

¿No era que el petróleo se agotaba?

**El rol de la tecnología y las señales de precios
en el fin de un paradigma**

Damián Strier
Hintergroup

Escuela Giambiagi 2014
“Física Aplicada y la relación de los científicos con la industria”

Agenda

- ✓ PARTE 1:

 - Falsos escenarios de agotamiento de los hidrocarburos

- ✓ PARTE 2:

 - Algunas tecnologías que lo hicieron posible

- ✓ PARTE 3:

 - ¿Dónde están las verdaderas restricciones?

Parte 1.

El fin se acerca ...

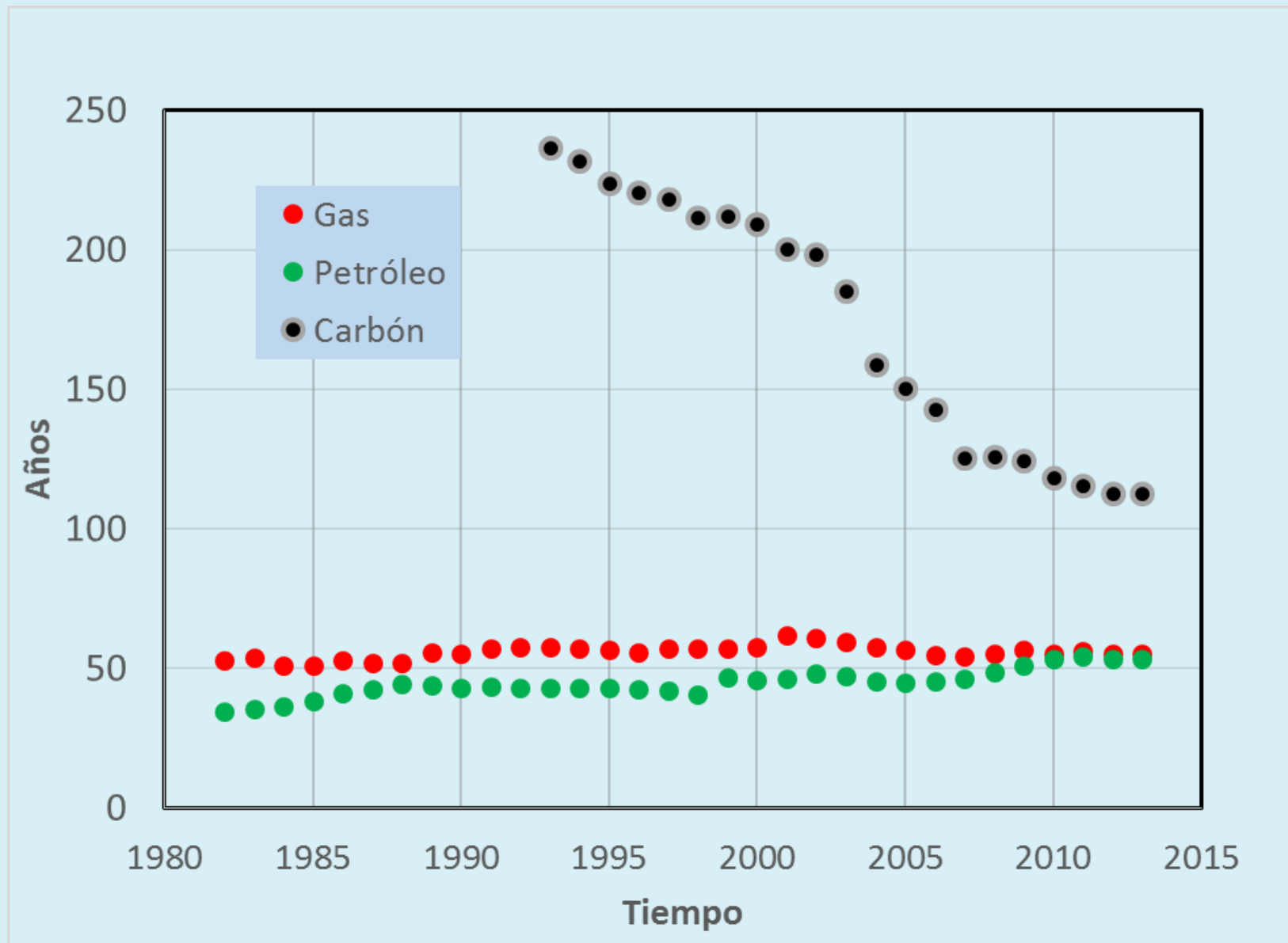
“The oil and natural gas we rely on for 75 % of our energy are **running out...** this is **the greatest challenge our country will face during our lifetimes...**the alternative (to these proposals) may be a **national catastrophe...**”

“... World oil production can probably keep going up for another six or eight years. But some time in the 1980s it can't go up much more. **Demand will overtake production. We have no choice about that...**”

*"The President's Proposed Energy Policy",
Jimmy Carter, April 1977 -
<http://www.pbs.org>*



Cociente de Reservas/Producción (World)



Reposición continua
de reservas

(el fantasma no era tal)

