Anunciadas — Reservas Altas — Tecnología Lenta — Emisiones Tardías - - Sin restricción emisiones



- Mayor ambición climática induce una mayor ganancia en eficiencia

Demanda final de energía



- La electricidad tiene el mayor peso en la transición energética
- El gas natural y los combustibles líquidos tienen roles fundamentales para facilitar la transición

Demanda transporte

Políticas anunciadas Reservas altas Tecnología lenta Emisiones tardías



- La electrificación de la demanda (BEV y H2) lleva a grandes ganancias en eficiencia energética
- La descarbonización requiere, además, el desarrollo de biocombustibles de 2ª y 3ª generación y sintéticos (bioqueroseno y biodiésel)

*A partir de 2035 uso de biodiesel al 100% y a partir de 2040 de bioqueroseno al 100%

Recomendación 2: Movilidad sostenible



¿Por qué?

- Transporte tiene una contribución creciente de GEI, emisiones locales, inequidad social y accidentalidad
- Con el crecimiento poblacional y del PIB aumenta la movilidad de personas y productos
- Hay tendencia a la motorización



KPIs

- Consumo final en transporte: 560 PJ 2021 - 495 PJ en 2030 - 595 PJ en 2050 (escenario de políticas anunciadas)
- Participación de flota eléctrica: cercano a cero 2022 - 10% en 2030 - 45% en 2050 / participación modal de viajes urbanos y de carga
- Emisiones del sector transporte: 35 Mton CO₂eq en 2021 - 25 Mton CO₂eq en 2030 - 2 Mton CO₂eq en 2050
- Año de prohibición de venta de vehículos fósiles (2035-2040)
- Nivel de subsidio de combustibles fósiles (debe ser cero)



¿Cómo?

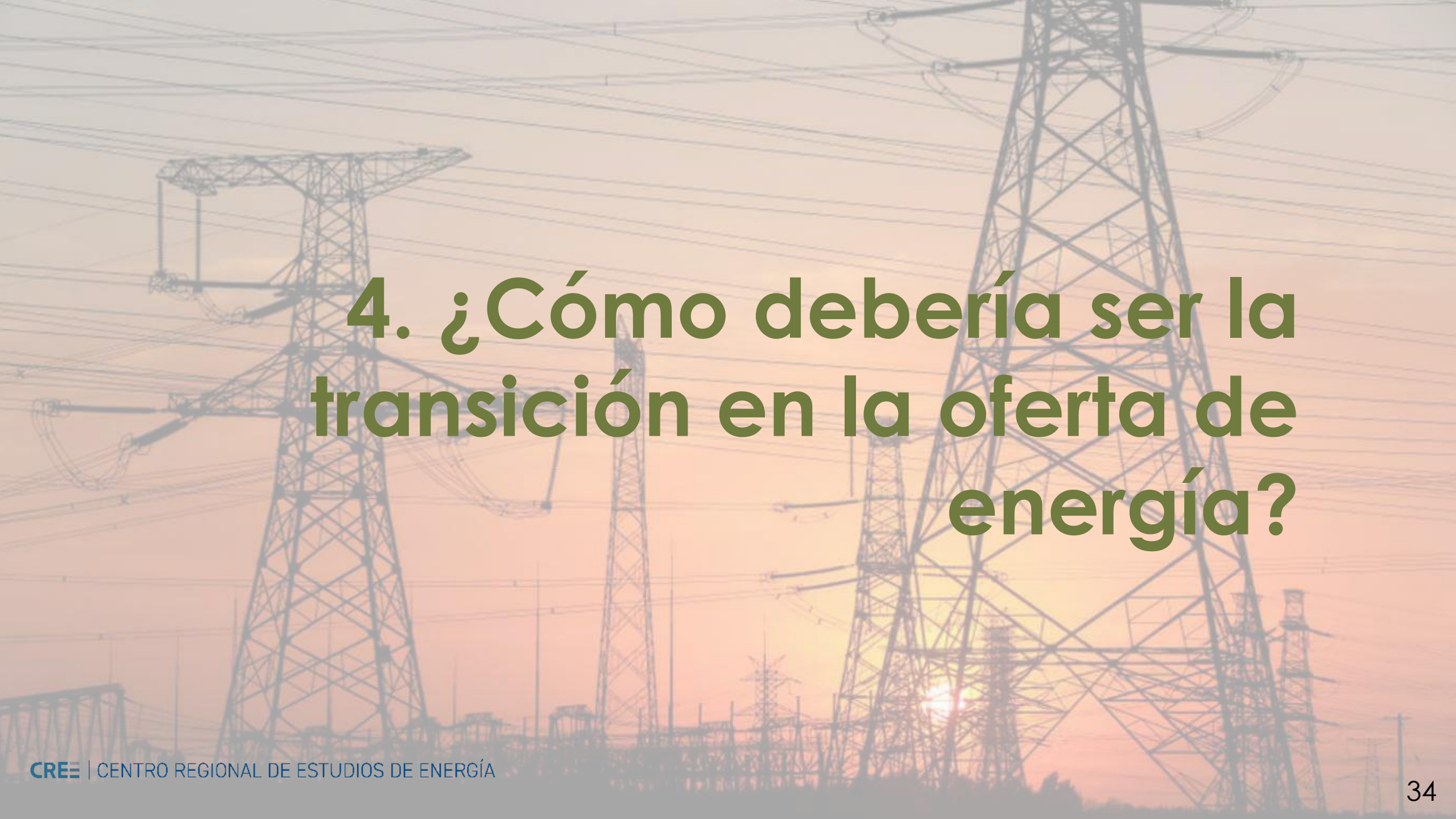


- Eliminar subsidios a combustibles fósiles en corto plazo
- Mejorar, o al menos mantener, la distribución modal de viajes urbanos de personas; planificar uso del suelo para que los viajes sean más cortos y no motorizados
- Modificar los viajes de carga dando mayor participación al transporte ferroviario y fluvial
- Cambiar propulsión de vehículos livianos y buses a eléctrico antes de 2035 e hidrógeno para carga después de 2035 (reto chatarrización)
- Reforzar redes de distribución eléctrica domiciliaria y asegurar carga en periodos de menor demanda - no incrementar el pico nocturno

¿Quiénes?

