Programa Universitario de Estudios del Desarrollo
UNAM

La transición energética mundial
Opciones de inserción para el desarrollo nacional

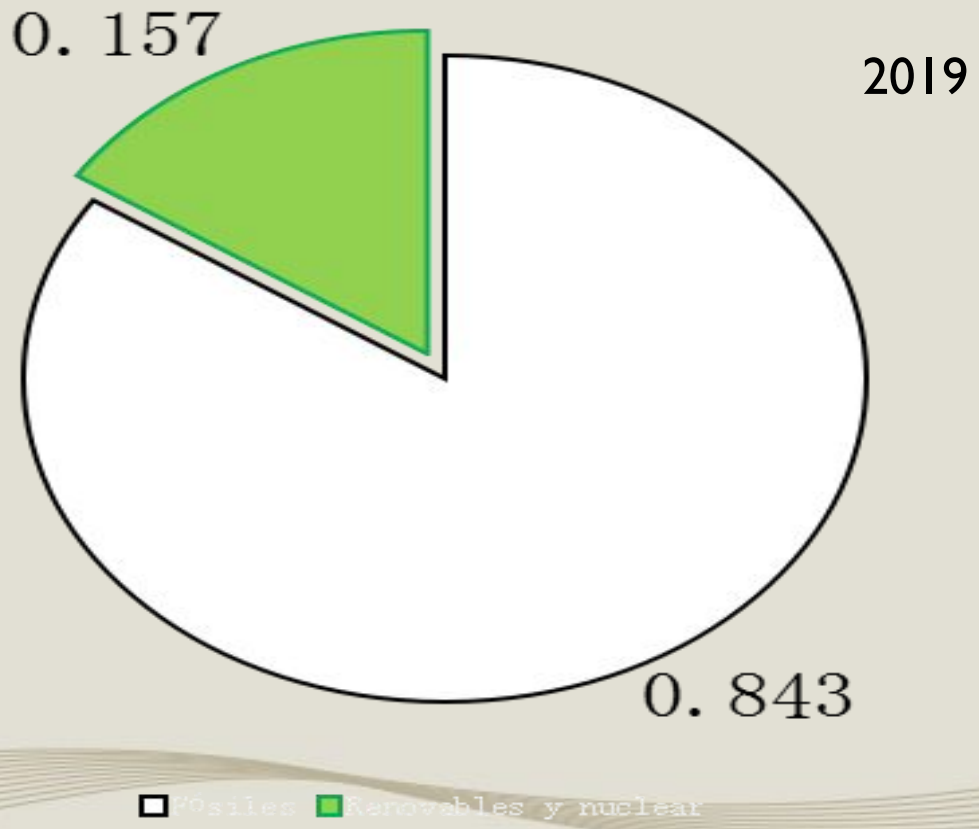
Ramón Carlos Torres Flores

Una estrategia nacional en materia de energía
Reunión-diálogo virtual del Centro Tepoztlán
Julio 31 de 2021

1. **El sistema mundial de energía fósil es disfuncional**
   ① Amenaza la vida planetaria
   ② Agotamiento físico y económico de las reservas
   ③ Asimetría inadmisible de beneficios y costos
2. **La transición energética es estructural: rutas abiertas**
   ① Fuentes renovables de energía
   ② Eficiencia energética
   ③ Uso racional de los recursos fósiles
3. **El nuevo paradigma mundial en construcción**
   ① El objetivo es conciliar sustentabilidad, seguridad e igualdad
   ② Escenario mundial a 2050
   ③ El desafío: gobernanza democrática global
4. **Opciones de inserción**

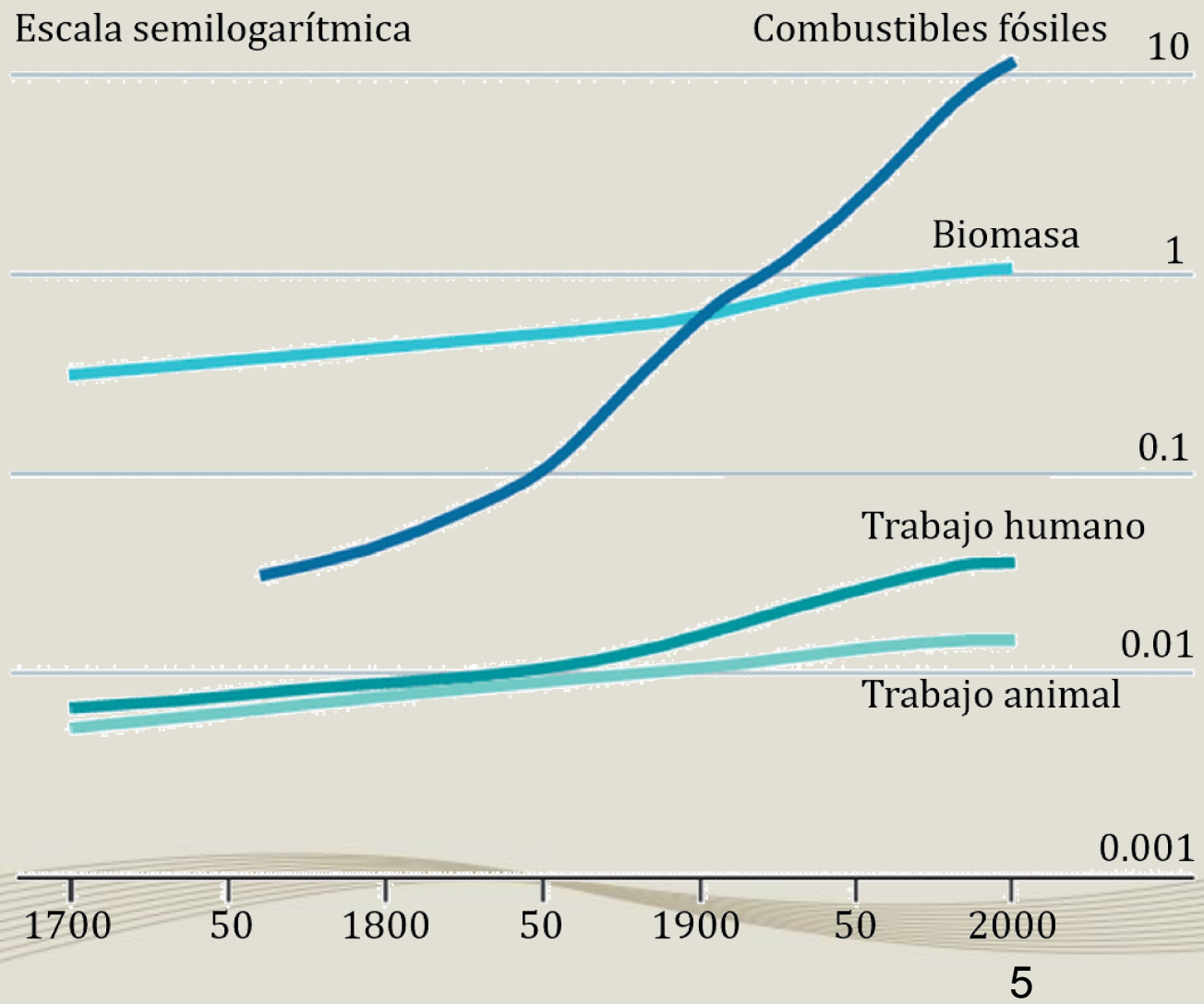
1. **El sistema mundial de energía fósil es disfuncional**
   ① Amenaza la vida planetaria
   ② Agotamiento físico y económico de las reservas
   ③ Asimetría inadmisible de beneficios y costos
2. **La transición energética es estructural: rutas abiertas**
   ① Fuentes renovables de energía
   ② Eficiencia energética
   ③ Uso racional de los recursos fósiles
3. **El nuevo paradigma mundial en construcción**
   ① EL objetivo es conciliar sustentabilidad, seguridad e igualdad
   ② Escenario mundial a 2050
   ③ El desafío: gobernanza democrática global
4. **Opciones de inserción**

El sistema energético se finca en recursos fósiles (producción mundial de energía)



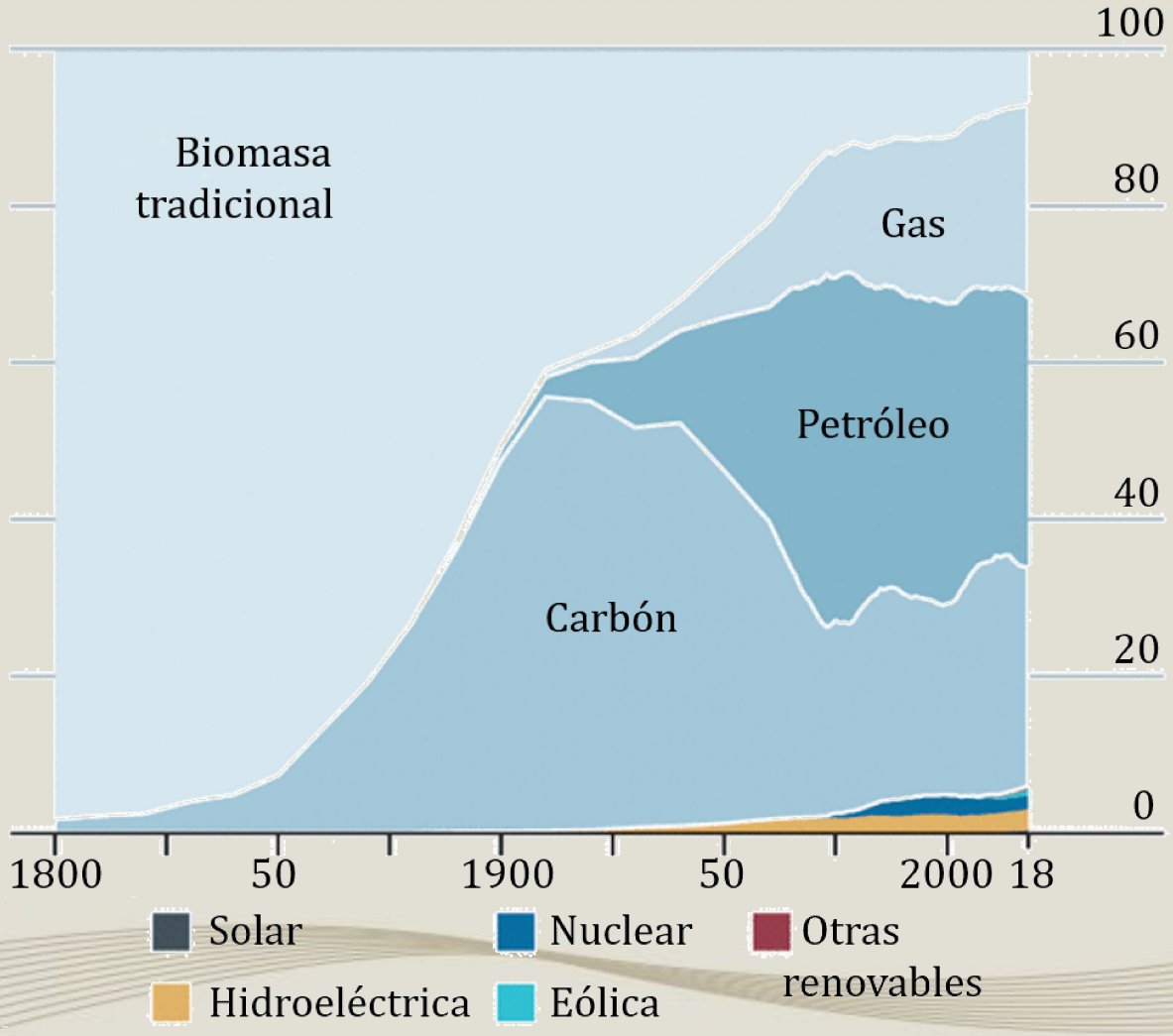
Fuente: BP

Consumo global de energía, por fuente, TW (escala semilogarítmica)



Fuente: Vaclav Smil; BP Statistical Review of World Energy; BloombergNEF.