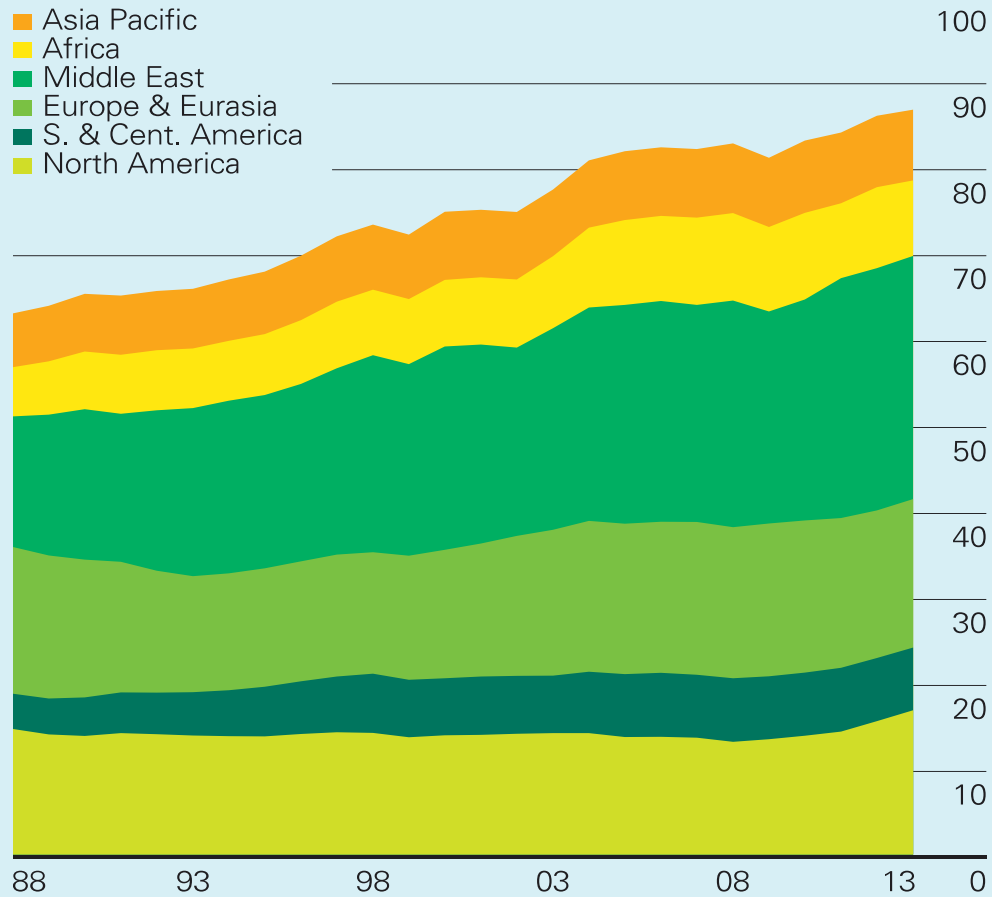
Fuente, EIA, BP

Petróleo

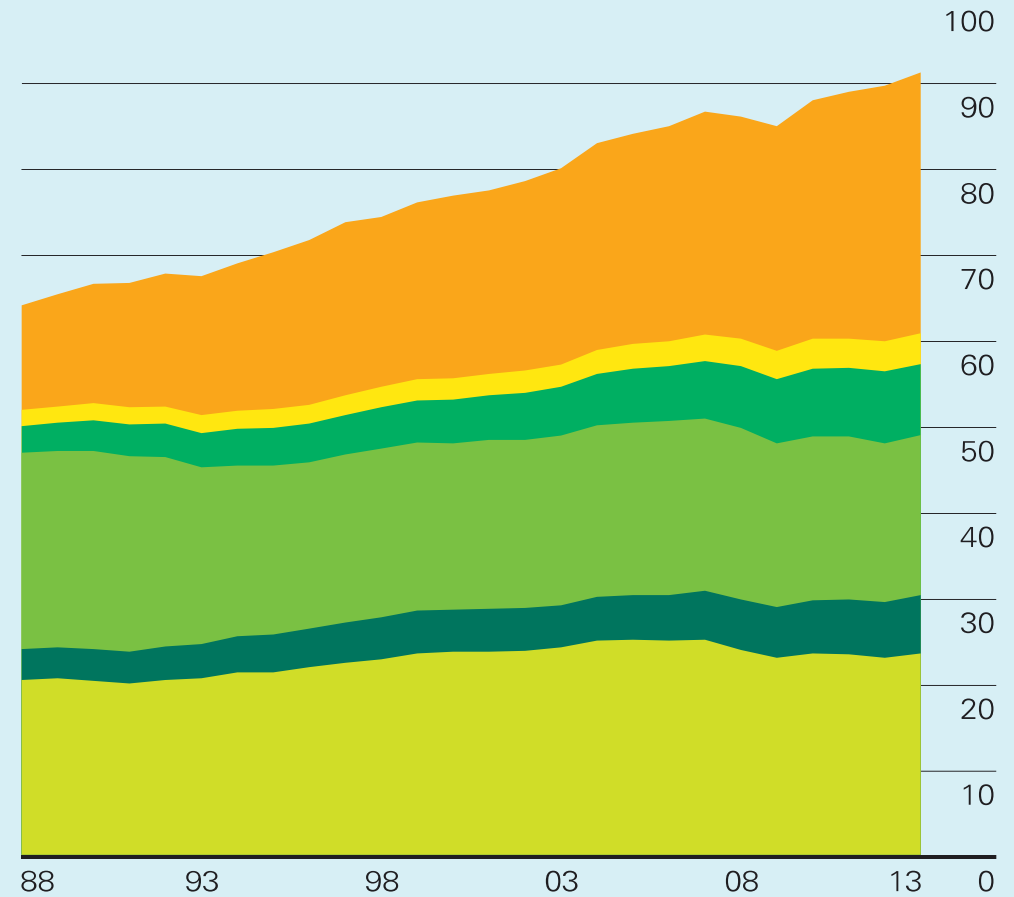
Millones de barriles diarios



Producción



Consumo

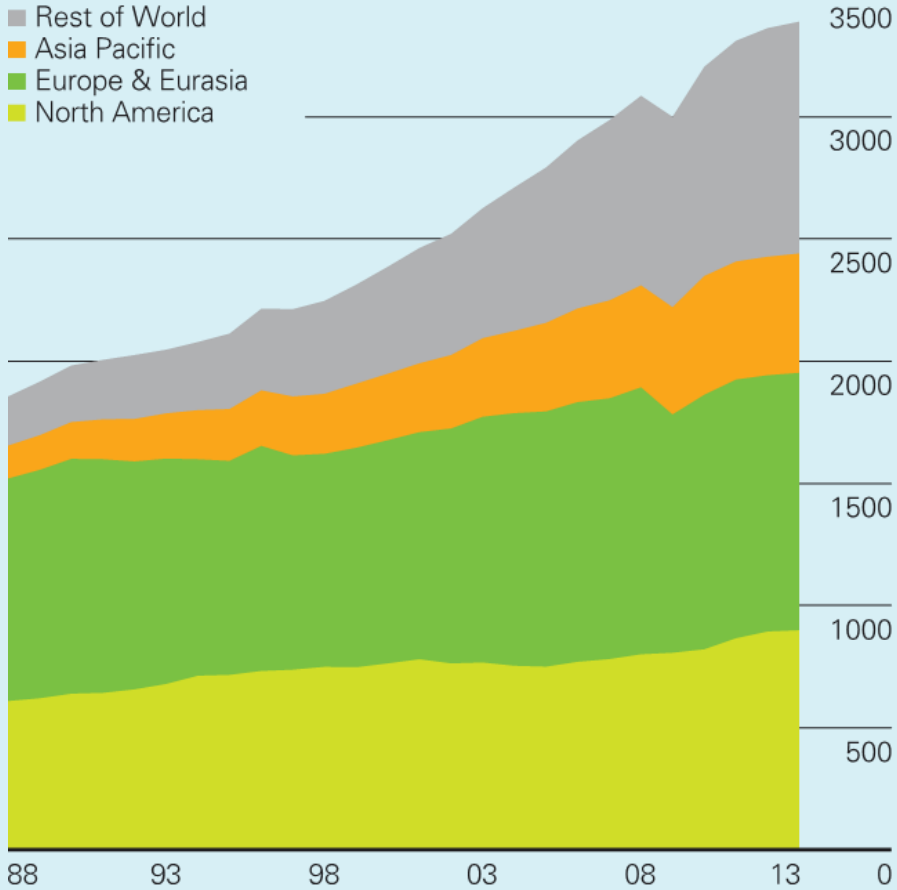


Gas

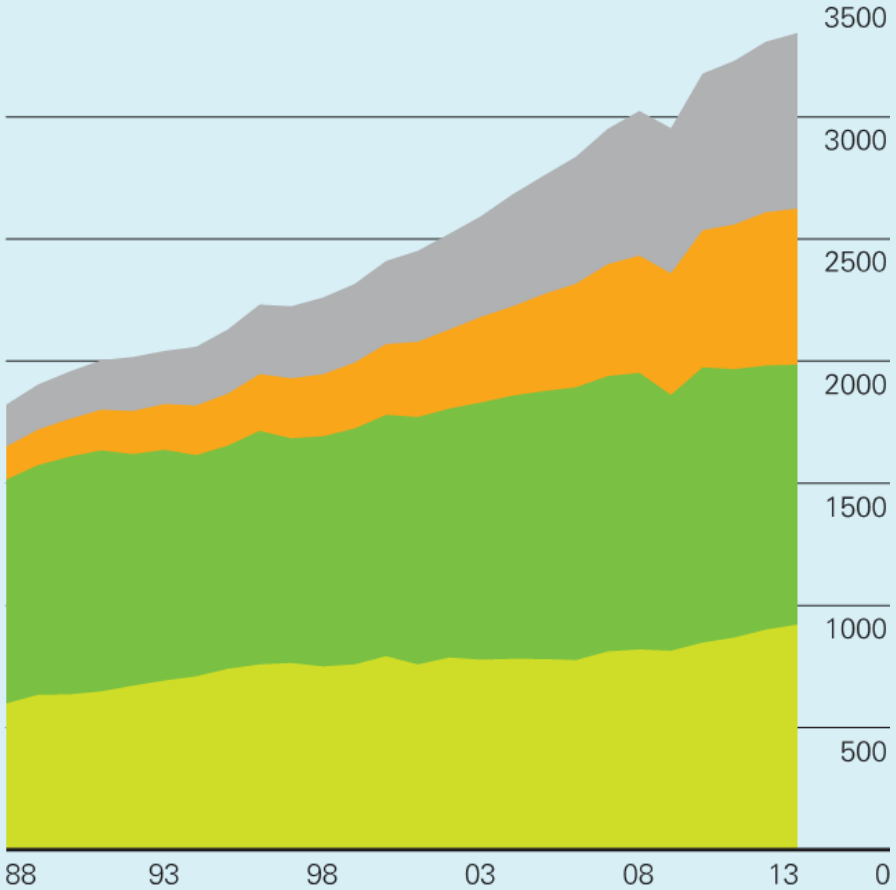
Billones de metros cúbicos



Producción



Consumo