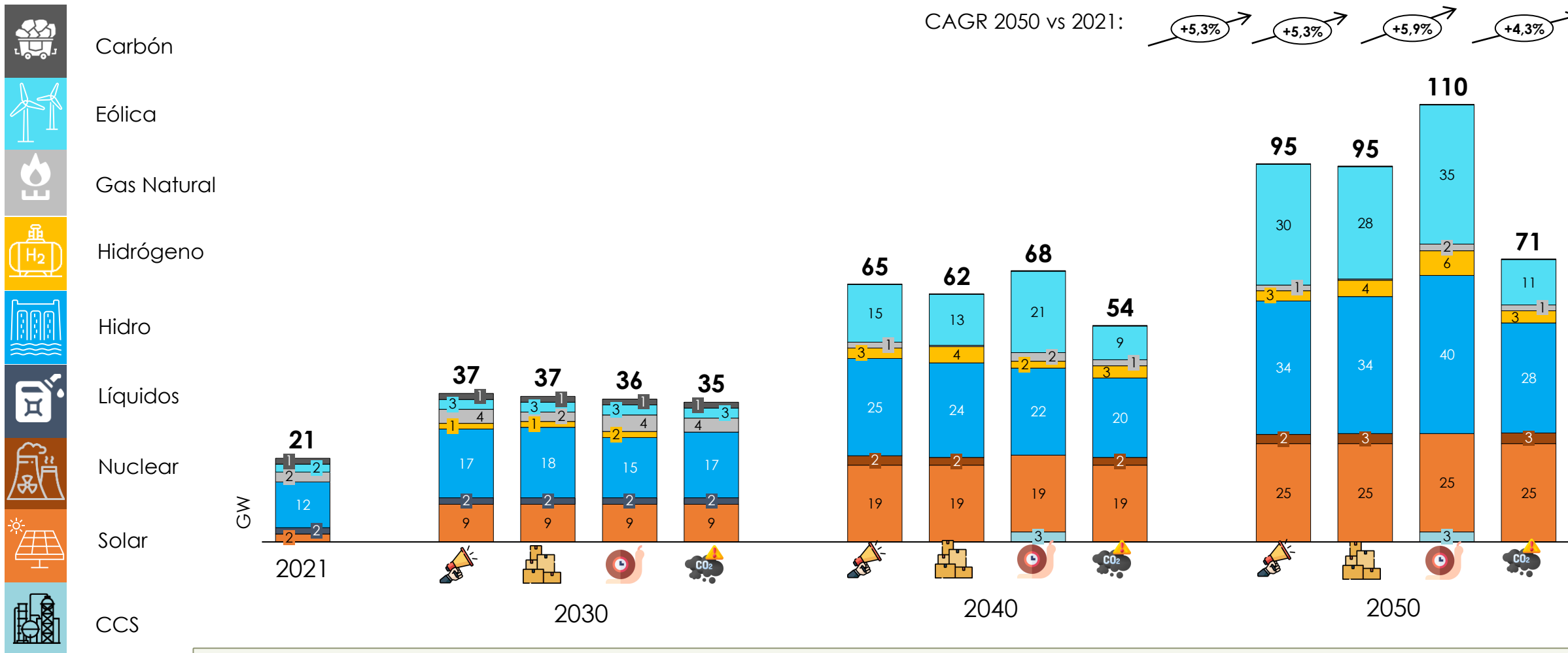


- **Gobierno Nacional/Congreso:** Incentivos a la electrificación / apoyo en inversión flotas de buses eléctricos y trenes urbanos / fomento de planeación compacta y mixta del uso del suelo / límites de fecha para venta de vehículos de combustión (2035) / regulación de precios que favorezca carga fuera del pico / promoción de medición inteligente / programa de chatarrización y cambio tecnológico flotas de carga / inversión en ferrocarril y transporte fluvial
- **Entes territoriales:** inversión prioritaria en modos sostenibles / electrificación de flotas de buses / imposición de restricciones o costos a vehículos fósiles / planificación de uso del suelo
- **Empresas de distribución:** fortalecimiento de redes / medición inteligente



4. ¿Cómo debería ser la transición en la oferta de energía?

Capacidad generación



- La transición energética requiere una capacidad de generación cinco veces mayor y un sistema de transmisión y distribución apropiado