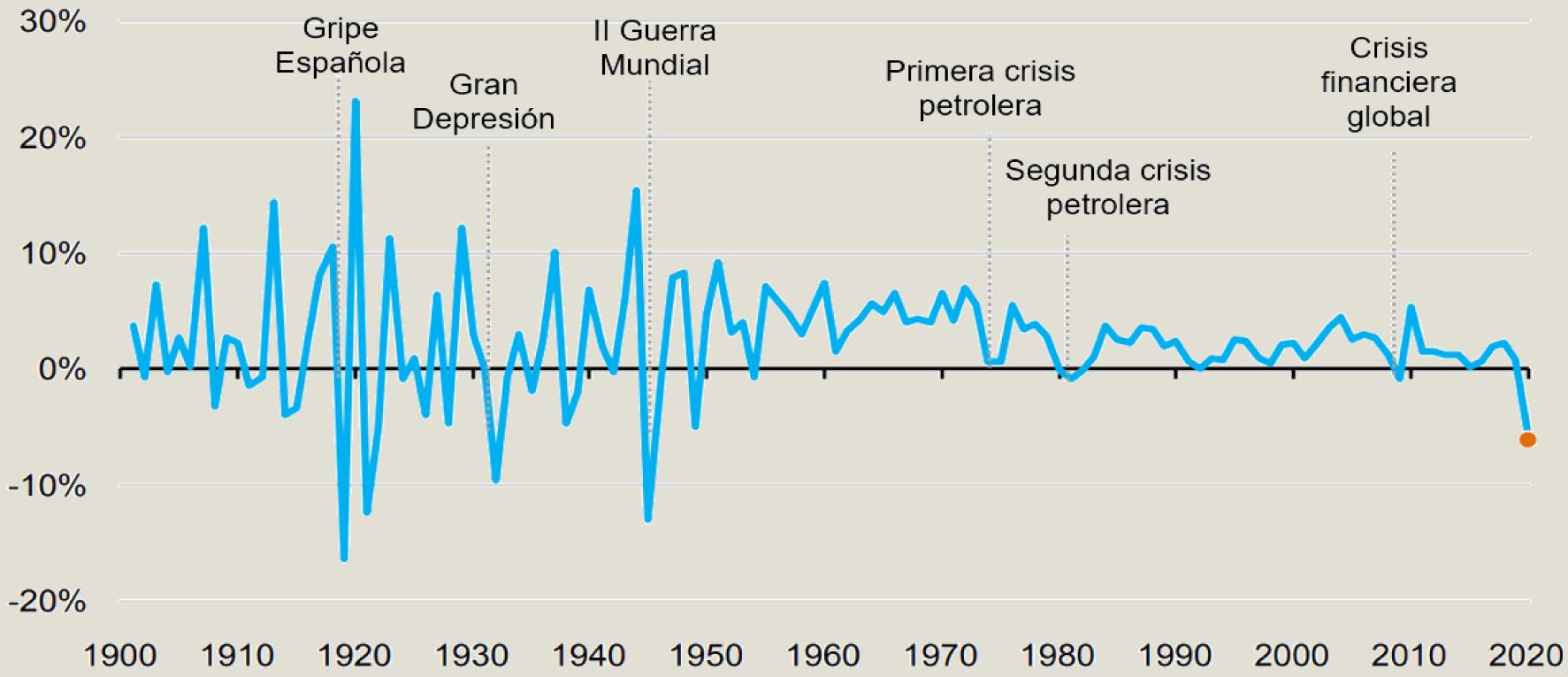
Consumo global de energía, por fuente (% del total)



Fuente: Vaclav Smil; BP Statistical Review of World Energy; BloombergNEF.

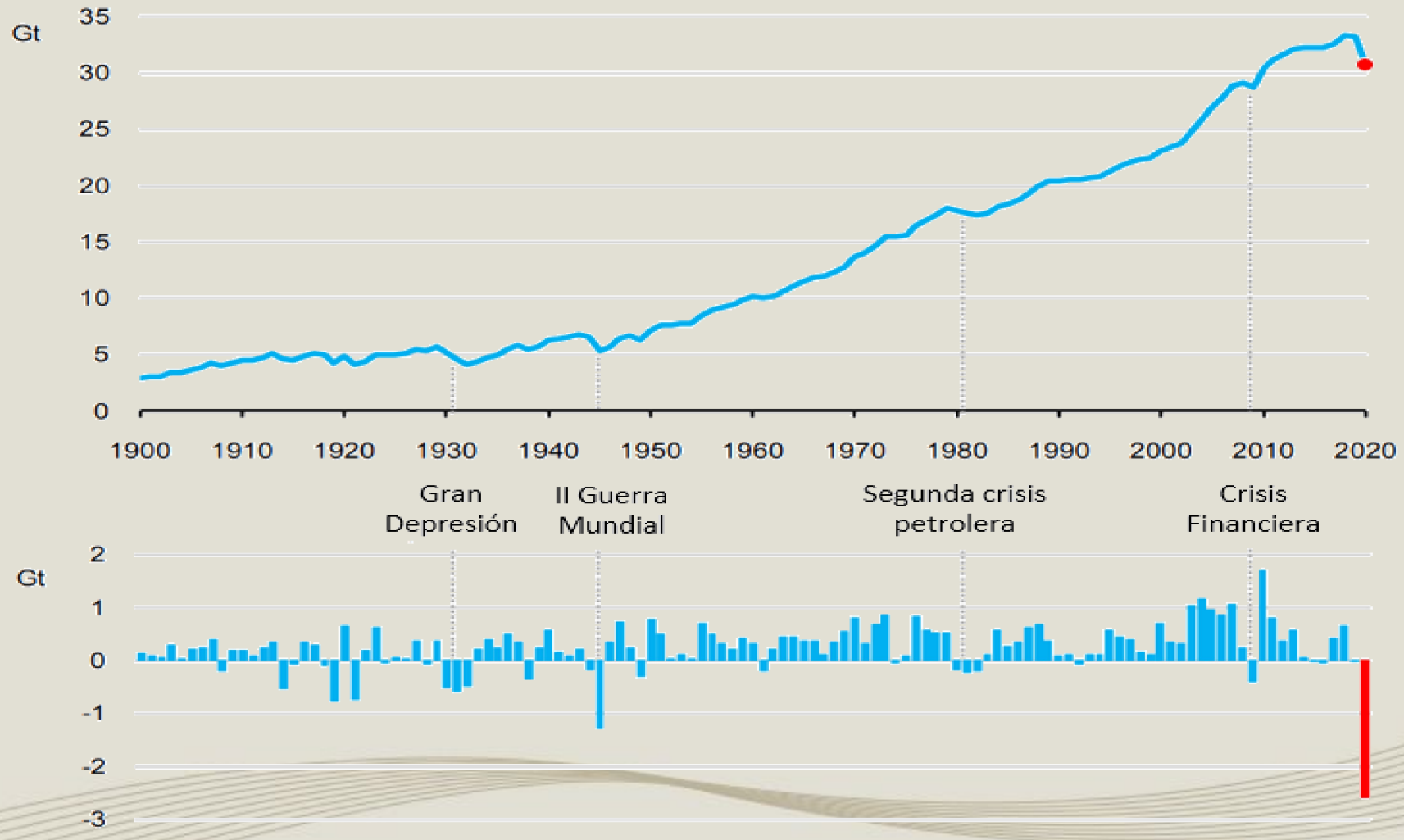
6

Demanda mundial de energía
Tasa anual de crecimiento %
(2020: -6%)



Fuente: International Energy Agency (IEA)

Emisiones de CO_{2e} sector energía
Anual e incremento



Fuente: International Energy Agency (IEA)

8

Finitud física

- El 40% de los gases de CO_{2e} acumulados en la atmósfera fueron emitidos en los últimos 50 años. El restante 60% fue emitido durante los anteriores 10,000 años
- Extraer todas las reservas de recursos fósiles liberaría a la atmósfera GEI en una cifra del orden de 3 mil Gt de CO_2. El volumen de esas emisiones impediría alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. Estos únicamente se podrían alcanzar con un tercio de extracción de reservas
- El volumen de reservas en el subsuelo equivale a menos de 50 años de extracción de petróleo, más de 50 de gas y 80 de carbón