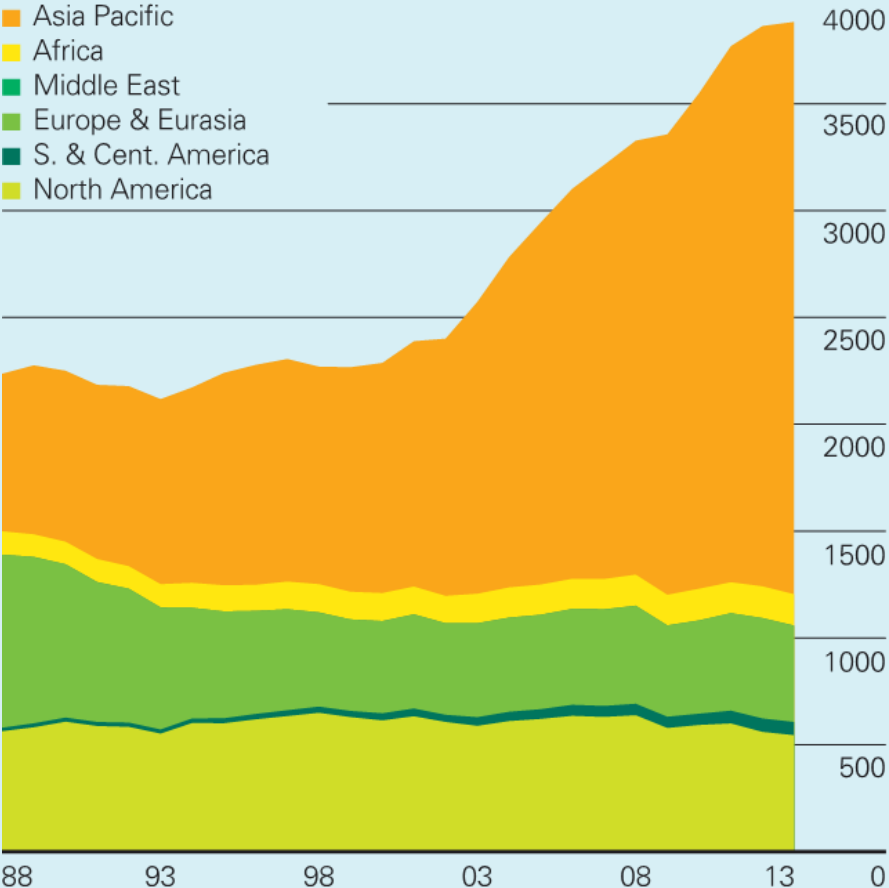


Carbón

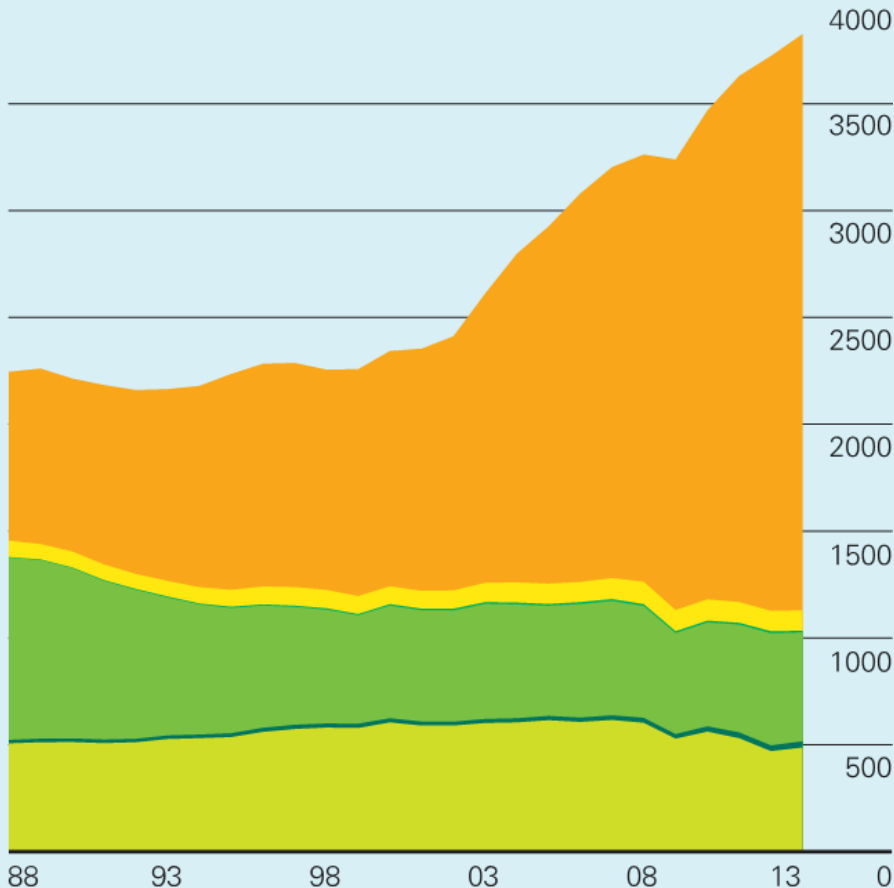
Millones de toneladas de petróleo equivalente



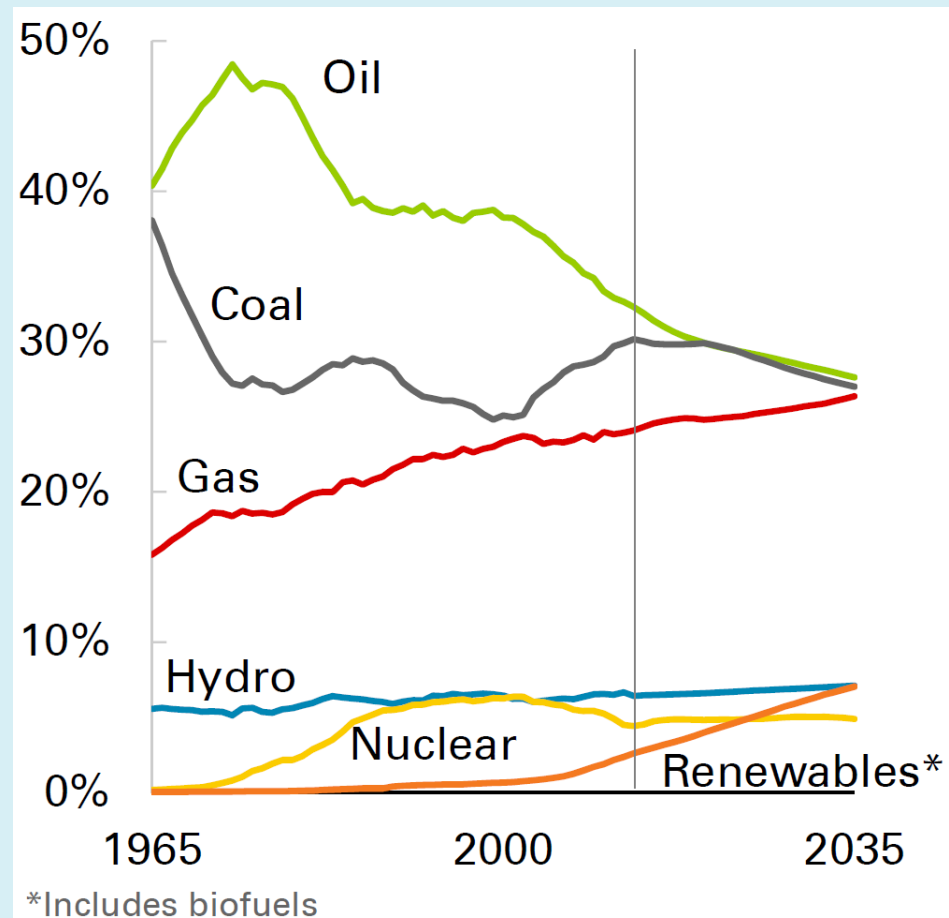
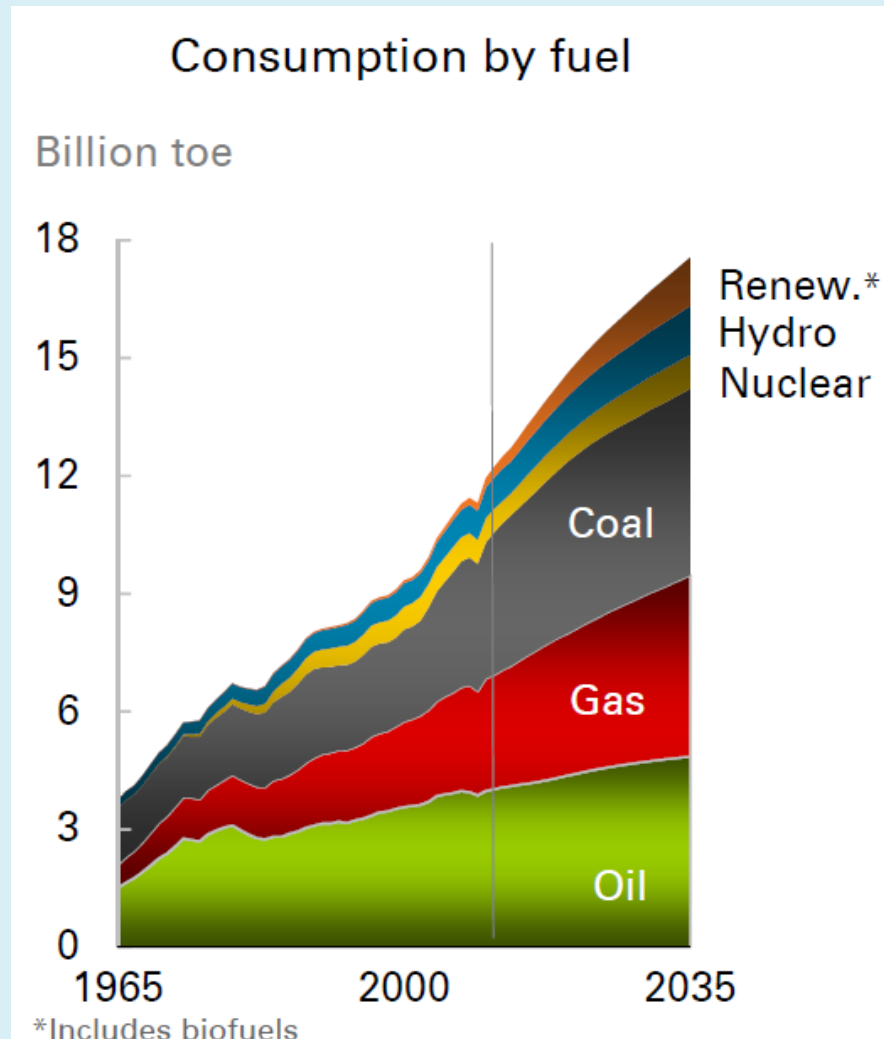
Producción



Consumo



¿Reemplazar los combustibles fósiles en el corto plazo?