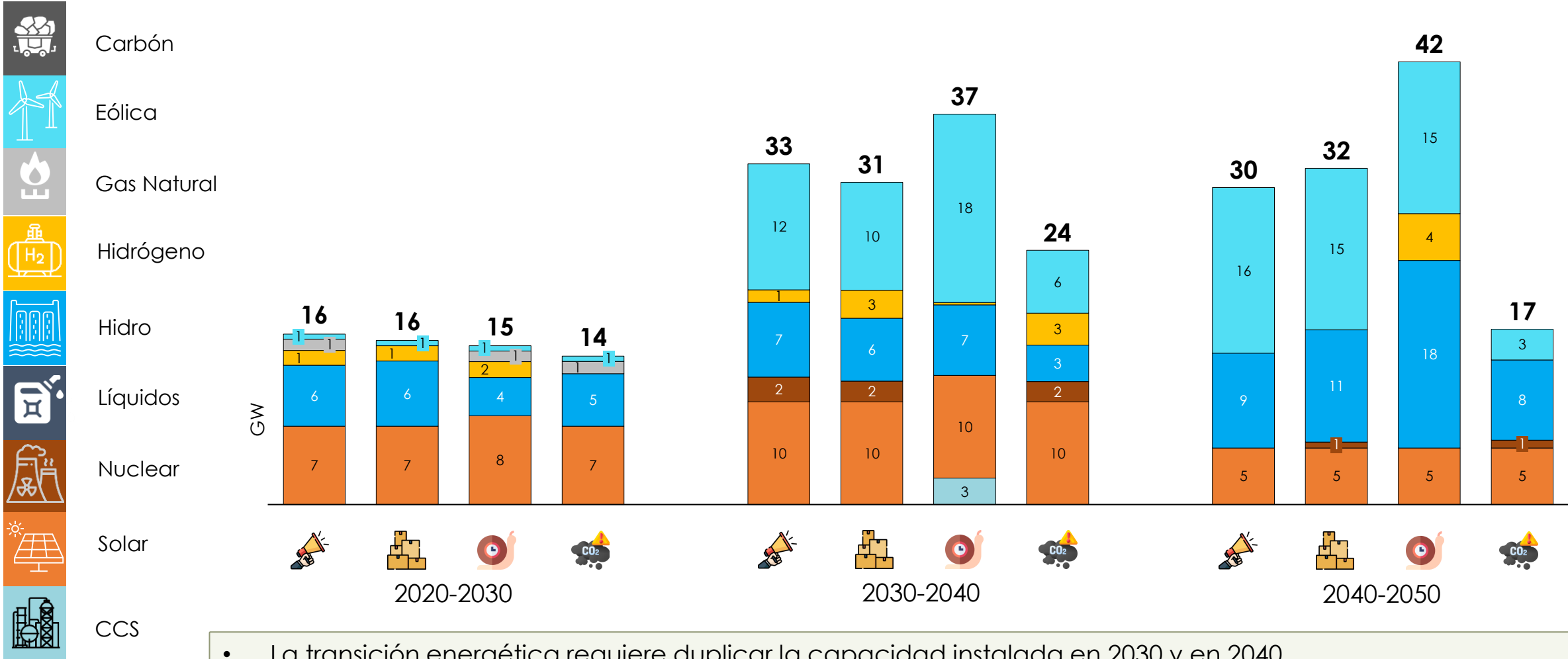
Adición capacidad decenal*


Políticas
anunciadas


Reservas
altas


Tecnología
lenta


Emisiones
tardías



- La transición energética requiere duplicar la capacidad instalada en 2030 y en 2040
- Desde la siguiente década no se instalará nueva capacidad con combustibles fósiles sin CCS

*Los números reflejan la suma de capacidad adicional requerida en cada década

Área potencial solar y eólica

Variable	Solar	Eólica
Capacidad instalada [GW]	25	30
Área directa promedio [hectárea/MW]	2,7*	0,3**
Área total promedio [hectárea/MW]	3,3*	34,5**
Área directa [km ²]	663 	90 
Área total [km ²]	819 	10.350 

*Fuente: NREL(2013) <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56290.pdf>