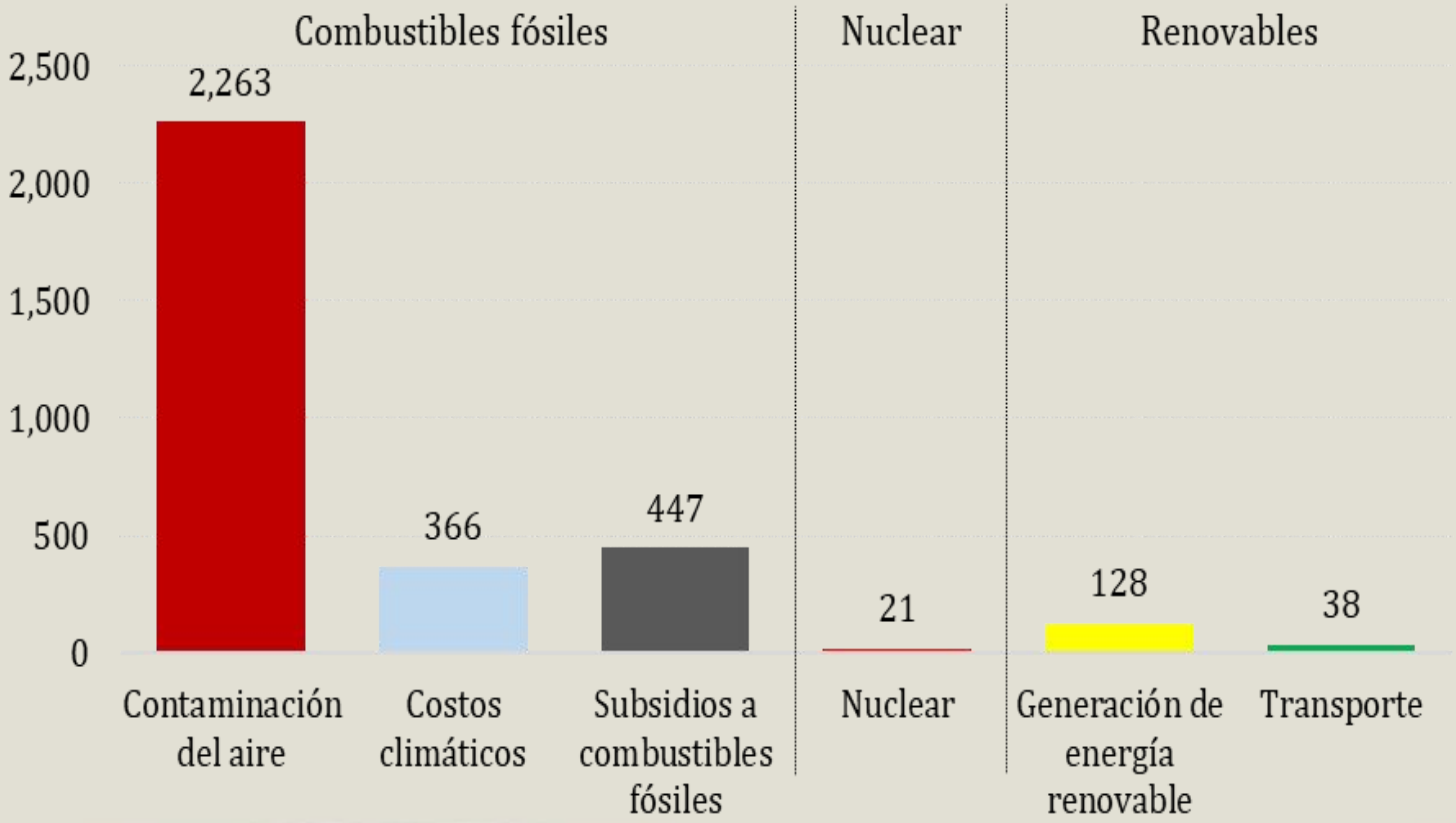
Finitud económica

- La factibilidad de extraer las reservas está limitada por la diferencia entre precios y costos de extracción y exploración
- En el caso del petróleo, el 50% de las reservas se concentra en cinco países que registran costos de extracción inferiores a 15 dólares por barril. A ese precio la factibilidad de explotar las reservas mundiales se limitaría a menos de tres décadas
- Las grandes empresas petroleras privadas registran costos de extracción más elevados. La realización de sus carteras de inversión requiere precios más elevados, además de que su exposición por riesgos ambientales es muy elevada
- Otra limitante de factibilidad de explotación son los elevados subsidios que se otorgan a los recursos fósiles y las significativas externalidades que generan

Otro ejemplo: Factibilidad de la cartera de Inversiones petroleras demanda precios altos

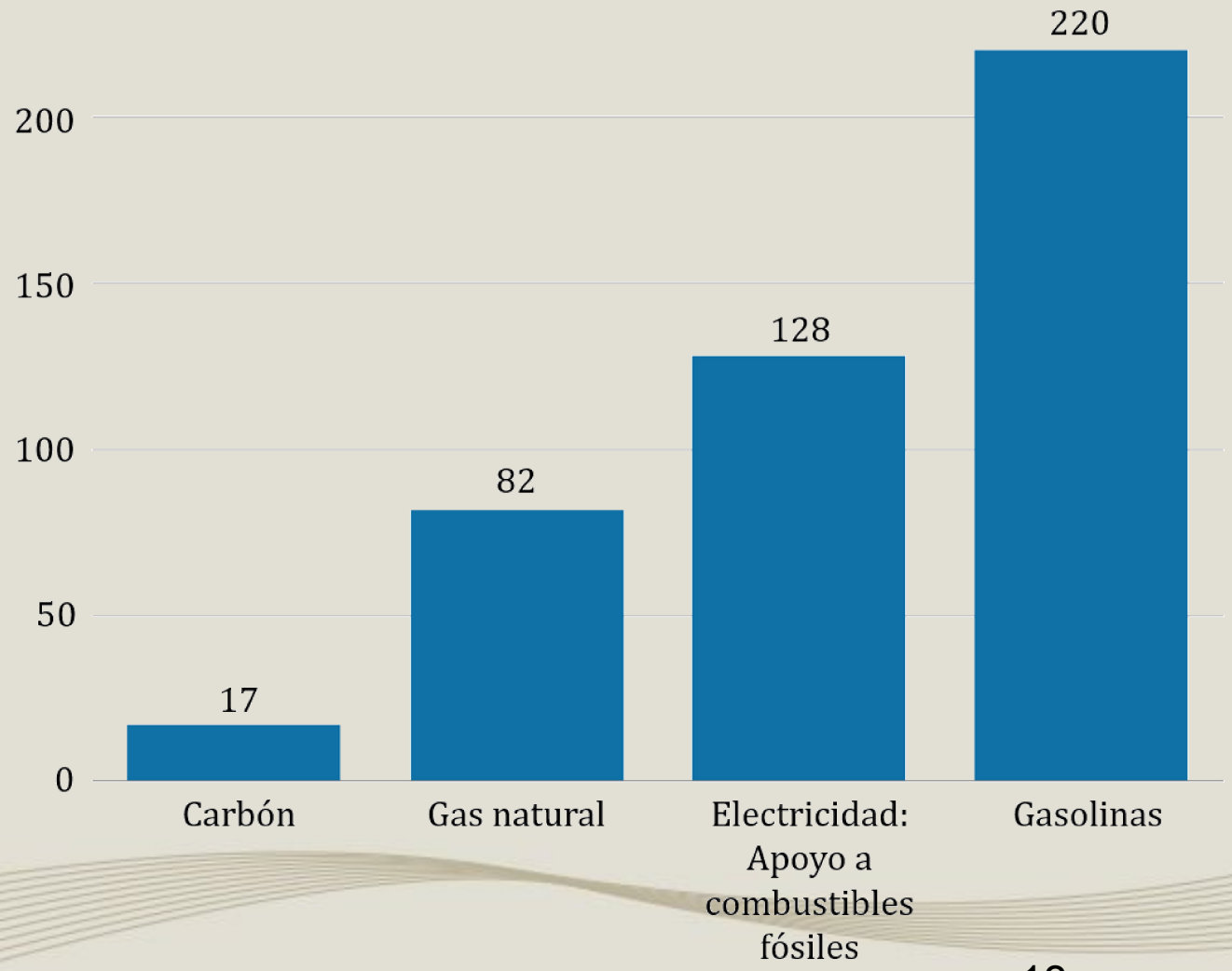
Empresas	Portafolio de Inversiones (% de proyectos incompatibles con un incremento de 1.6°C)	Precio del petróleo ($US/b)
Eni	40%-50%	$60/barril
BP	50%-60%	$60/barril
Repsol	40%-50%	$68/barril
Shell	60%-70%	$60/barril
Total	50%-60%	$73/barril
Chevron	60%-70%	No revelado
Equinor	80%-90%	$82/barril
ConocoPhilips	70%-80%	No revelado
ExxonMobil	80%-90%	No revelado

Subsidios y externalidades (billones de dólares)



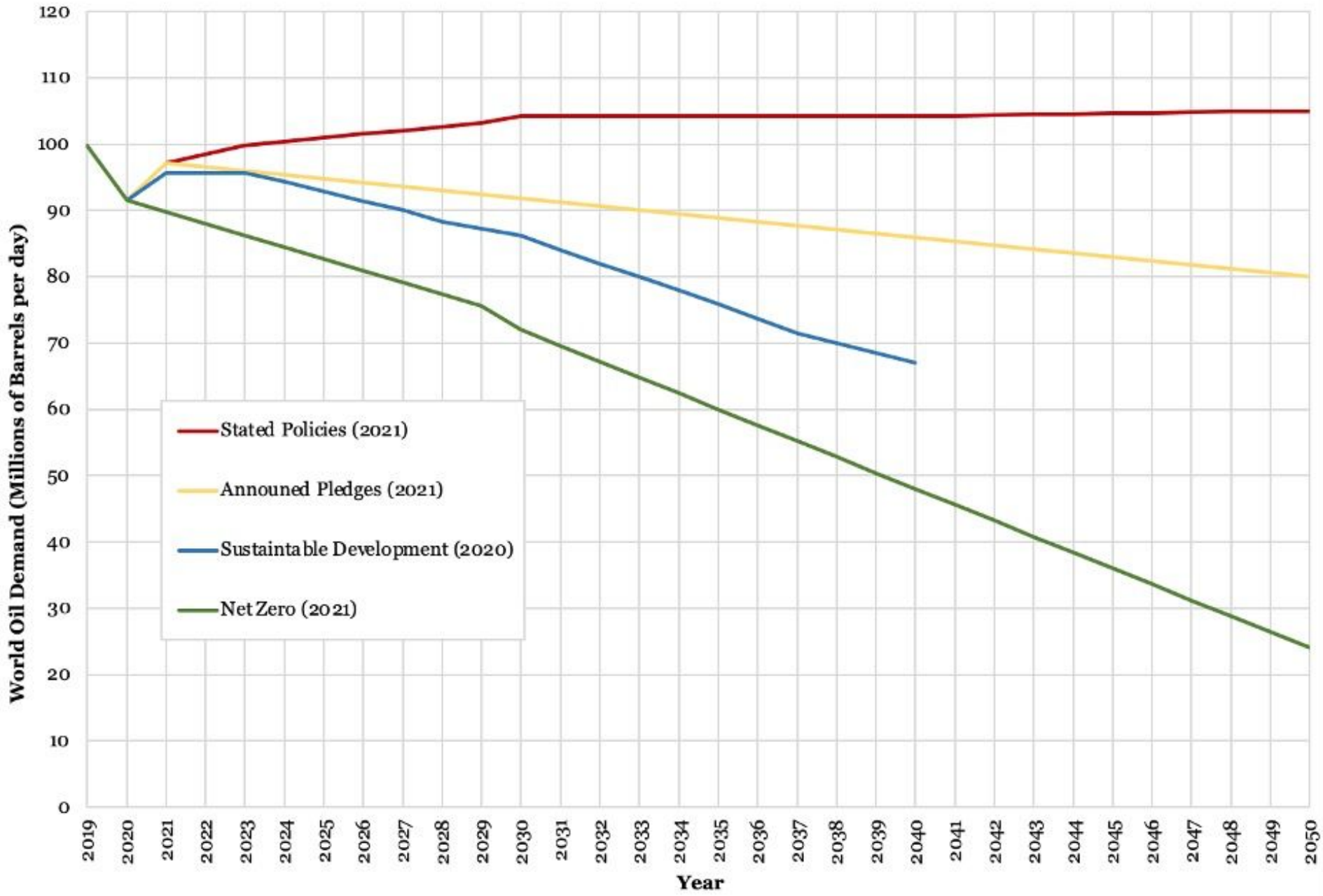
Fuente: *Energy Subsidies. Evolution in the Global Energy Transformation to 2050*. International Renewable Energy Agency (IRENA)