China



- #1 Consumidor y productor de energía del mundo
- #2 Consumidor mundial de petróleo
- #1 Importador de petróleo (2014)
- #1 Productor, consumidor e importador de carbón
- #1 Productor de electricidad (2011)

El consumo de gas aumentó 17% annual 2003/13

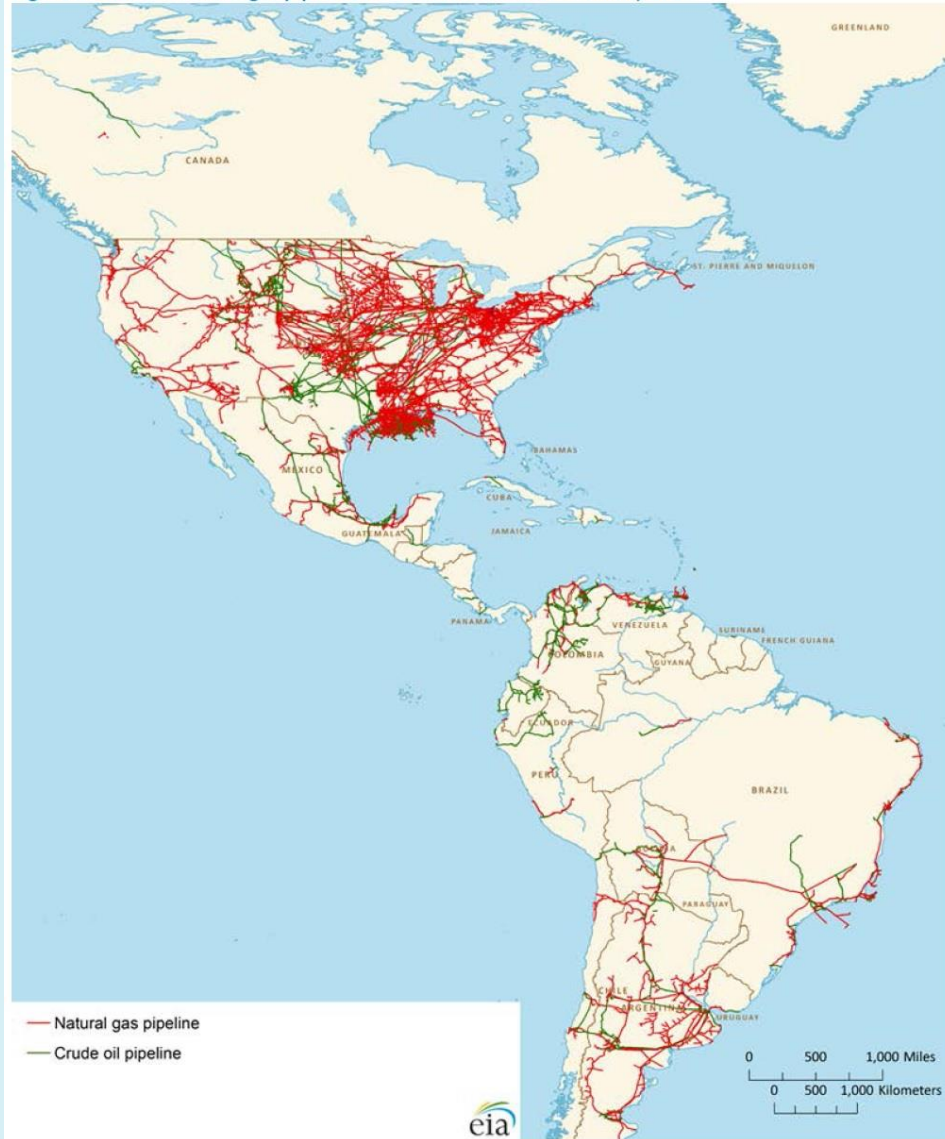
10 Terminales de LNG operativas
(importa de Australia/Indonesia/Qatar)

10 Terminales de LNG en construcción

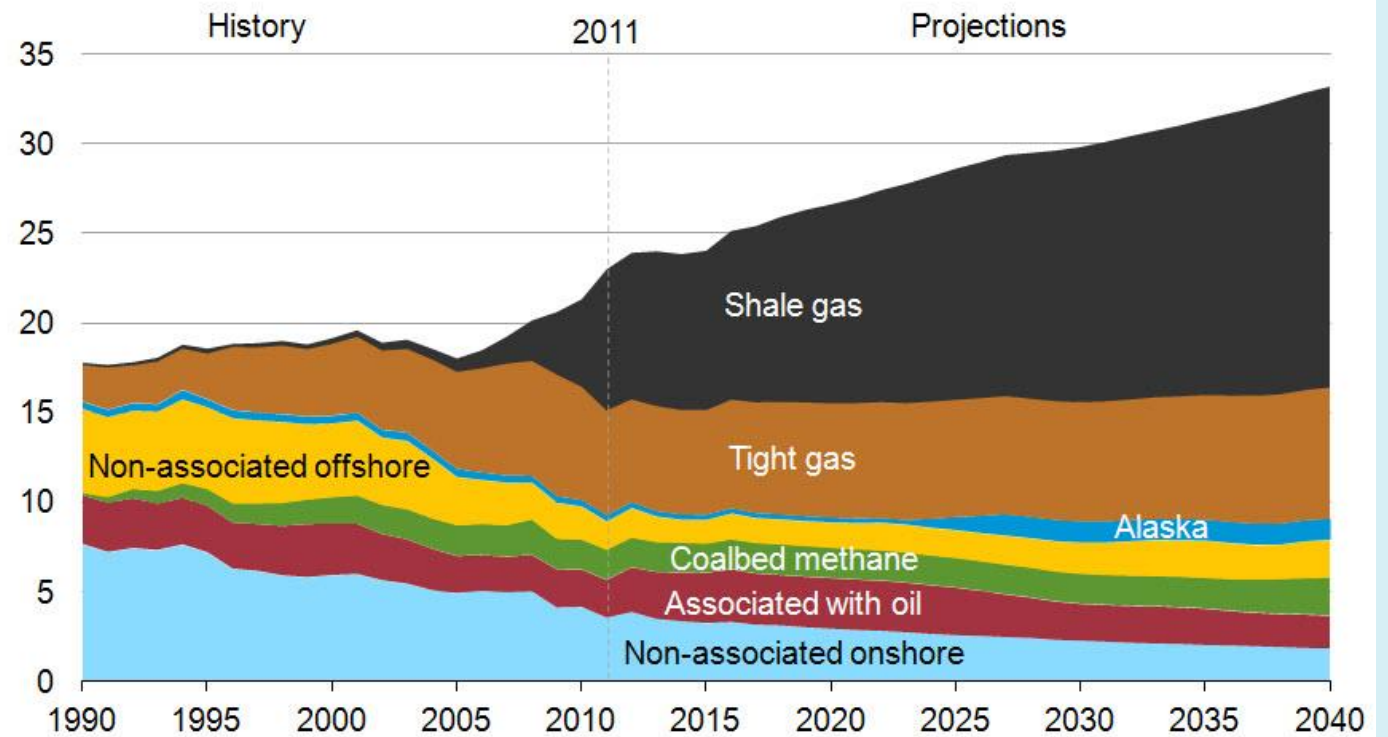
Construcción de mega-gasoducto con Rusia
(2018, 400 BUSD)

USA

Figure 14. Oil and natural gas pipeline infrastructure in the Americas, 2012



U.S. dry natural gas production
trillion cubic feet



Source: U.S. Energy Information Administration, *Annual Energy Outlook 2013 Early Release*

No entiendo, ¿qué pasó ?