**Fuente: NREL(2009) <https://www.nrel.gov/docs/fy09osti/45834.pdf>



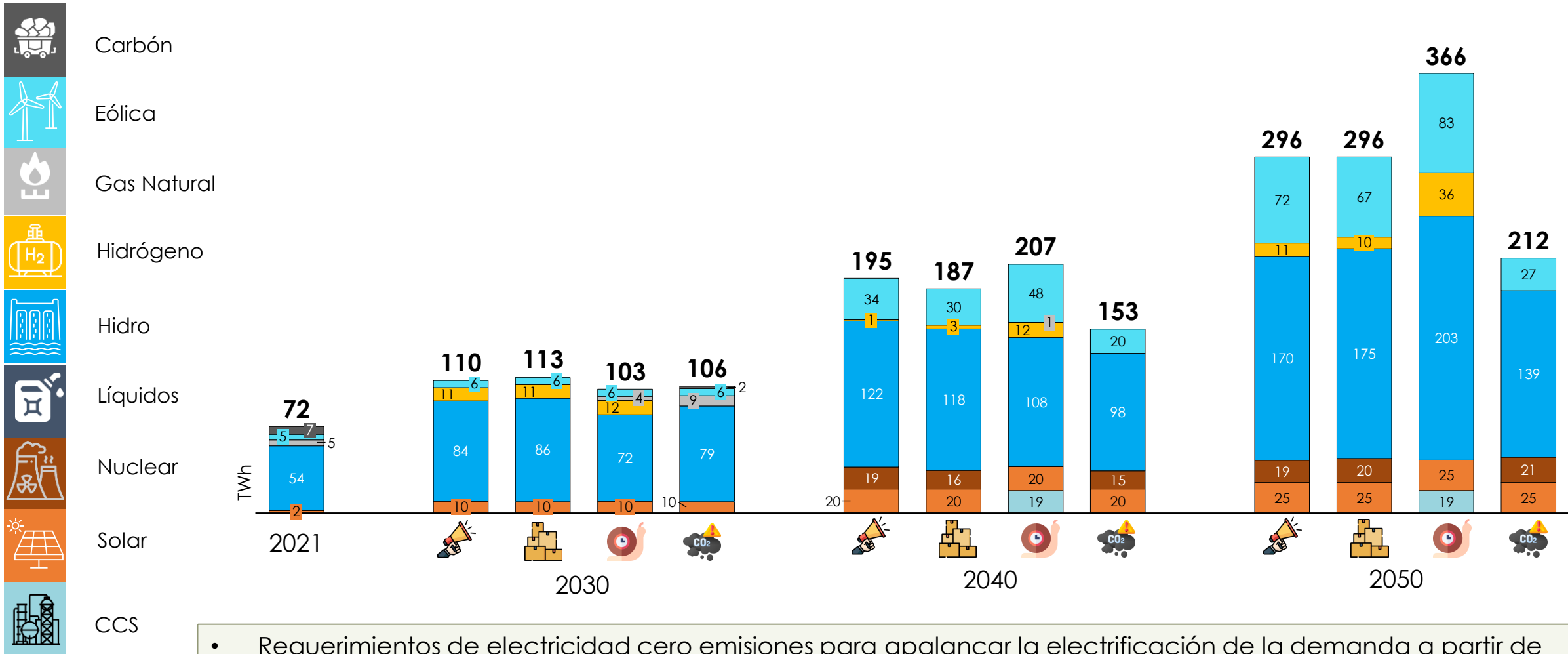
Generación eléctrica


Políticas
anunciadas


Reservas
altas

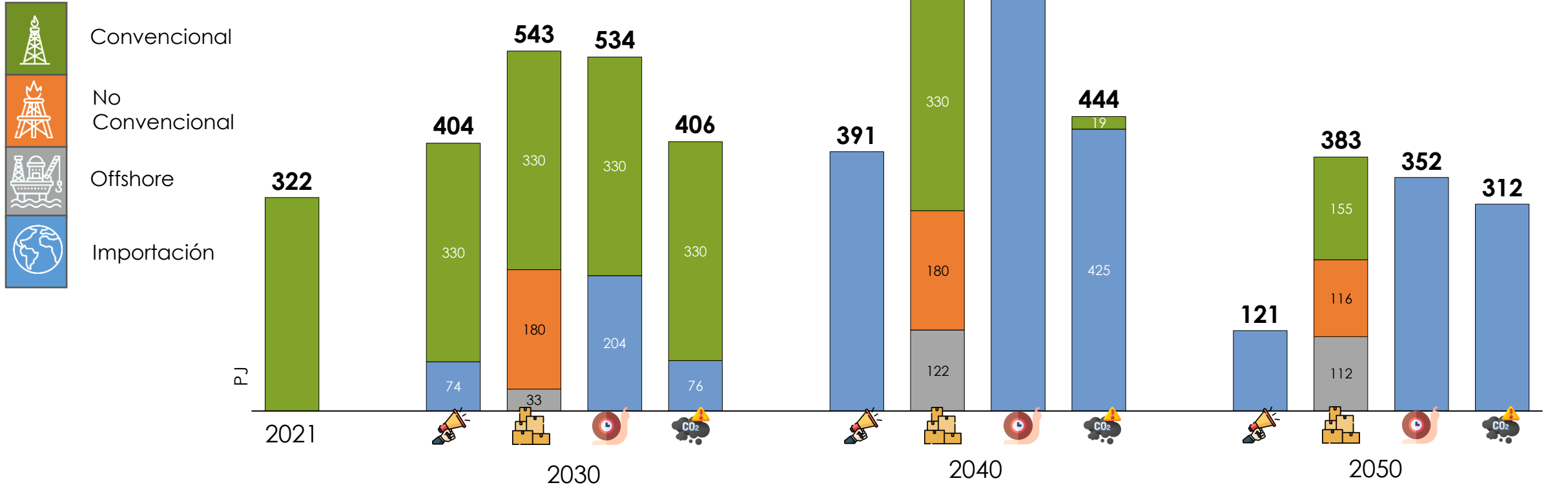

Tecnología
lenta


Emisiones
tardías



- Requerimientos de electricidad cero emisiones para apalancar la electrificación de la demanda a partir de 2030

Oferta gas



- La transición energética requiere de gas natural hasta el 2050
- Si renunciamos a la incorporación de gas no convencional y offshore, debemos garantizar la infraestructura que nos garantice el acceso a las importaciones



3. ¿Cómo debería ser la transición en la oferta de energía?



Multiplicando por cinco la capacidad de generación eléctrica de bajas emisiones, desarrollando su infraestructura y requerimiento de operación, y asegurando el rol del gas como combustible de transición



5. ¿Qué desarrollos tecnológicos debemos hacer para la transición?

Oferta hidrógeno



Políticas
anunciadas



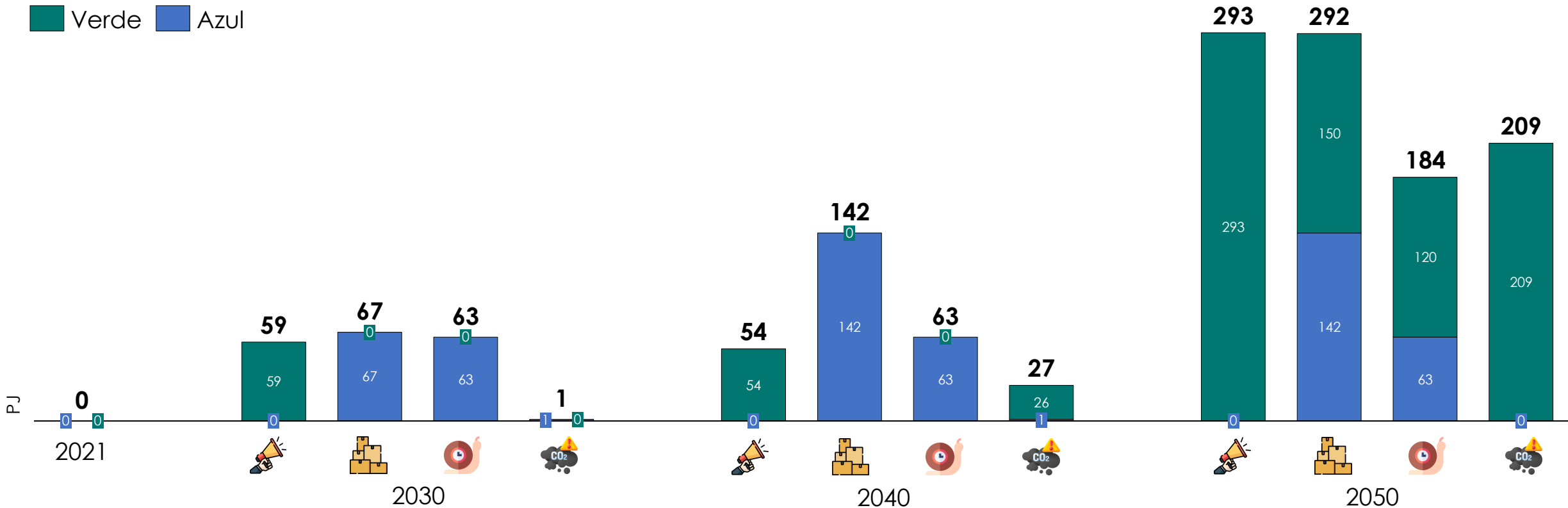
Reservas
altas



Tecnología
lenta

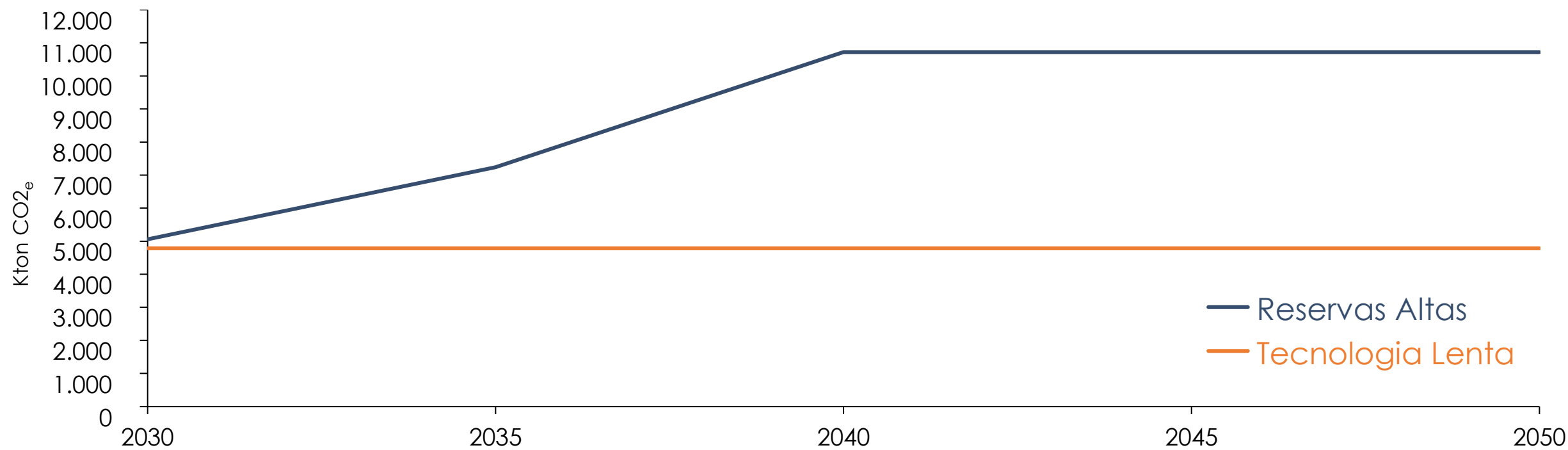


Emisiones
tardías



- Competitividad del hidrógeno verde está condicionada por reservas de gas y su propia evolución tecnológica
- Caso crítico “tecnología lenta” el H2 se produce con gas importado