Subsidios a las energías fósiles



13

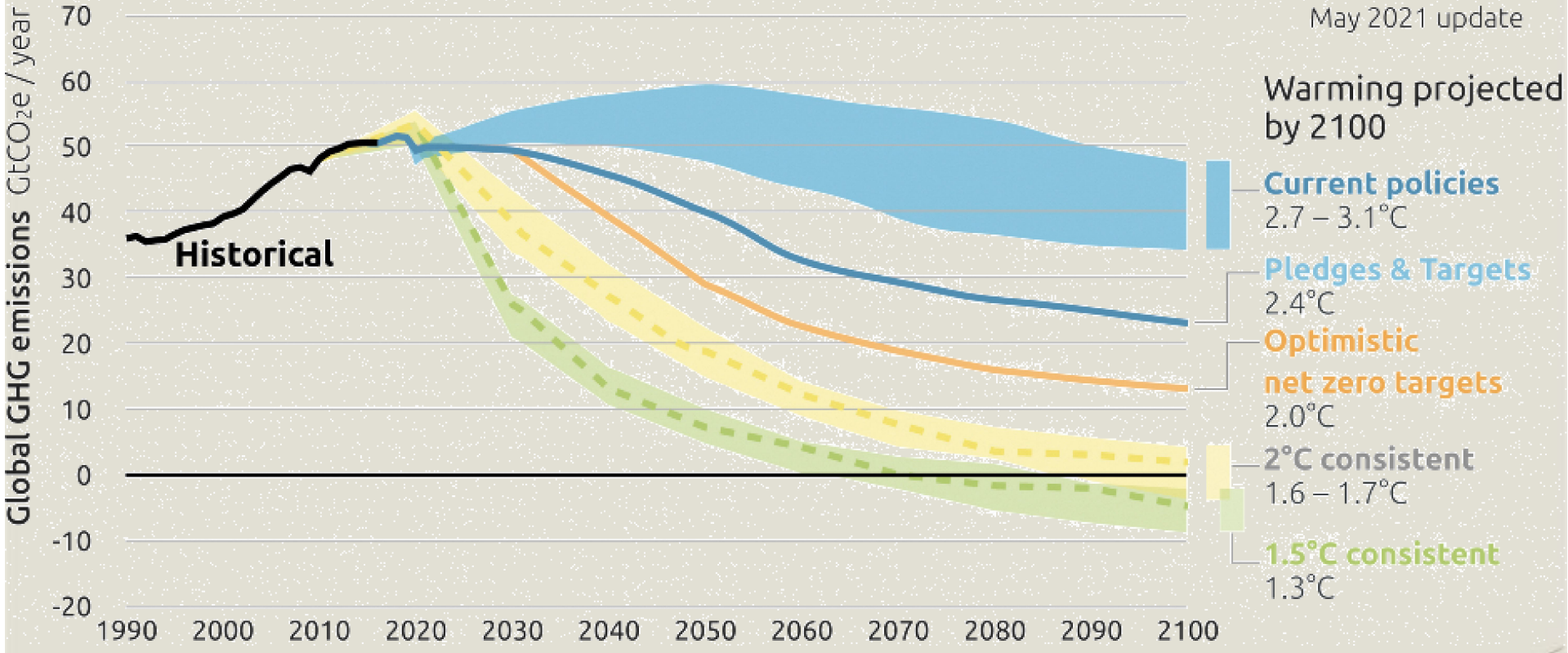
Fuente: *Energy Subsidies. Evolution in the Global Energy Transformation to 2050*. International Renewable Energy Agency (IRENA)



OilMarketForecastJune21

2100 WARMING PROJECTIONS

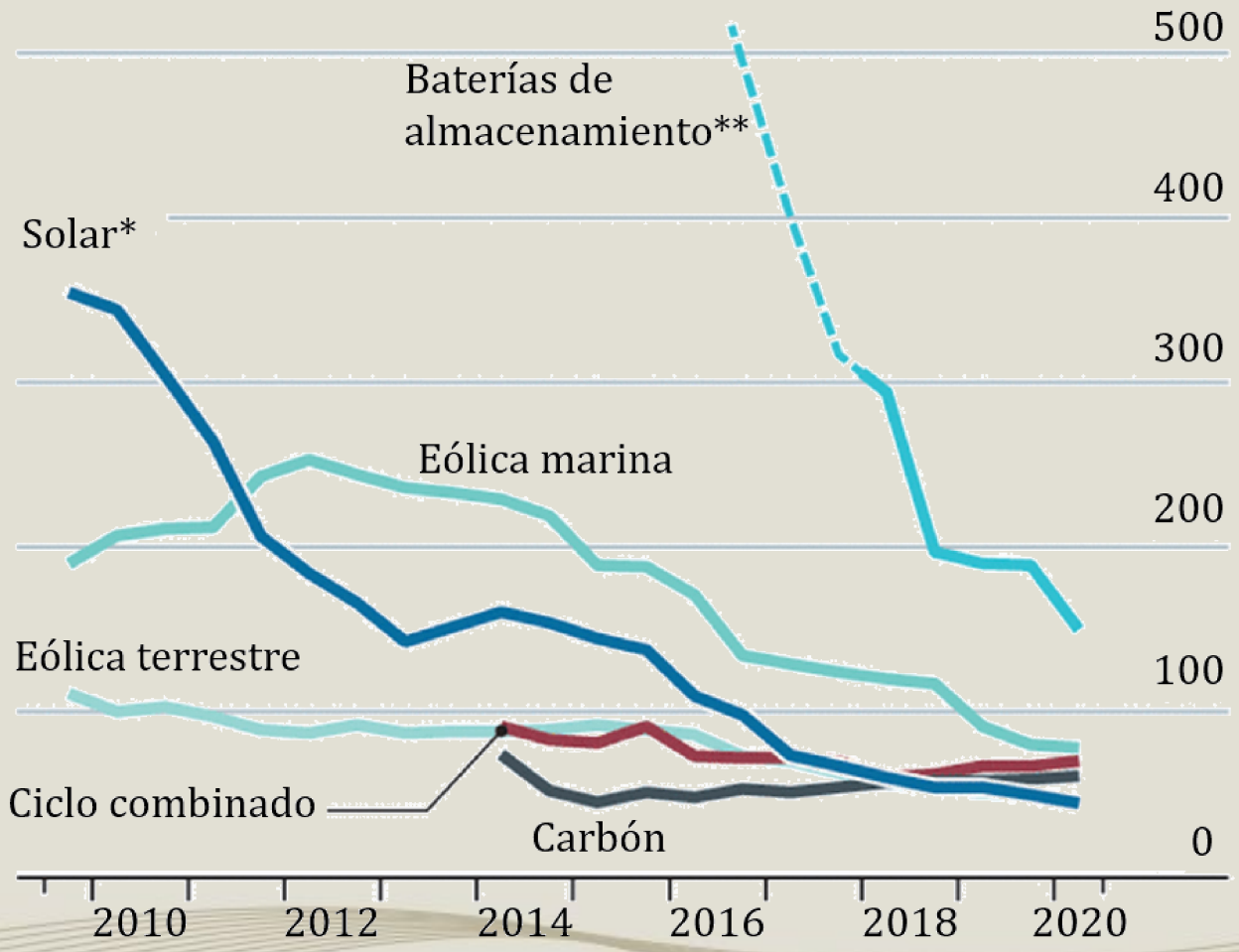
Emissions and expected warming based on pledges and current policies



,

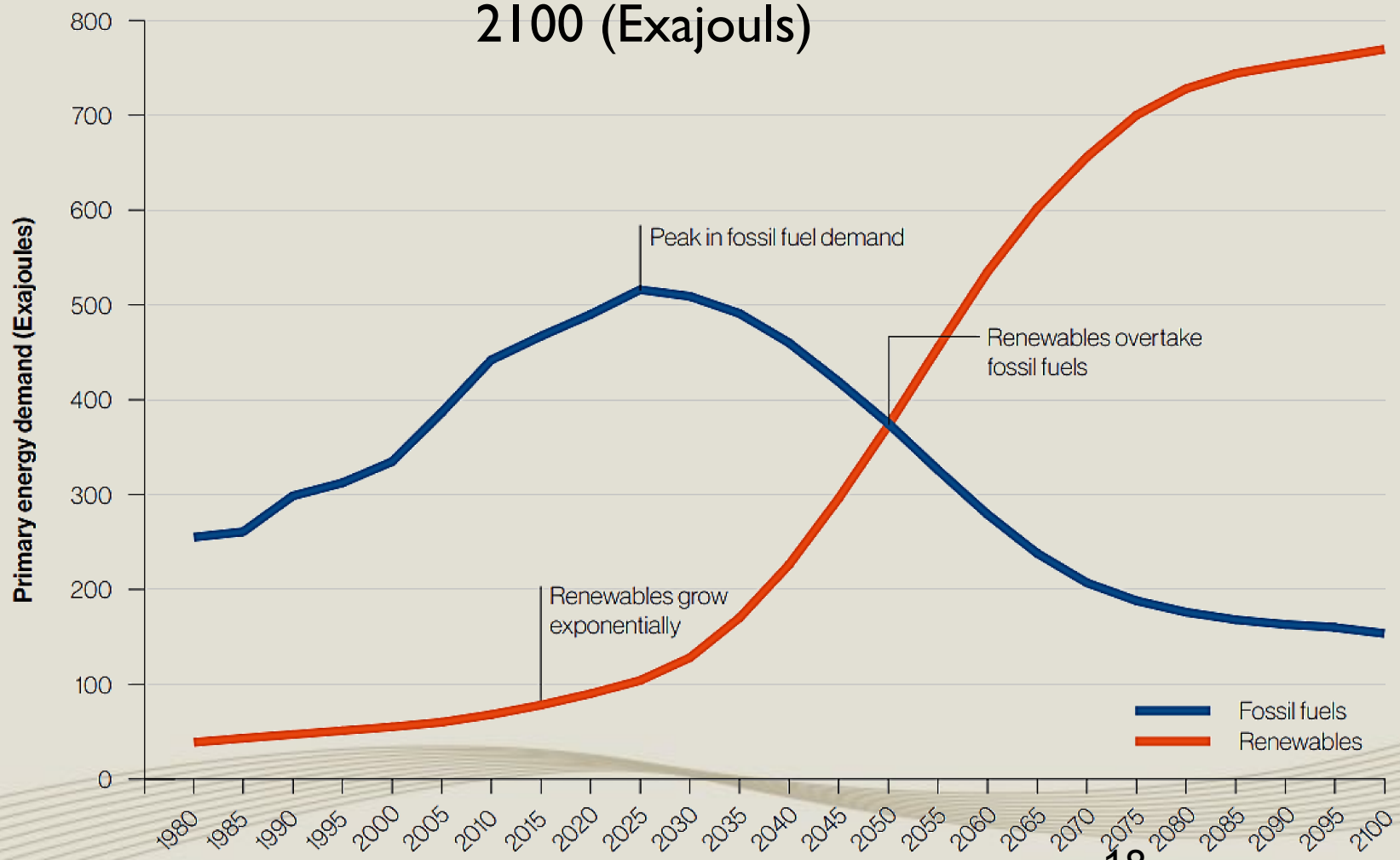
1. **El sistema mundial de energía fósil es disfuncional**
   ① Amenaza la vida planetaria
   ② Agotamiento físico y económico de las reservas
   ③ Asimetría inadmisible de beneficios y costos
2. **La transición energética es estructural: rutas abiertas**
   ① Fuentes renovables de energía
   ② Eficiencia energética
   ③ Uso racional de los recursos fósiles
3. **El nuevo paradigma mundial en construcción**
   ① El objetivo es conciliar sustentabilidad, seguridad e igualdad
   ② Escenario mundial a 2050
   ③ El desafío: gobernanza democrática global
4. **Opciones de inserción**

Costo de la energía (dólares por MWh)