La “teoría” del pico de producción era:

- insensible a la tecnología
- insensible a los precios

Las reservas son DINAMICAS

La cantidad de petróleo y gas que realmente se termine produciendo no estará restringida por el volumen *in situ*, sino por el costo financiero y medioambiental que estemos dispuestos como sociedad a aceptar.

Stock de energía actual del mundo



CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA	0.5 ZJ
RESERVAS MUNDIALES TOTALES	40 ZJ
RECURSOS MUNDIALES TOTALES	500 ZJ
RATIOS	1:80:1000

1 ZJ (Zettajoule) = 10^{21} J

Tsunami y Terremoto de Japón (2011) $\approx 1.4 \times 10^{-3}$ ZJ

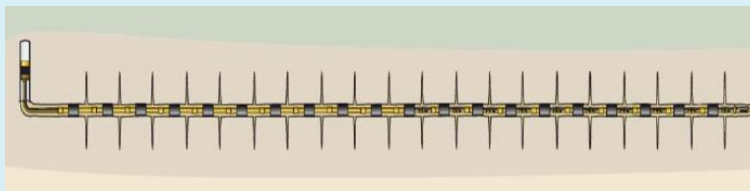
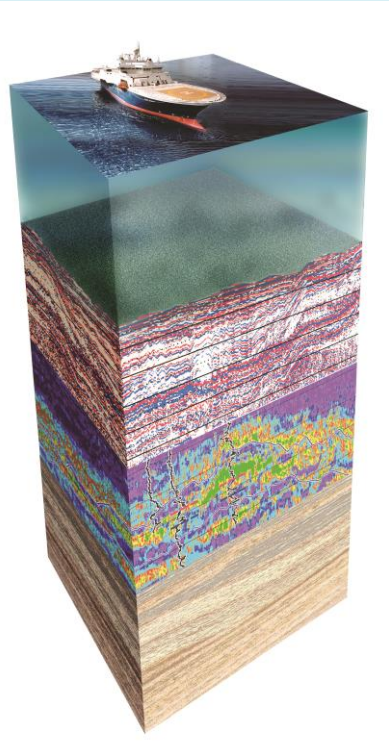
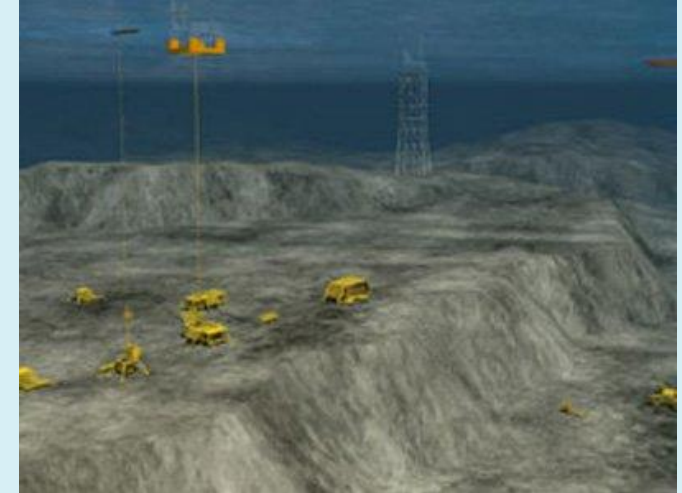
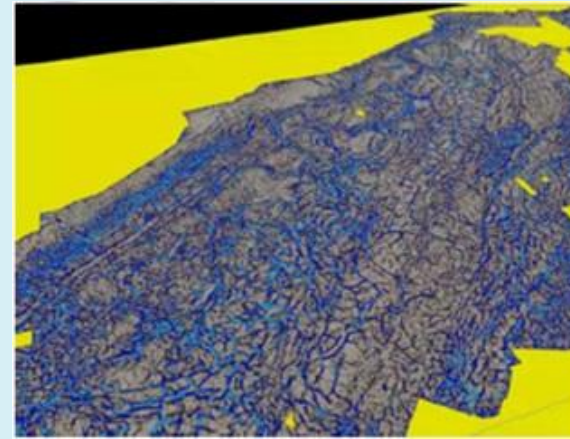
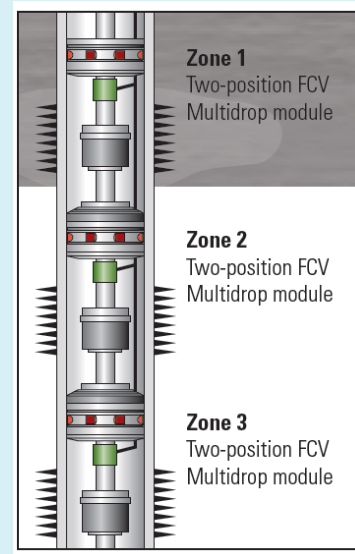
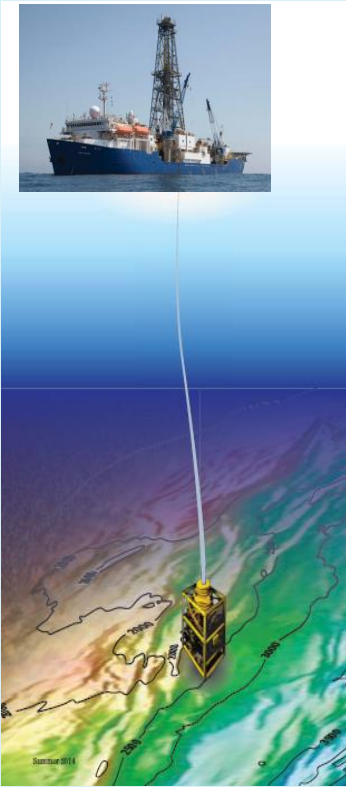
Energía liberada por el mayor impacto con asteroide (Fin Cretácico) ≈ 500 ZJ

(85% Reservas / Recursos Hidrocarburos)

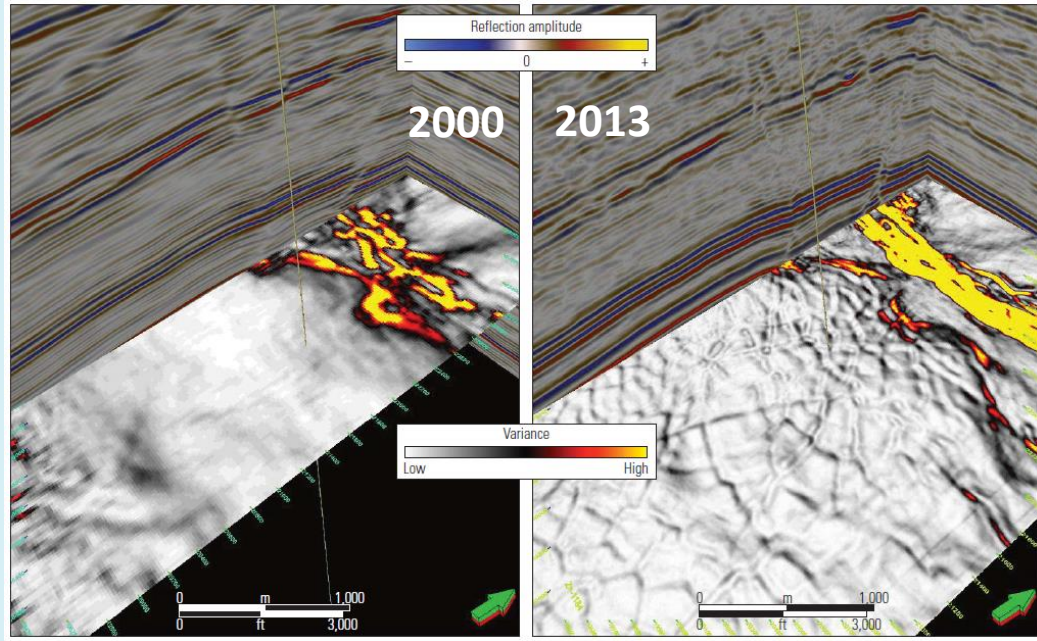
Datos año 2013. Fuente: <http://www.bgr.bund.de/>