Captura CO₂



- Los costos del CCS le hacen viable solo en los escenarios de Reservas Altas y Tecnología Lenta. En los demás escenarios no es costo efectivo.
- Potencial de almacenamiento es de 247 millones de toneladas (entre 2020-2050)*

Bioquerosene - SAF



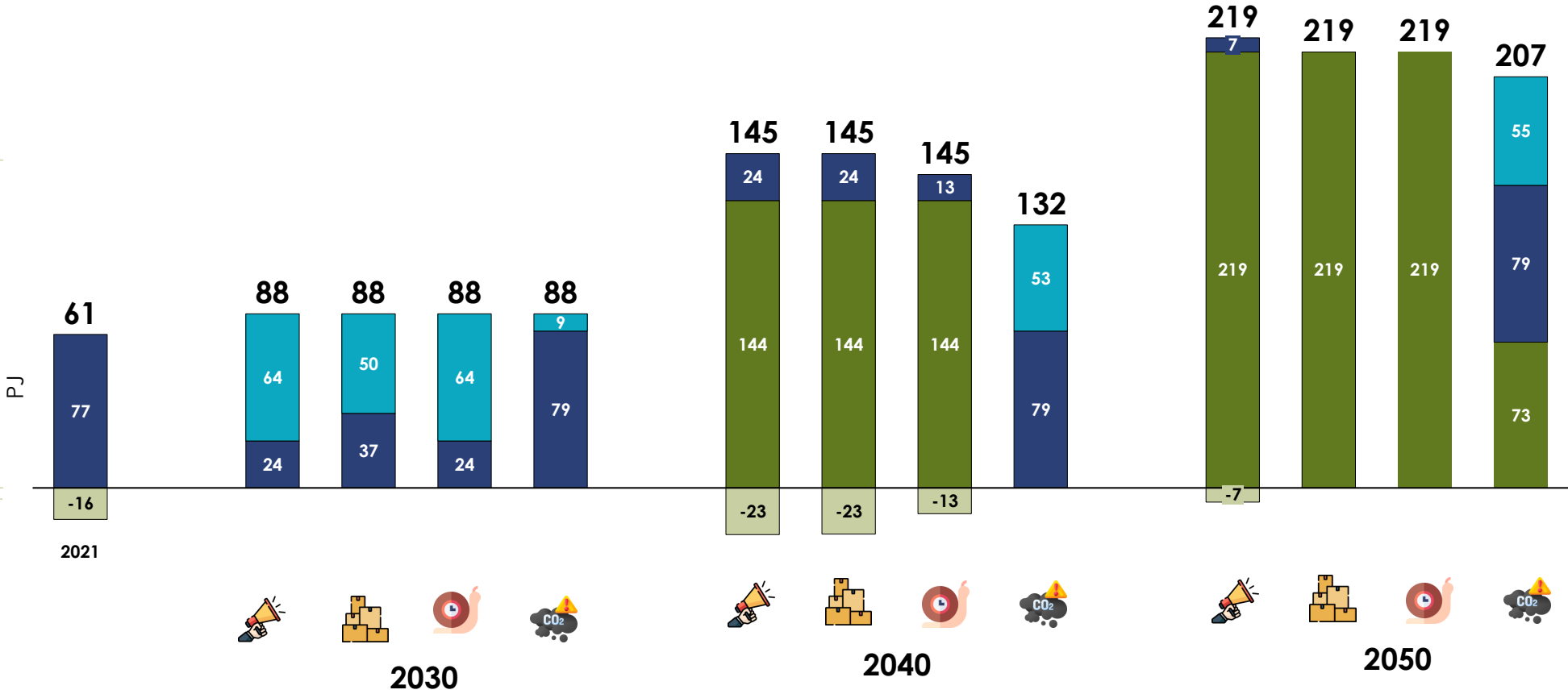
Importación querosene

Querosene

Bioquerosene

Exportación querosene

Producción Nal + importaciones



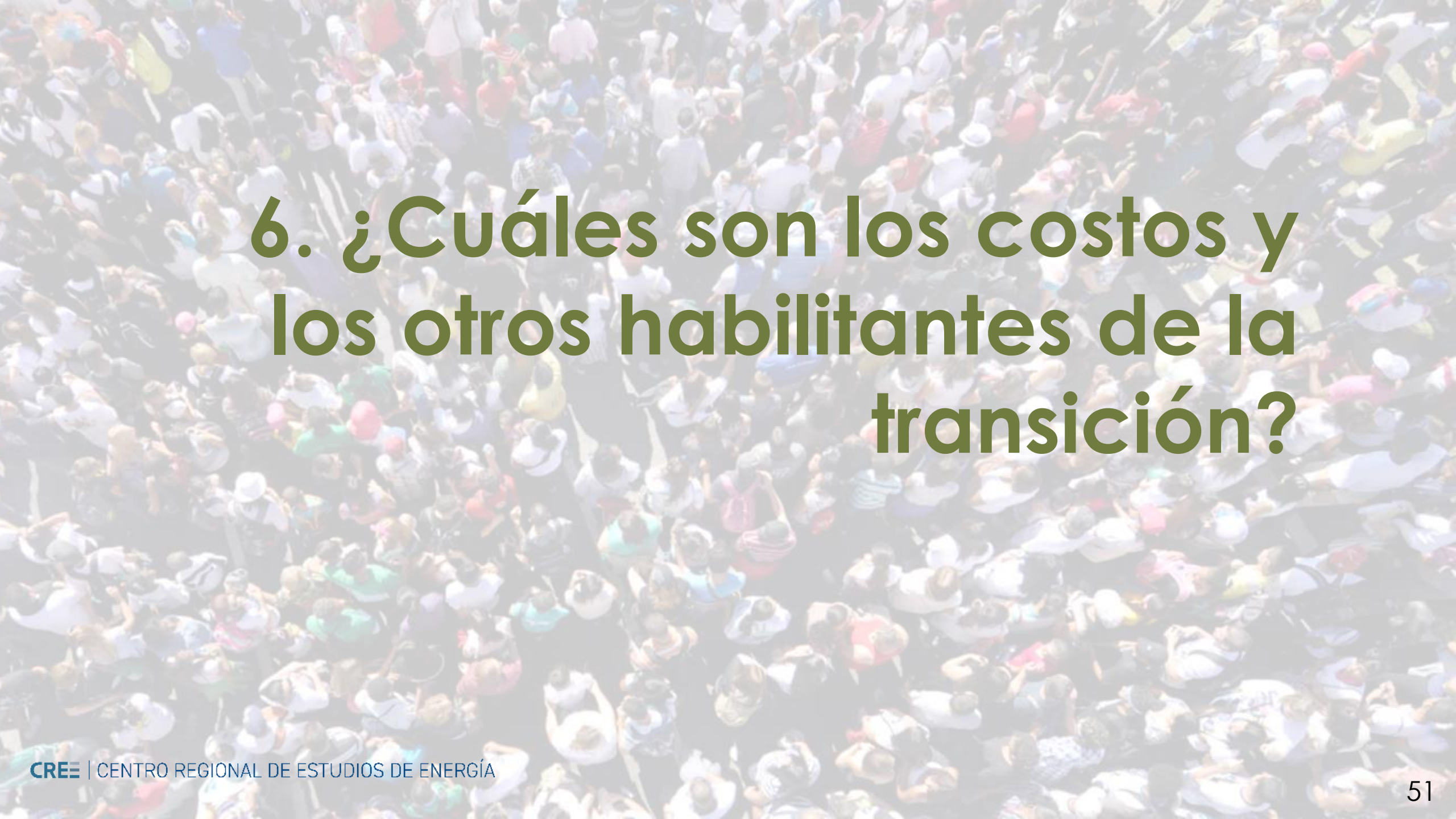
- La demanda de combustibles para aviación es creciente y su descarbonización pasa por el uso de bioquerosene
- La bioenergía es una oportunidad de generar valor a partir de biomásas con fines energéticos que tienen la capacidad de reducir emisiones netas dependiendo de las fuentes y su proceso