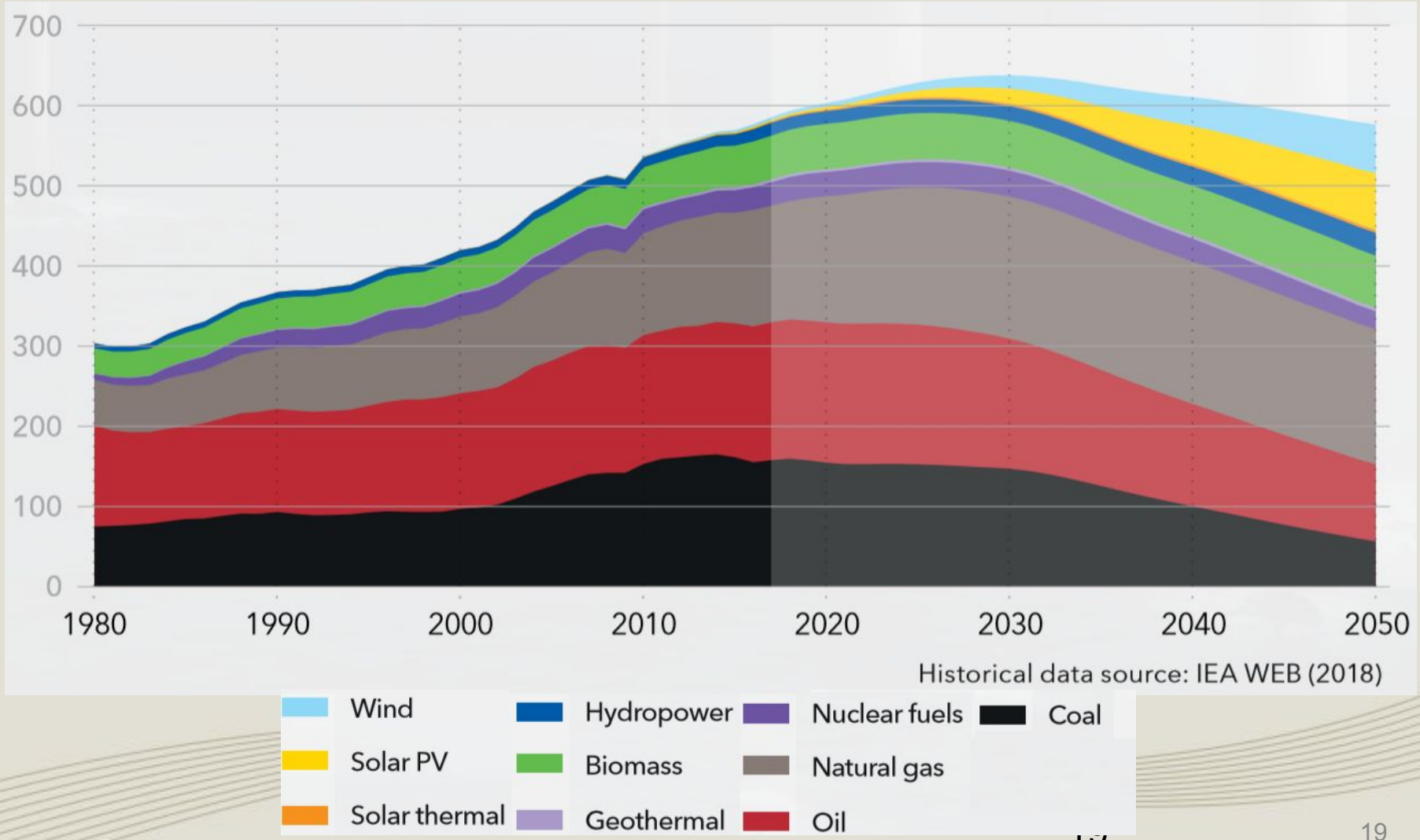
*Promedio de los sistemas fijos y de rastreo.
**Estimación con base a los precios de los paquetes de baterías antes de 2018.
Fuente: The Economist, con base en BP, Bloomberg NEF y Vaclav Smil.

Demanda mundial de energía primaria 1980-2100 (Exajouls)



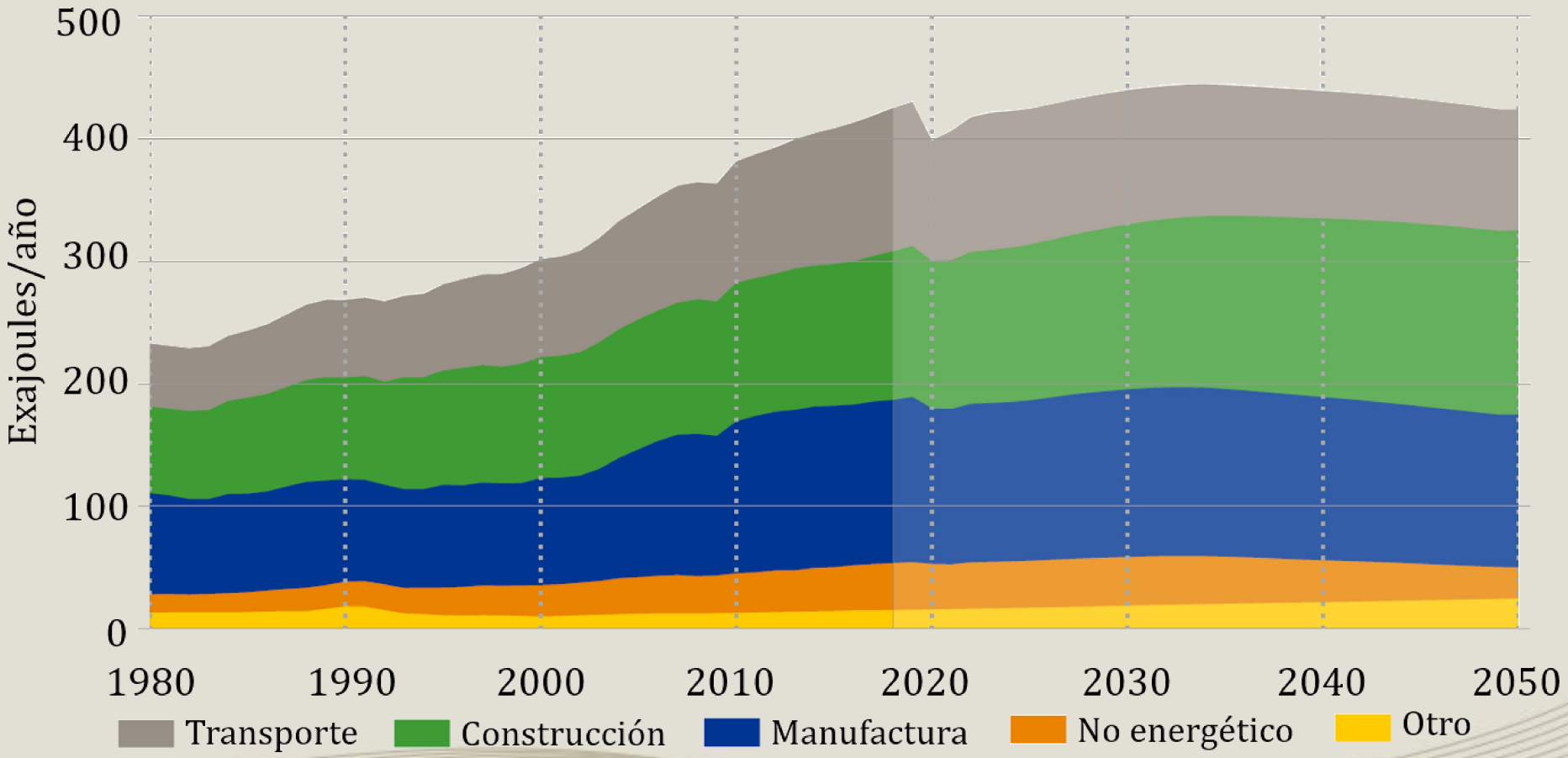
18

Oferta mundial de energía primaria (Exajoules)



Fuente: *Energy Transition Outlook 2019*. Det Norske Veritas (DNV-GL).

Demanda mundial de energía, uso final (Exajoules)



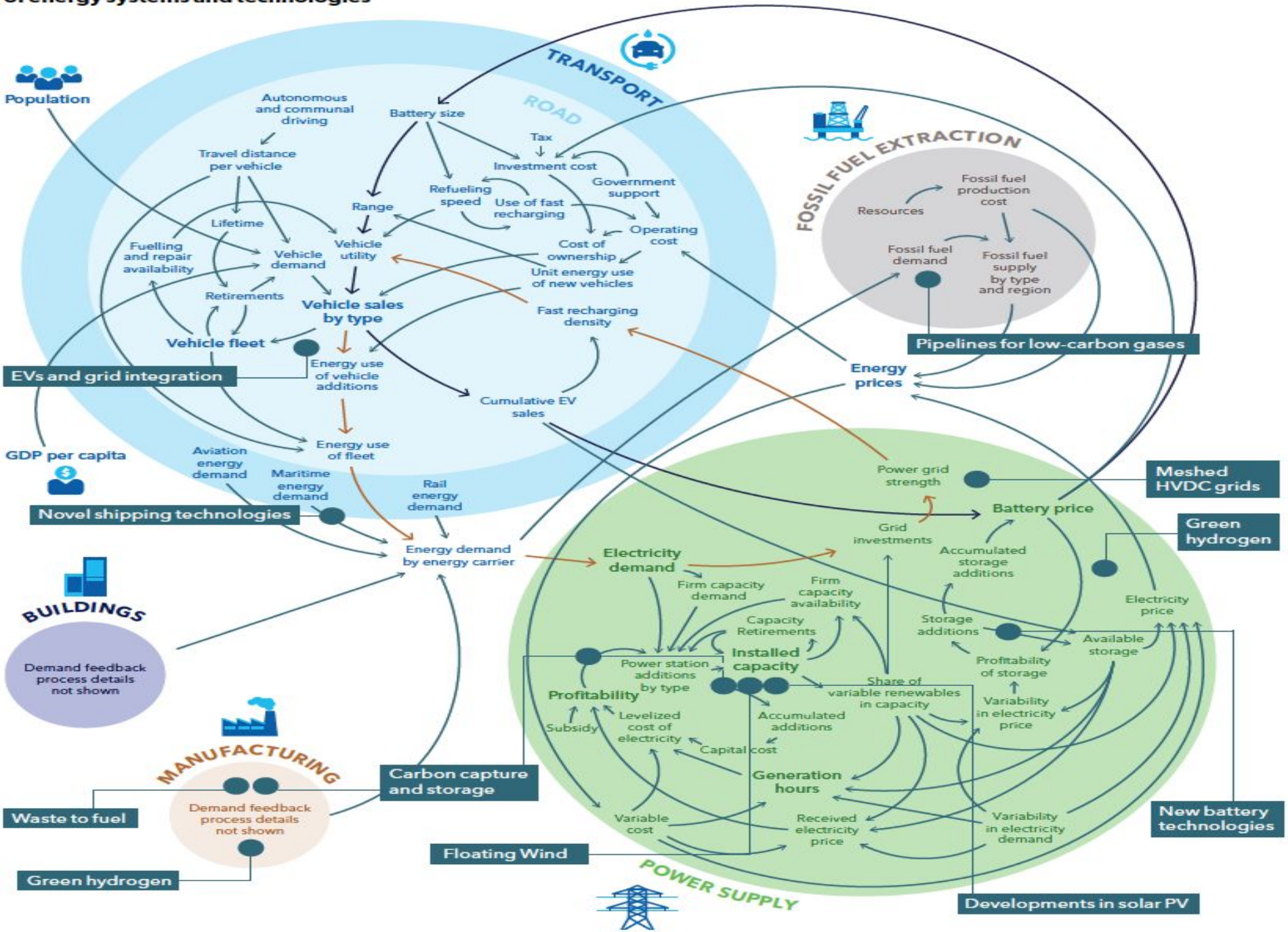
Fuente: *Energy Transition Outlook 2019*. Det Norske Veritas (DNV-GL).