El petróleo y el gas no se acabarán

Parte 2. Tecnologías que lo hicieron posible



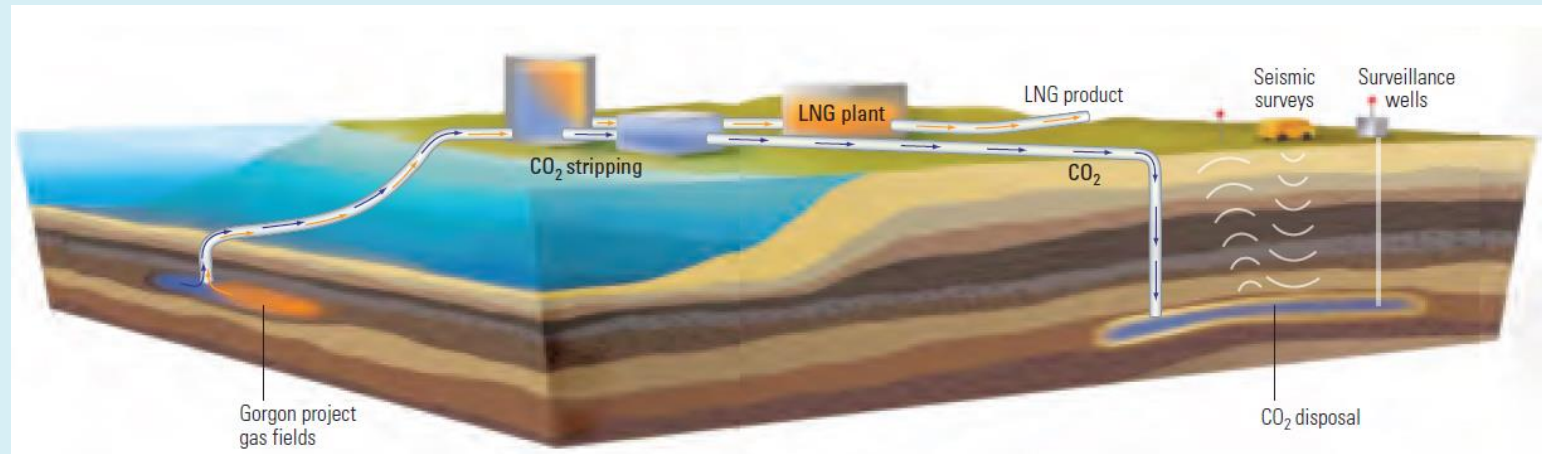
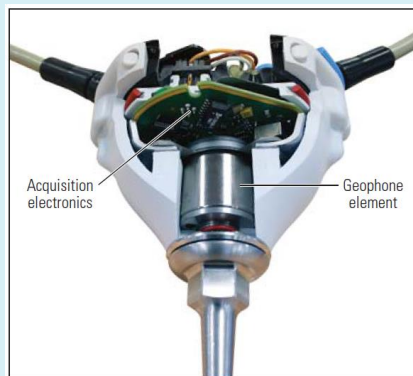
Sísmica 3D / 4D



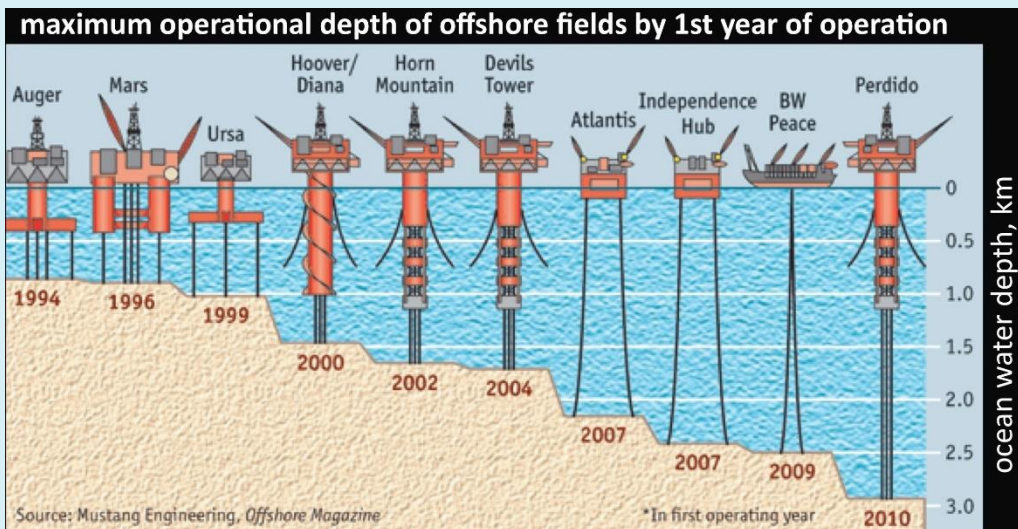
Schlumberger, Oilfield Review, 2014

- Mejoras en las herramientas de adquisición
- Mejoras en los algoritmos de procesamiento de las señales
- Incremento x1000 en 10 años de la velocidad de procesamiento

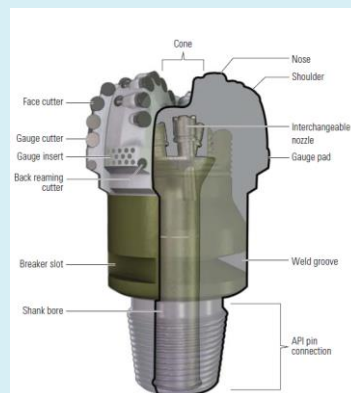
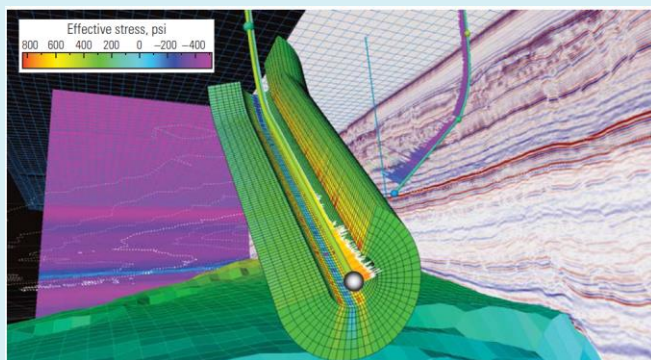
Observar la Dinámica de Reservorios por cambios en la propagación de las ondas acústicas. Almacenamiento de CO₂/EOR



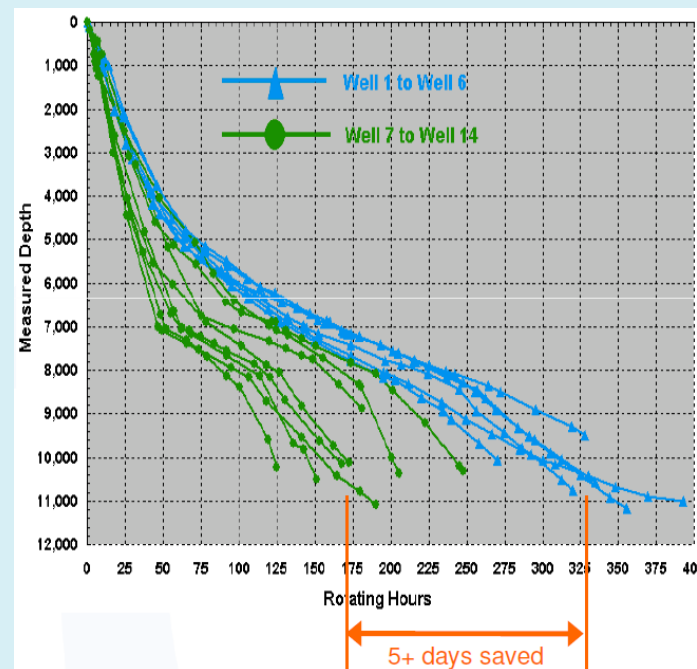
Perforación



- Herramientas que permiten “ver” hacia adelante y hacia los costados del trépano
- Durabilidad de las herramientas (uptime)
- Materiales que soportan mayores presiones, temperaturas y corrosión
- Perforación underbalanced