4. ¿Qué desarrollos tecnológicos debemos hacer para la transición?

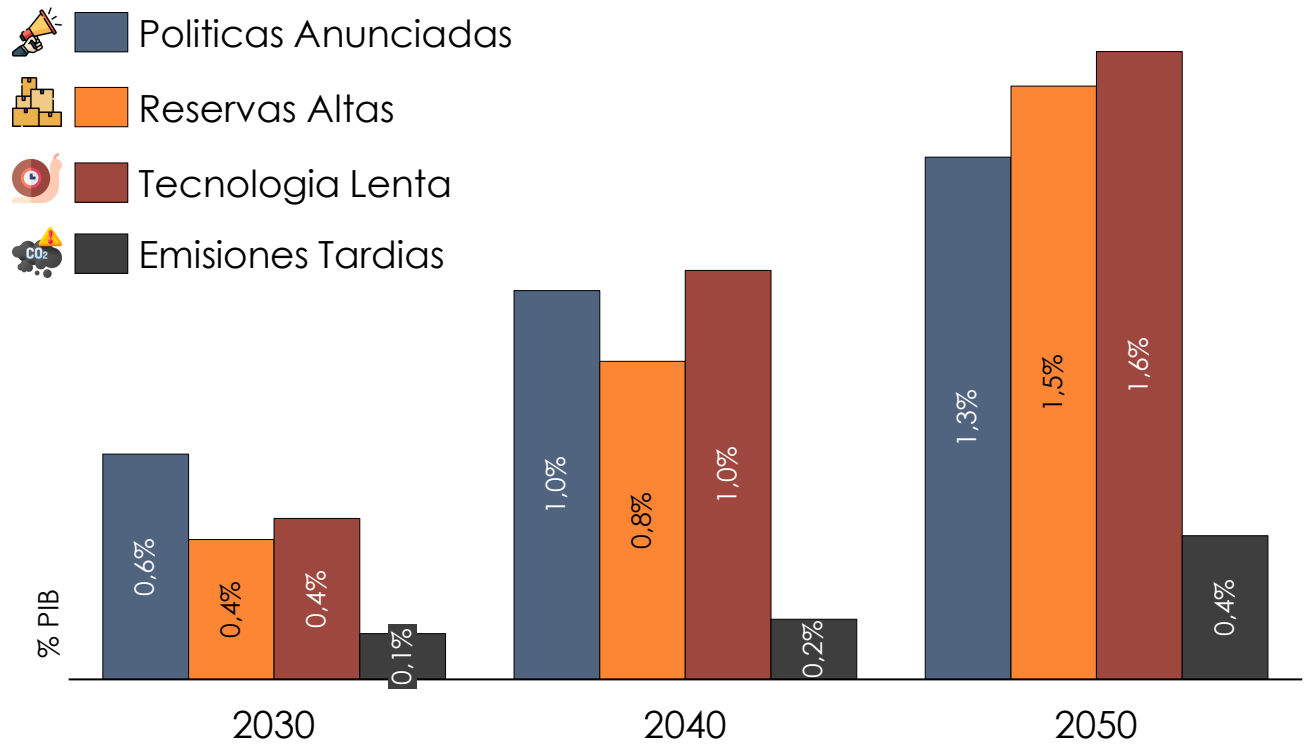


Debemos ser capaces de desarrollar el hidrógeno, el CCS y la bioenergía sostenible en la escala y los costos requeridos para atender la demanda de energía de bajas emisiones