20

10 tecnologías que marcan el ritmo de la transición energética en los próximos 5 años

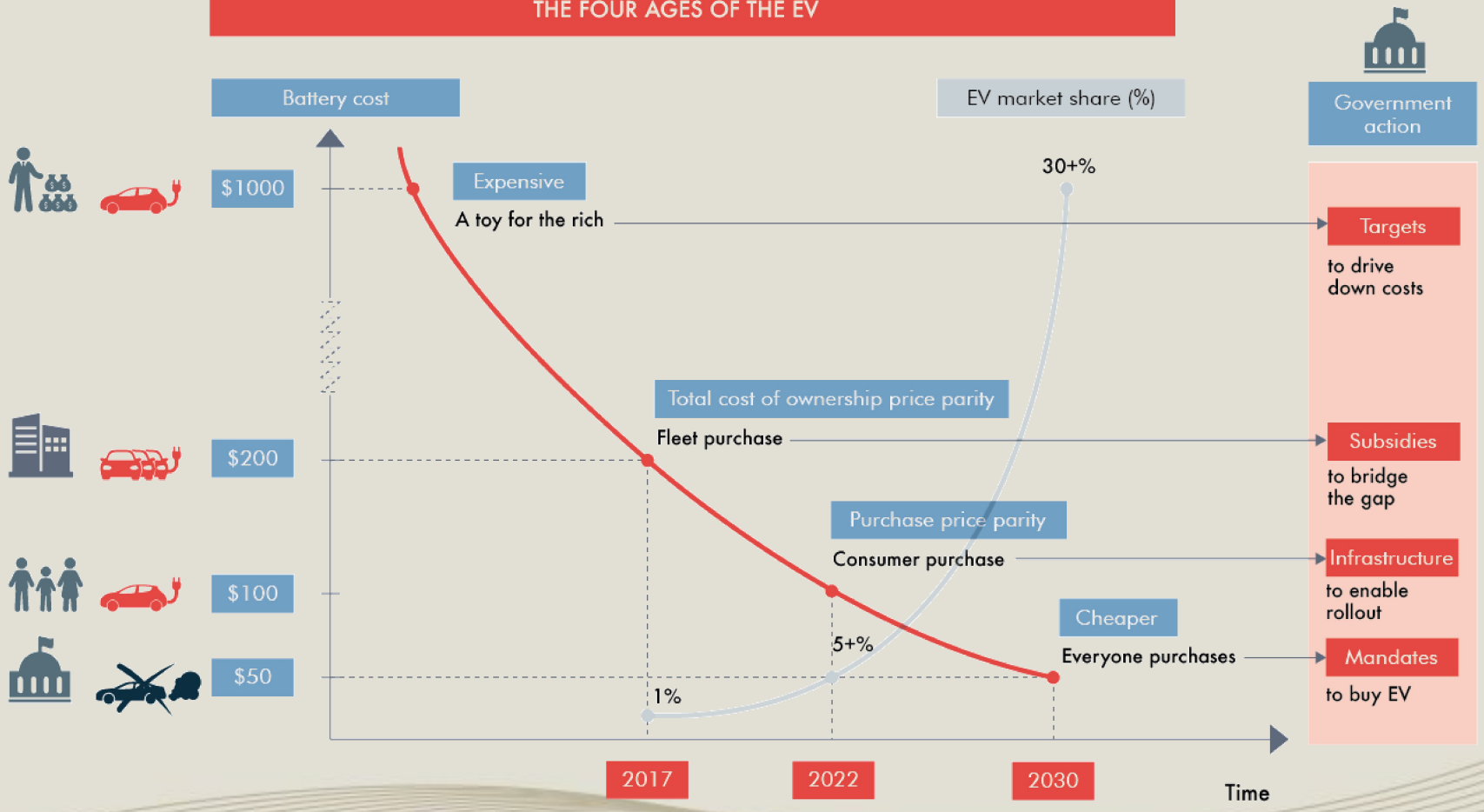
- Turbinas eólicas flotantes
- Energía solar fotovoltaica
- Aprovechamiento de residuos
- Gasoductos para gases con bajo contenido de carbón (nano materiales)
- Nuevas tecnologías para baterías
- Redes de alto voltaje para corriente directa
- Nuevas tecnologías de energía para el transporte marítimo y aéreo
- Vehículos eléctricos e interconexión a la red eléctrica
- Producción de hidrógeno verde
- Captura y almacenamiento de carbón

***Energy Transition Outlook* model showing the interconnectivity of energy systems and technologies**



PUED UNAM

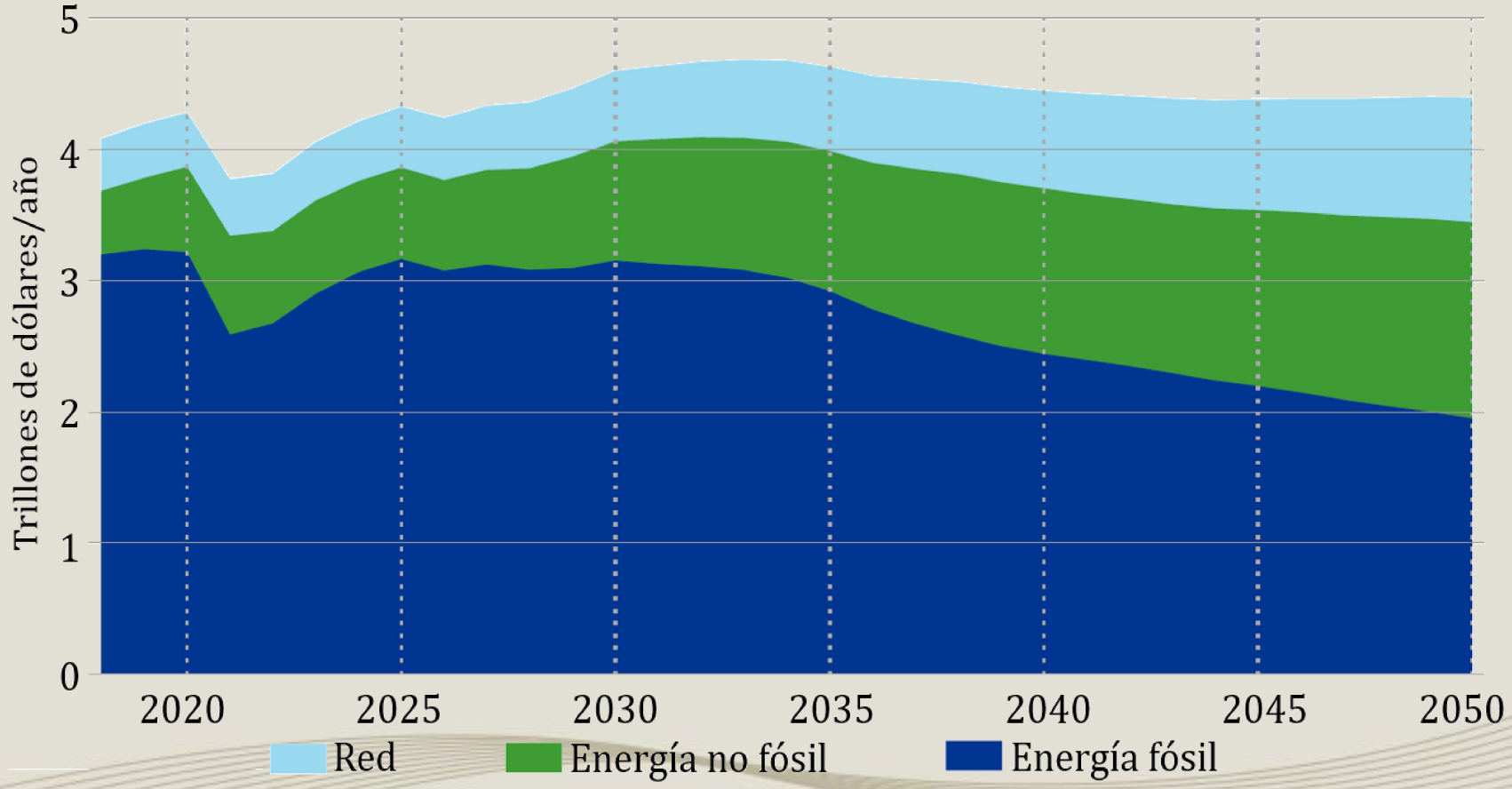
THE FOUR AGES OF THE EV



Carbon Tracker

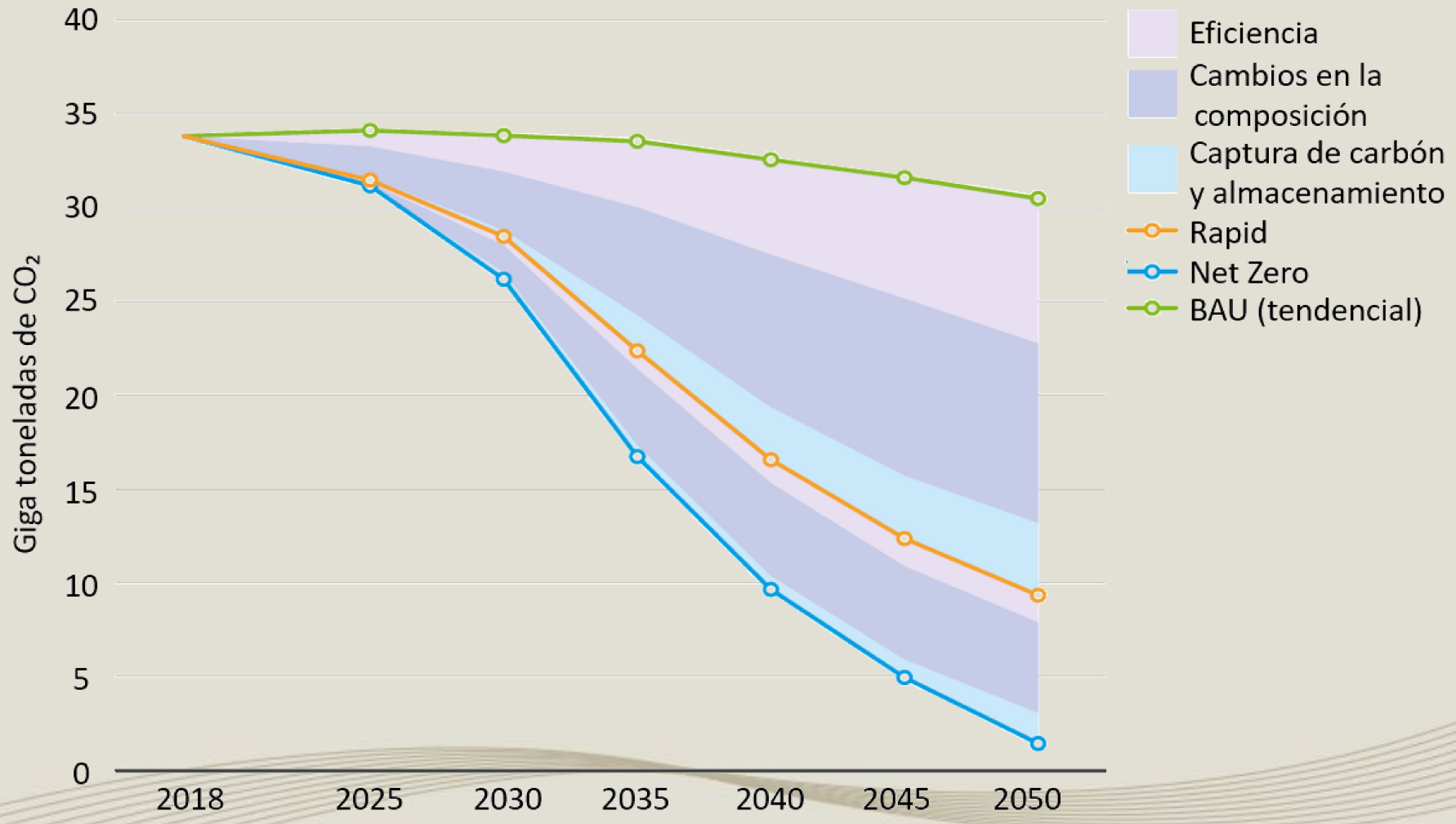
Source: Carbon Tracker
Note: EV market share is an indicative global number for the car sector