Trépanos

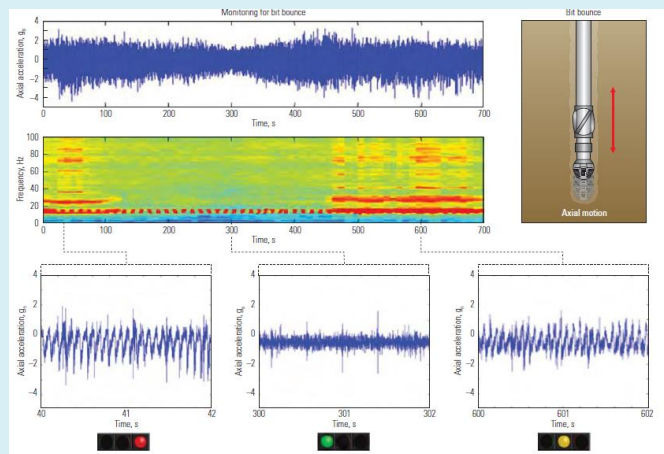
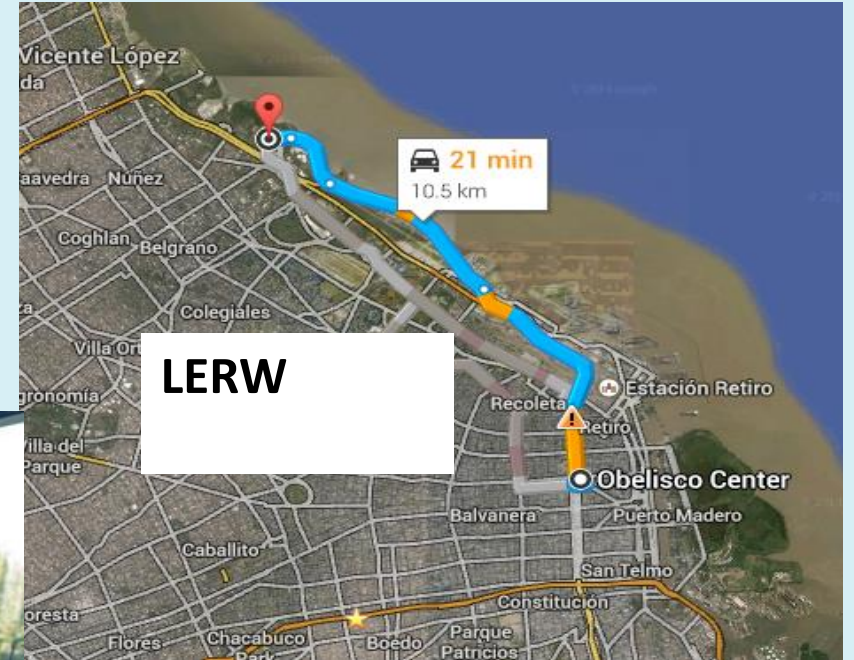
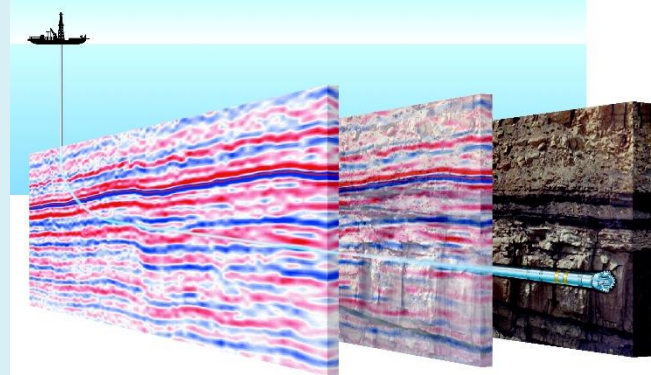


Mayor eficiencia
Mayor seguridad
Menores costos/m

LWD



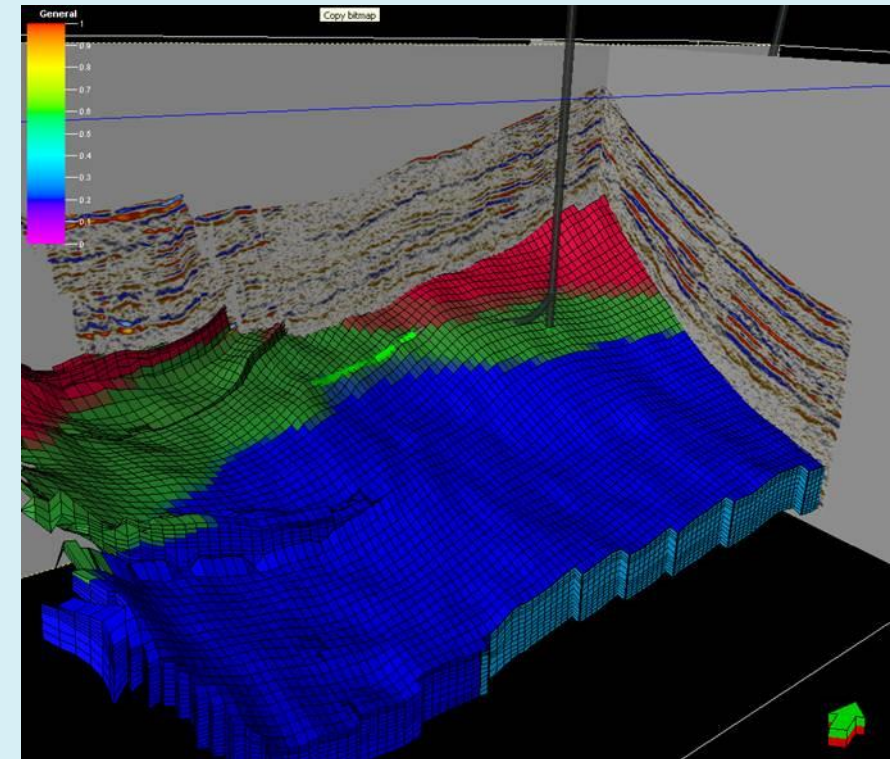
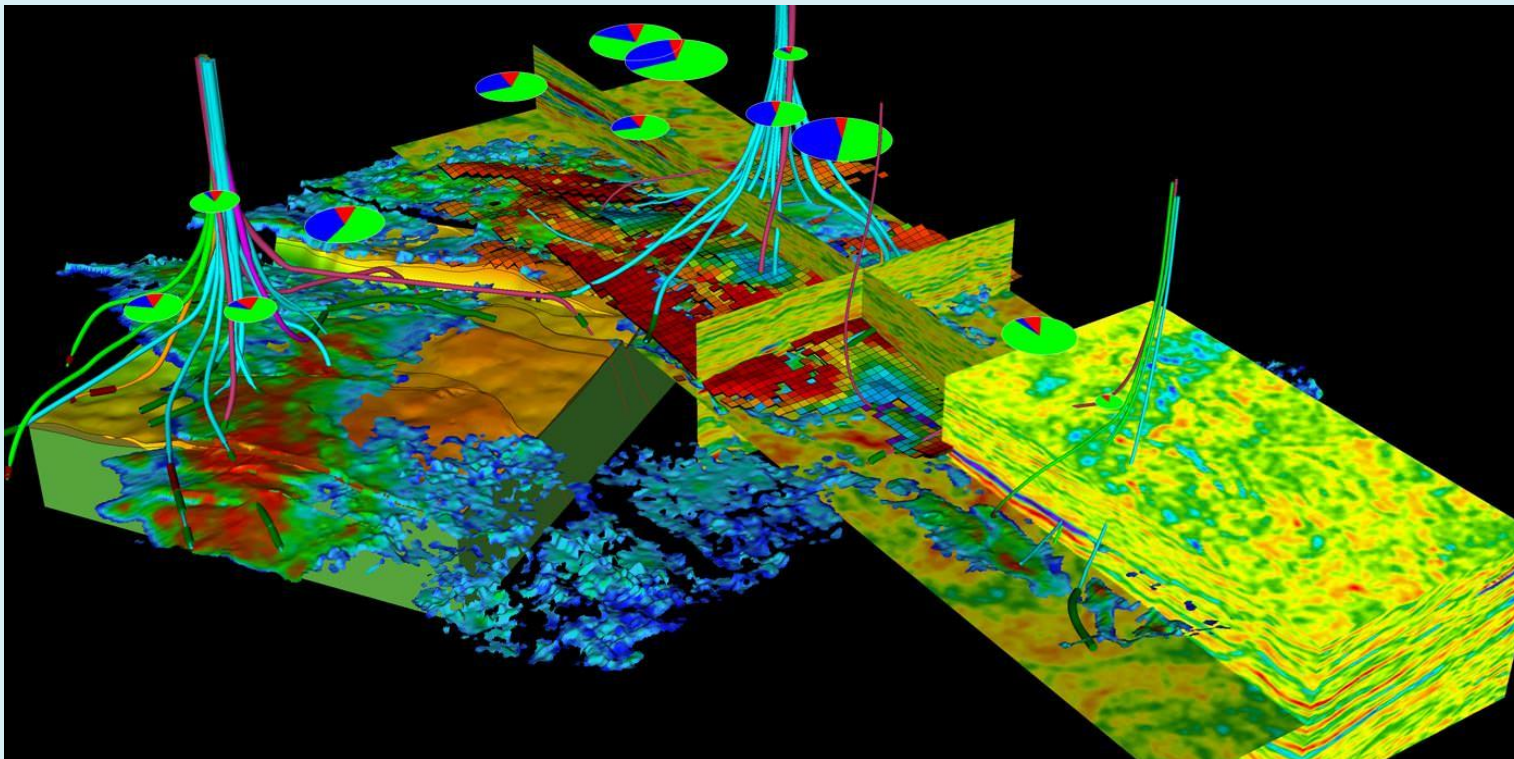
Perforación