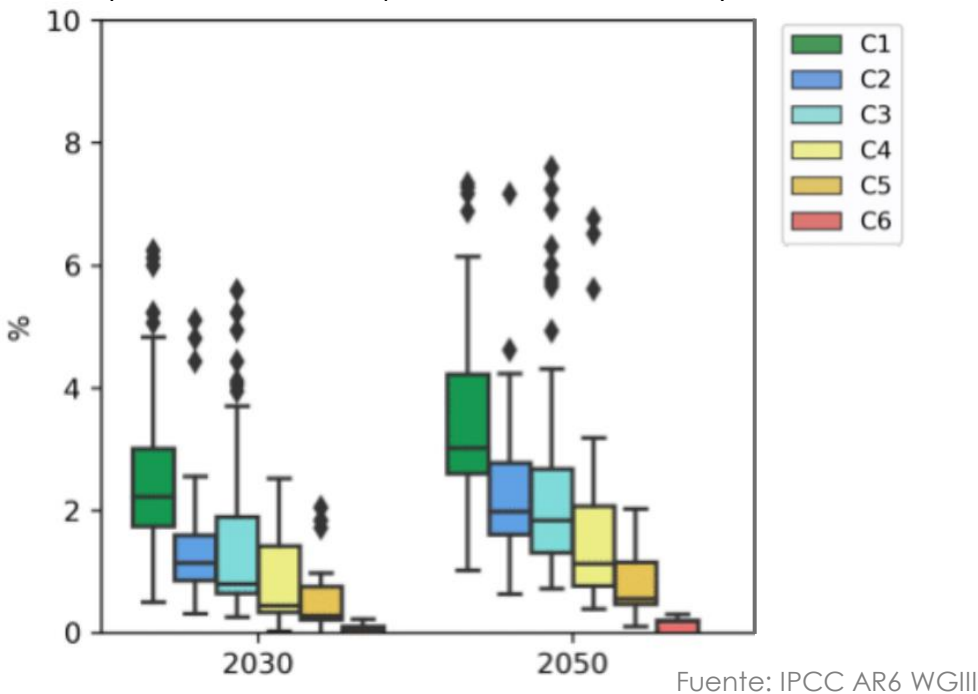


6. ¿Cuáles son los costos y los otros habilitantes de la transición?

Costos anuales de mitigación(%PIB)



Referencia IPCC de costos globales % PIB
(sin contar daños por cambio climático)



- Los costos anuales de mitigación corresponden en cada caso a la diferencia entre el escenario con y sin restricción de emisiones.
- El costo anual de mitigación al 2050 es de alrededor del 1,3% del PIB al 2050 y está en el mismo orden de magnitud de referencias internacionales

Costos marginales de mitigación (promedio)