Inversión mundial en energía (% del PIB)



Fuente: *Energy Transition Outlook 2019*. Det Norske Veritas (DNV-GL).

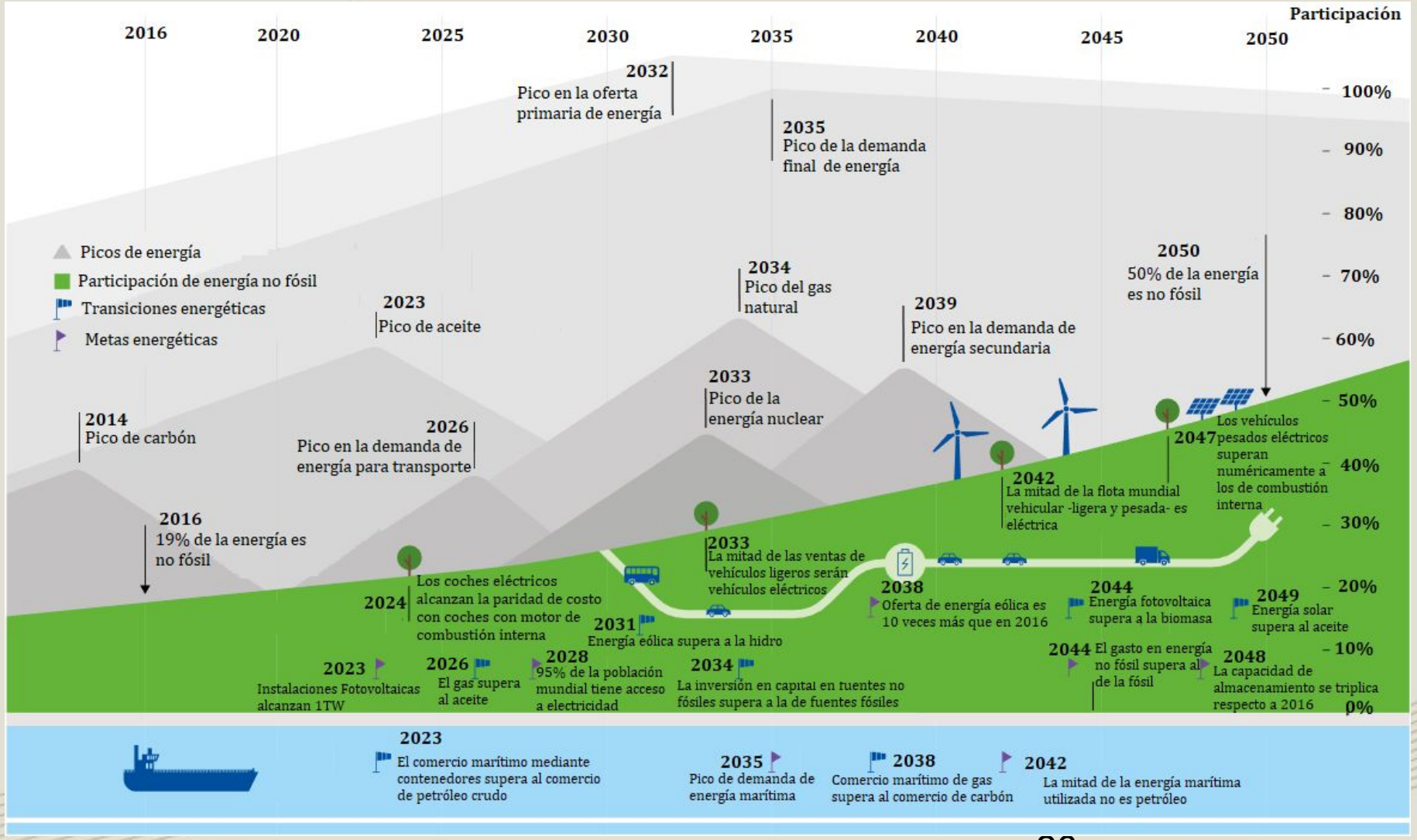
Potencial de descarbonización (eficiencia, energías renovables y secuestro de carbón)



Fuente: BP

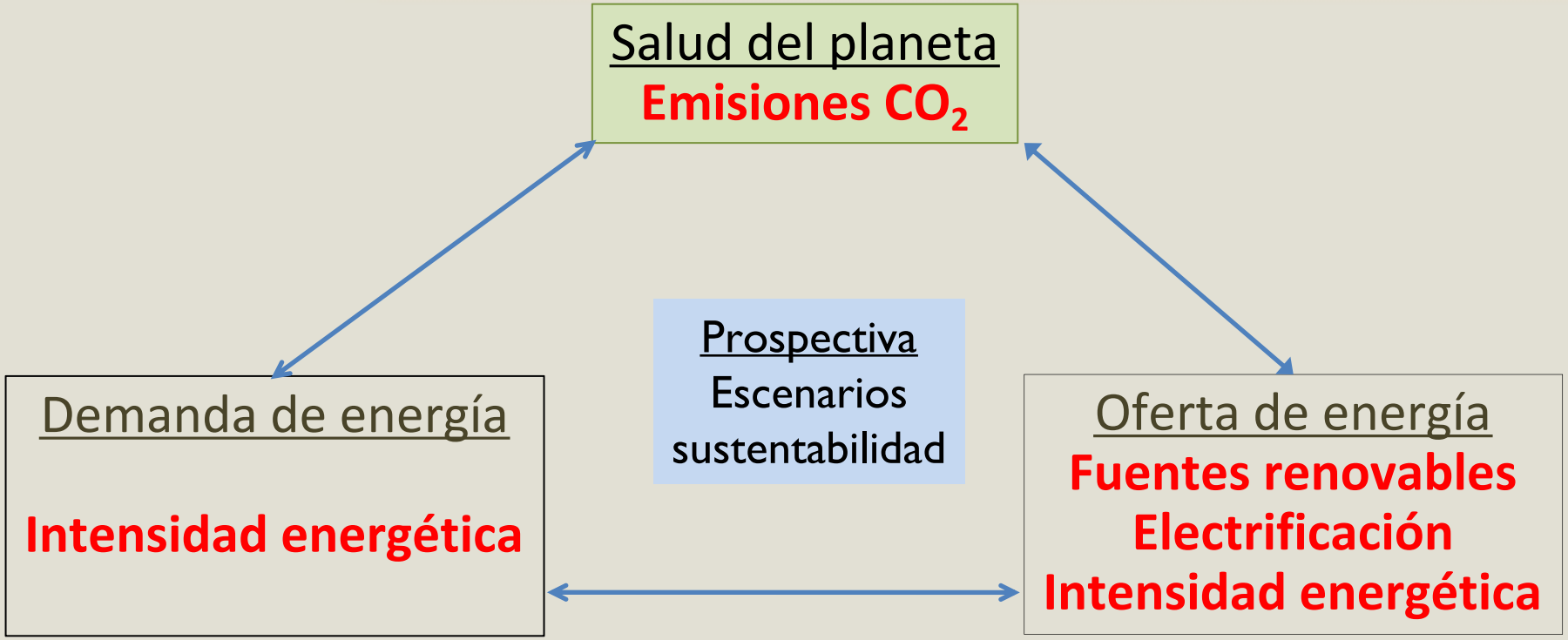
25

Transición energética mundial
Horizonte a 2050



1. **El sistema mundial de energía fósil es disfuncional**
   ① Amenaza la vida planetaria
   ② Agotamiento físico y económico de las reservas
   ③ Asimetría inadmisible de beneficios y costos
2. **La transición energética es estructural: rutas abiertas**
   ① Fuentes renovables de energía
   ② Eficiencia energética
   ③ Uso racional de los recursos fósiles
3. **El nuevo paradigma mundial en construcción**
   ① El objetivo es conciliar sustentabilidad, seguridad e igualdad
   ② Escenario mundial a 2050
   ③ El desafío: gobernanza democrática global
4. **Opciones de inserción**

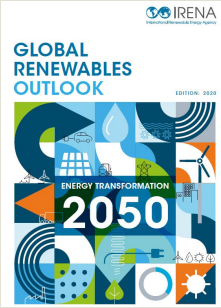
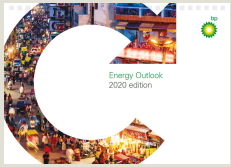
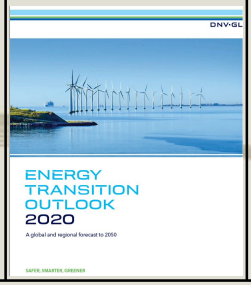
Modelo global para la sustentabilidad



Racionalidad uso de fuentes fósiles

Precios y externalidades

Prospectiva energética a 2050

IRENA International Renewable Energy Agency La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, organización intergubernamental de apoya para la transición hacia un futuro energético sostenible		La edición 2020 de la publicación "*Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050*" de IRENA, desarrolla cuatro escenarios del sistema energético a 2050: 1) el **Planned Energy Scenario**, es su caso de referencia, que considera planes, metas y políticas en materia de energía actualmente planificadas por los gobiernos; 2) el **Transforming Energy Scenario**, consiste en un camino de transformación basado en gran medida en fuentes renovables y una mayor eficiencia energética manteniendo el aumento de la temperatura por debajo de los 2°C y hacia 1.5°C durante este siglo; 3) la **Deeper Decarbonisation Perspective**, considera opciones adicionales para reducir aún más las emisiones relacionadas con el uso de la energía y los procesos industriales; 4) el **Baseline Energy Scenario** refleja las políticas que estaban en vigor ene la época del Acuerdo de París en 2015.
bp BP es una empresa de energía, dedicada principalmente al petróleo, el gas natural y las energías renovables, con sede en Londres, Reino Unido.		La edición 2020 de la publicación "*Energy Outlook*" *de* BP, considera tres escenarios del sistema energético mundial a 2050: 1) en **Rapid**, medidas de política, encabezadas por el aumento de los precios del carbono que hacen que las emisiones de carbono derivadas del uso de la energía se reduzcan en 70% para 2050; 2) en **Net Zero**, las medidas se refuerzan con cambios significativos en el comportamiento y las preferencias de la sociedad, lo que acelera aún más la reducción de las emisiones de carbono; 3) en **BAU (tendencial)**, las políticas gubernamentales, las tecnologías y las preferencias sociales continúan evolucionando conforme se ha visto en el pasado reciente.
DNV·GL Organismo de certificación acreditado y sociedad de clasificación de barcos; consultora independiente en gestión de riesgos y garantía de calidad.		En su publicación "*Energy Transition Outlook 2020: A global and regional forecast to 2050*", DNV GL desarrolla un escenario de transición energética para mediados del siglo actual, considerando la evolución prevista de las políticas, y los costos asociados.