Pol.
anunciadas



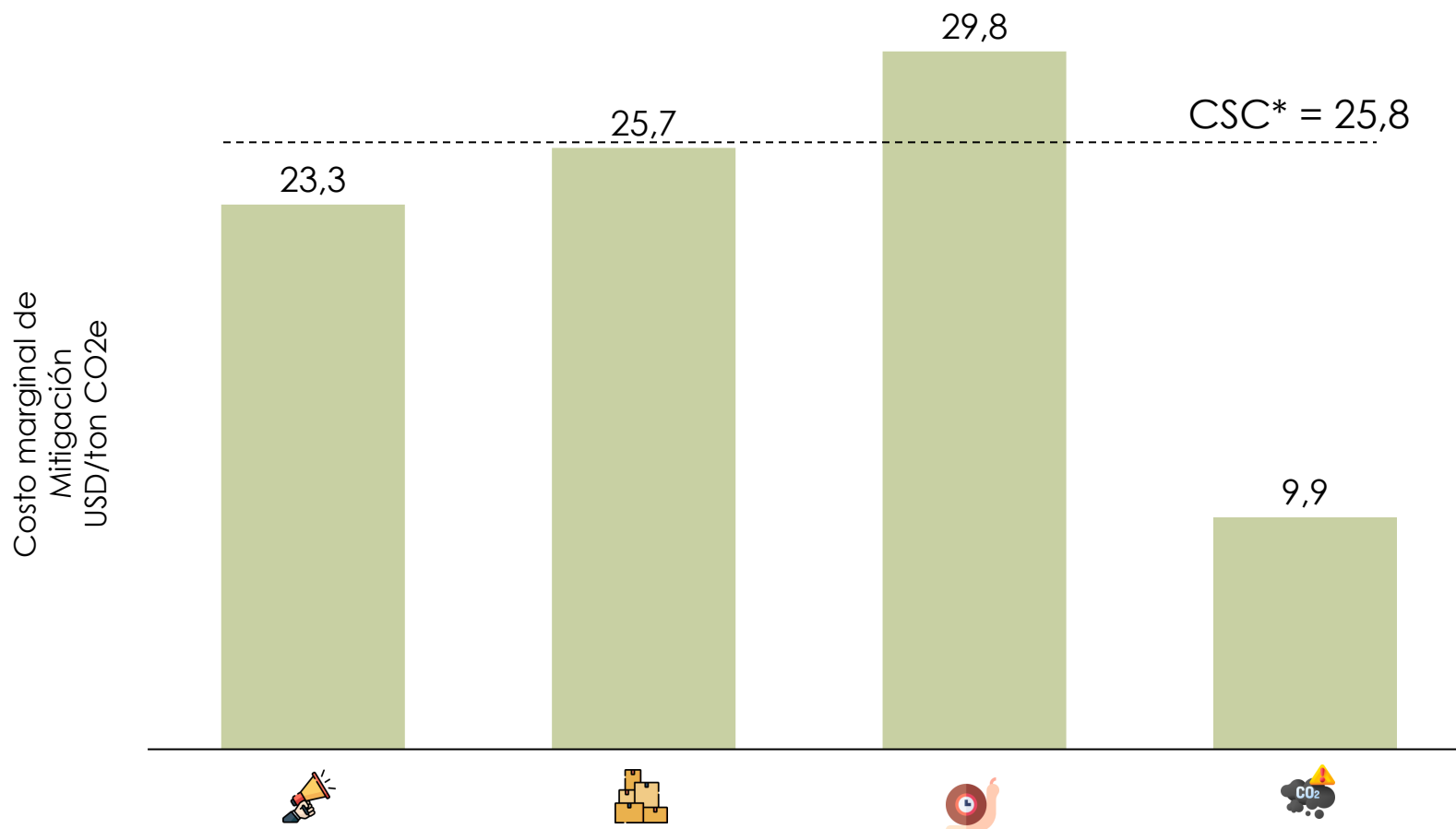
Reservas
altas



Tecnología
lenta



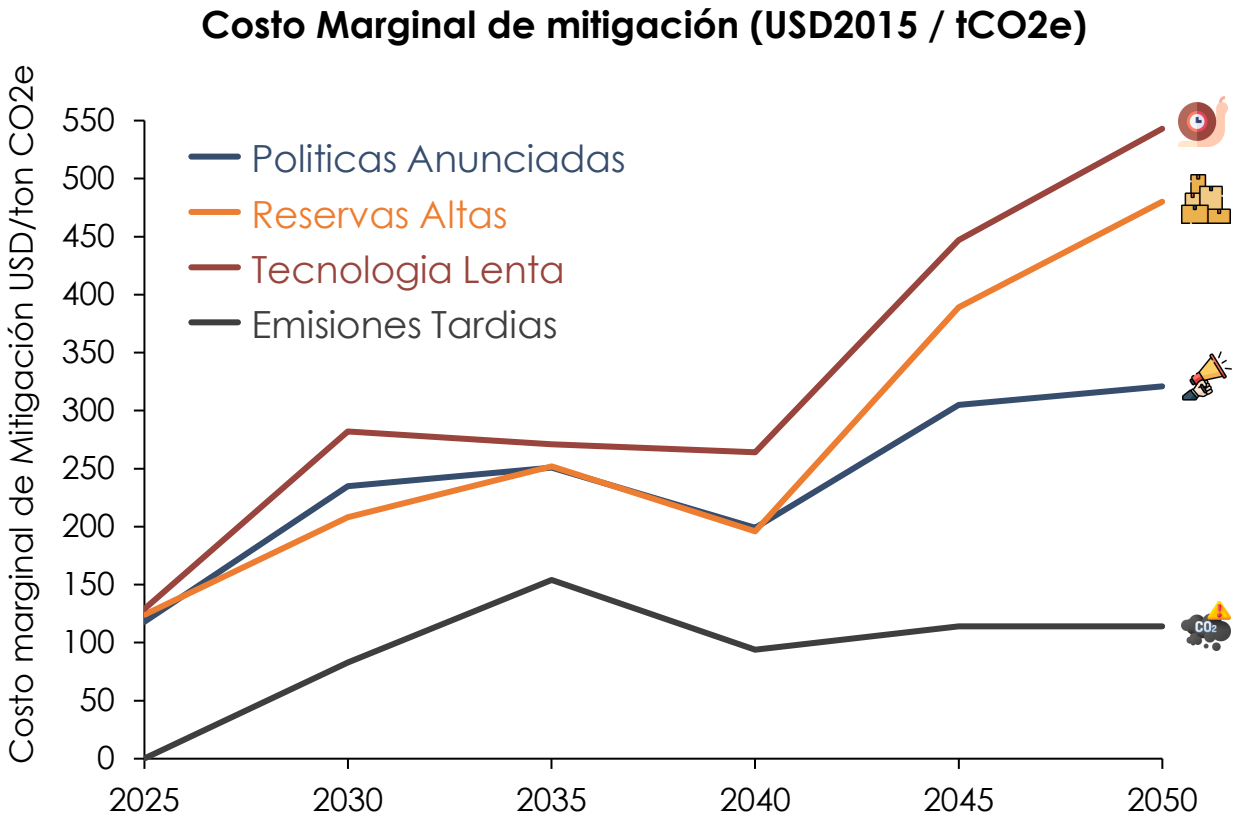
Emisiones
tardías



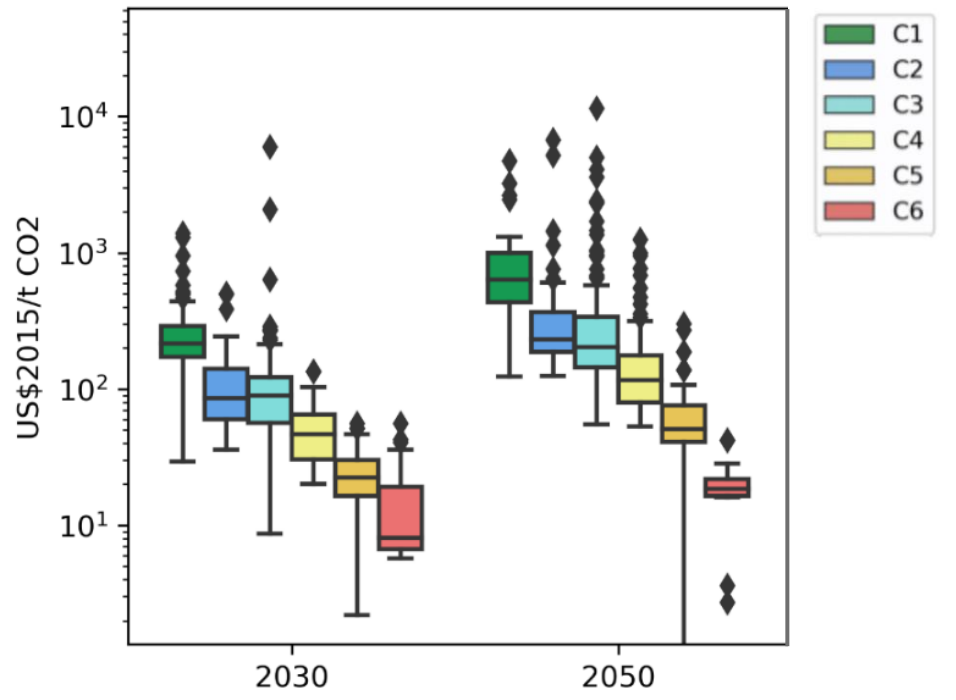
- Es el costo de mitigar la última tonelada de carbono
- El Costo Social del Carbono (CSC) es el costo del daño causado por la última tonelada de carbono emitida
- La diferencia muestra el incentivo a reducir el daño
- Colombia debe calcular su propio CSC

*Costo Social del Carbono. Fuente: Metaanálisis de CEPAL (2019)

Costos marginales de mitigación (precio sombra)



Referencia IPCC de costos marginales de mitigación



Fuente: IPCC AR6 WGIII

• Para cumplir la restricción de emisiones, el precio al carbono debería ser igual al costo marginal de mitigación

An aerial photograph of a dense, green forest. A narrow, light-colored road or path winds through the trees, starting from the upper left and curving towards the lower right. The trees are mostly coniferous, with a mix of dark green and lighter green foliage. The overall scene is peaceful and natural.

Hoja de Ruta hacia la carbónico neutralidad en 2050



10 cosas que requiere la carbano neutralidad en 2050

1. Multiplicar cinco veces nuestra capacidad de producir energía de bajas emisiones
 2. Asegurar la disponibilidad del gas para la transición
 3. Asegurar la adopción oportuna y a gran escala de las tecnologías bajas en carbono
 4. Asegurar el pleno financiamiento de las nuevas inversiones
 5. Construir relaciones de confianza entre comunidades, gobierno y empresas para sacar adelante los proyectos con oportunidad
 6. Ponerle un precio al carbono consistente con las metas de mitigación y eliminar los subsidios a los fósiles
 7. Asegurar la cobertura plena y asequible de energía
 8. Asegurar la transición productiva de los grupos vulnerables que pierden con la transición energética
 9. Acompasar la transición energética y la transición fiscal
 10. Incrementar el conocimiento y las capacidades de investigación e innovación nacionales
-
- +1 Mantener un diálogo amplio realista e incluyente sobre metas, acciones y distribución de los costos de la carbono-neutralidad

GRACIAS

www.crenergia.org



CREE