Escenarios analizados

Temperatura / Estudio	**Descarbonización x < 1.5°C**	**Meta Acuerdo de Paris 1.5°C > x < 2°C**	**Tendencial x > 2°C**
Irena	Descarbonización profunda	Transformación energética	De planificación
bp	Cero emisiones netas	Rápido	Tendencial (BAU)
dnv-gl		Transición energética	

Fuente: IRENA, BP y DNV-GL.

Resultados de modelos para limitar el aumento de temperatura del planeta, 2050

	BP Net zero	BP Rapid	IRENA Transforming	DNV-GL Transition	IRENA Planned	BP BAU
Incremento temperatura	x < 1.5°C	1.5°C > x < 2°C			x > 2°C	
Emisiones sector energía CO_2 Gt (34)	1.4	9.3	9.5	17.0	33.0	30.5
			Demanda final de energía (%)			
PIB, aumento tasa anual %	2.6	2.6	3.1	2.2	2.0	2.6
Intensidad energética MJ/$US, aumento tasa anual %	-2.3	-2.3	-3.2	-2.3	-2.4	-1.9
			Oferta de energía (%)			
Energía primaria total, tasa anual %	0.3	0.3	-0.2	-0.2	0.6	0.7
Participación de fuentes fósiles en energía (81≈85%)	22	40	24	54	62	67
Energía primaria renovable, aumento tasa anual %	6.1	5.3	4.6	3.2	2.7	3.8
Electrificación del consumo de energía (19≈22%)	52	45	49	41	30	34

Ejes de gobernanza global

Nueva ética sustentable

Requiere conciliar sustentabilidad, seguridad e igualdad
Recursos naturales no deben ser sujetos de apropiación
Los impactos ambientales se pagan

Arreglos institucionales

Nacionales
Intergubernamentales
Pactos políticos, cooperación
Naciones Unidas

Participación democrática

Ciudadanos, organizaciones, gremios
Gobiernos nacionales
Mecanismo de expresión y diálogo

Interrogantes de política económica: Como instrumentar la inserción de los Estados en el nuevo paradigma global, en función de sus circunstancias y aspiraciones nacionales, el ejercicio de su soberanía y los imperativos de bienestar e igualdad

1. **El sistema mundial de energía fósil es disfuncional**
   ① Amenaza la vida planetaria
   ② Agotamiento físico y económico de las reservas
   ③ Asimetría inadmisible de beneficios y costos
2. **La transición energética es estructural: rutas abiertas**
   ① Fuentes renovables de energía
   ② Eficiencia energética
   ③ Uso racional de los recursos fósiles
3. **El nuevo paradigma mundial en construcción**
   ① El objetivo es conciliar sustentabilidad, seguridad e igualdad
   ② Escenario mundial a 2050
   ③ El desafío: gobernanza democrática global
4. **Opciones de inserción**

El país carece de una estrategia para la transición energética

- La economía mundial transita de sistemas de recursos fósiles a otros alternativos de fuentes renovables y de mayor eficiencia energética. El objetivo es transformar gradual y progresivamente los patrones de producción y consumo de energía a fin de garantizar la sustentabilidad ambiental, la seguridad energética y la equidad en la distribución de costos y beneficios
- Las condiciones específicas, visión e intereses de cada país son marcadamente diversas y por lo tanto también son muchas las opciones estratégicas que ofrece la transición energética para alcanzar esos objetivos
- La transición energética es global, irreversible e irrenunciable

Los acuerdos internacionales asociados a la transición energética

- El Acuerdo de París sintetiza el ideario político y la "hoja de ruta" más acabada de que dispone la humanidad en el tránsito para limitar el aumento de la temperatura media del planeta
- El ODS 7 de la Agenda 2030 plantea garantizar el acceso a energía asequible, sostenible y moderna para todos; y el ODS 13 propone adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático
- El T-MEC establece compromisos ambientales y mecanismo que garanticen su cumplimento
- La última actualización de la Ley General de Cambio Climático incorporó las bases para cumplir las contribuciones nacionalmente determinadas (CND) para el año 2030

Los mecanismos formales para cumplir los compromisos internacionales son precisos

- Meta 2030: -22% emisiones GEI línea base
- Acciones de mitigación en el sector eléctrico
  - Generación con tecnologías limpias 35% 2024
  - Sustituir combustóleo en la generación
  - Reducir pérdidas técnicas a 8% 2024
- Reducir intensidad en el consumo final de energía
  - Energía, transporte, vivienda, urbanización, industria, tratamiento de agua, etc
  - Reducir intensidad: -2.2% 2020-2035, -2.5% 2035-2050
- Estrategia: 30 medidas, más de la mitad en uso y transformación de la energía
- Costo 126 b$US: 11.5% del PIB anual, ”ahorro” 1.5%
- Desafíos: financiamiento, ejecución y beneficiarios
- Concepción formal al margen de la política energética

El sistema energético mexicano atraviesa por una crisis sin precedente

- La oferta nacional de energía basada en la extracción de recursos naturales no renovables se erosionó, no se restituyó, tampoco se reemplazó con energías alternas
- A partir de 2015 el balance externo de energía del país se tornó negativo. En 2018 el déficit fue equivalente al 35% de la demanda final interna
- La pandemia, el colapso del mercado petrolero mundial, la intensificación de las perturbaciones climáticas y ambientales y la recesión económica generalizada precipitaron y aceleraron la crisis

La reforma energética profundizó la dicotomía institucional

- La crisis también tiene raíces institucionales. El sector energético se rige por una dicotom í a institucional que lo mantiene entrampado. Por una parte, la actividad energética gira en torno al desempeño de las empresas productivas del Estado (Pemex y CFE) y por la otra, el régimen jurídico e institucional que aplica a esas actividades corresponde a una economía de libre mercado.
- Las reformas constitucionales de diciembre de 2013 y los consecuentes cambios legislativos secundarios e institucionales emanados de esas reformas definieron ese orden jurídico
- La ambivalencia institucional deriva en inhibición y obstáculo para la inversión y la transición energética.

Las prioridades del sexenio: seguridad energética, desterrar la corrupción

- Las prioridades del gobierno han sido superar el evitar el colapso inminente del sector energético y de las empresas del Estado, proteger a la población de las fluctuaciones y alzas de precio de la energía y desterrar la corrupción y los ilícitos como el problema principal del sector
- La sustentabilidad no ha sido objetivo prioritario
- La estrategia energética se circunscribe al período de gobierno

La transición, tarea de Estado

- La transición energética para el desarrollo significa un cambio civilizatorio de paradigma
- Es mucho más que un reemplazo de energéticos, es un cambio en las relaciones sociales con la naturaleza
- Las transición involucra una transformación de Estado en la organización de los patrones de producción y consumo de la economía
- El desafío es enorme y requiere establecer acuerdos mínimos sobre la definición democrática del interés nacional en materia energética y sus articulaciones con la economía

Consumo de energía

✓ *Consumo de usuarios finales de energía.*

El primer eje estratégico es asumir una inserción activa en el cambio de patrones de consumo de energía en sectores específicos: transporte, hogares, servicios públicos, construcción y actividades industriales, agropecuarias y de servicios. El propósito es reemplazar la energía fósil por la electricidad (renovable) y mejorar la eficiencia energética en los principales sectores usuarios finales

✓ *Consumo de energía dentro del sector energético.*

Pemex y la CFE son conjuntamente los mayores productores, consumidores, exportadores e importadores de energía. Operan como unidades de negocio separadas. El potencial de mejoría en la eficiencia es amplio si se aprovechan las posibilidades de operación articulada, conjunta o coordinada. De mayor relevancia es el potencial estratégico para insertarse en la senda de la transición energética fincada en fuentes renovables.

✓ *Transmisión y distribución de electricidad.*

Un eje estratégico de la política energética es actualizar y modernizar el sistema de transmisión y distribución de electricidad. Es urgente que la CFE disponga de todas las facilidades necesarias para acelerar la elaboración y puesta en marcha de un programa de inversiones y rediseño del sistema que permita cumplir su cometido constitucional

✓ *Generación de electricidad dentro de una economía mixta.*

Otro eje estratégico en la generación es abrir espacios de negociación social en relación con los conflictos de despacho de electricidad, la urgente preparación del sector energético para garantizar la reactivación de la economía tras la pandemia y el inevitable escrutinio democrático que debe darse para realizar los ajustes legislativos que demanda la participación de las empresas privadas en la prestación del servicio público de electricidad

Extracción y transformación petrolera

✓ *Explotación de la riqueza petrolera.*

Es urgente establecer una estrategia de explotación petrolera que tome en cuenta los abruptos cambios que se han producido en el entorno externo e interno y la urgente necesidad de limitar las emisiones de GEI y contaminantes. Se sugieren las siguientes directrices: ajustar la extracción petrolera al objetivo técnico de limitar la quema de gas y combustóleo y suspender o cancelar formalmente las asignaciones y subastas de contratos de exploración y extracción de recursos prospectivos, en tanto no se evalúe factibilidad ambiental, económica y fiscal.

✓ *Refinación de petróleo.*

Rectificar el programa de rehabilitación y ampliación del SNR en apego al criterio de minimizar o cancelar la producción de combustóleo

Organización institucional

El orden jurídico e institucional es disfuncional en los propósitos de auspiciar la transición energética, fortalecer y ampliar la participación privada en los mercados de energía, garantizar las condiciones para que las empresas del Estado cumplan sus funciones productivas y liberar a la transición energética de la necesidad de financiar el gasto del gobienro federal

Más allá del deslinde de competencias y facultades de los sectores público y privado o de distribución de mercados entre ellos, sería conveniente que la Carta Magna estableciera directrices más sólidas sobre la rectoría, regulación y participación empresarial del Estado en materia de desarrollo de las energías renovables y la eficiencia

Pocas veces como ahora, es importante atender la demanda de debate y escrutinio democrático en los asuntos energéticos del país. Es quizás el desafío institucional más importante para la transición energética

GRACIAS

www.pued.unam.mx
rctorres@prodigy.net.mx

Mi reconocimiento a Jorge Linares por su colaboración en la preparación de información de esta presentación