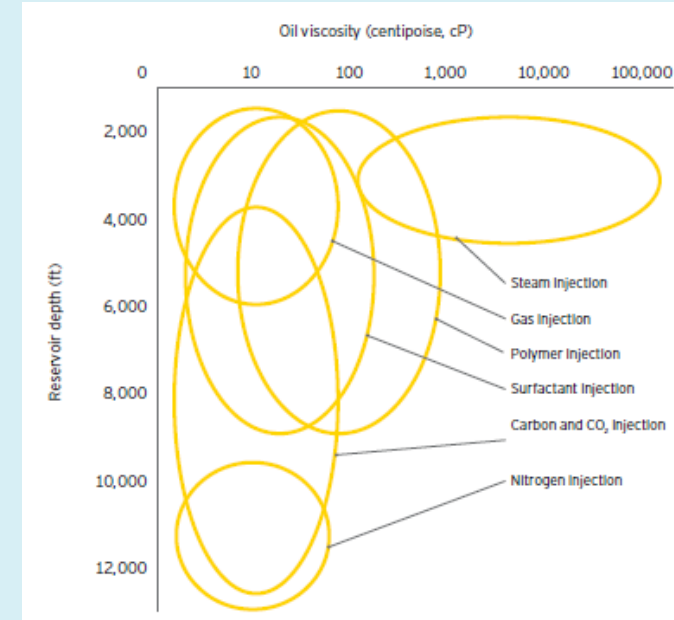
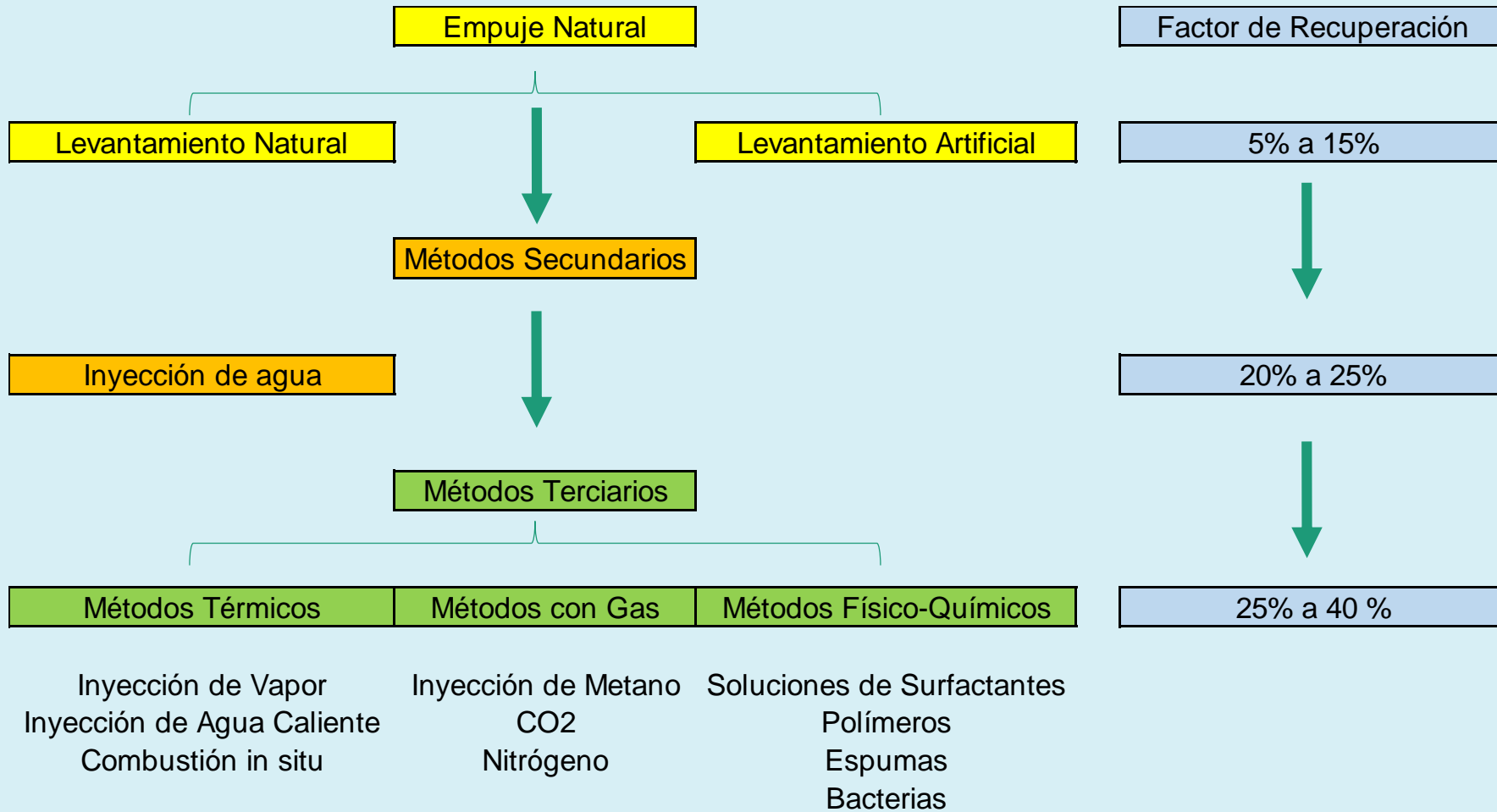
Mejores fluidos de perforación
Mejor control sobre todos los
parámetros de la perforación
Sensores en el BHA y análisis
on-the-fly del estado del trépano

Alcance de las predicciones

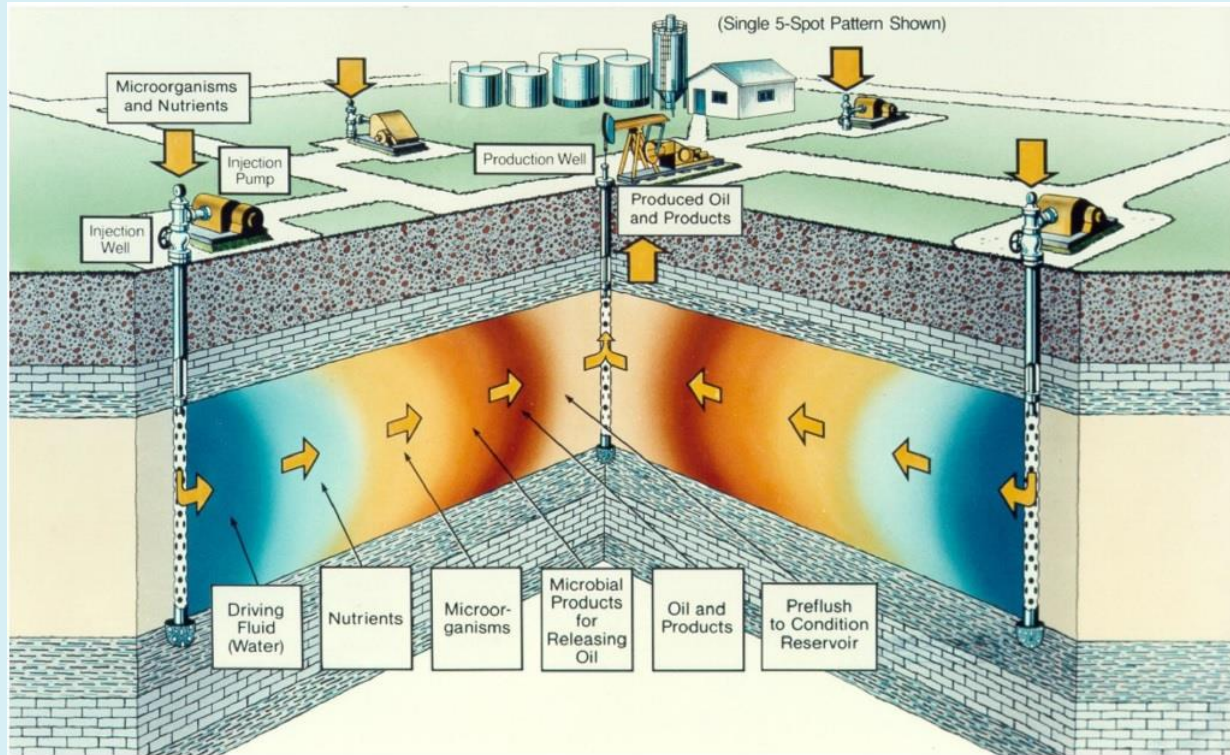
Capacidad sin precedentes de modelar y simular en forma acoplada la dinámica de reservorio + pozo + instalaciones de superficie + plantas de tratamiento



Enhanced Oil Recovery (EOR)



EOR y MEOR



EOR TERMAL

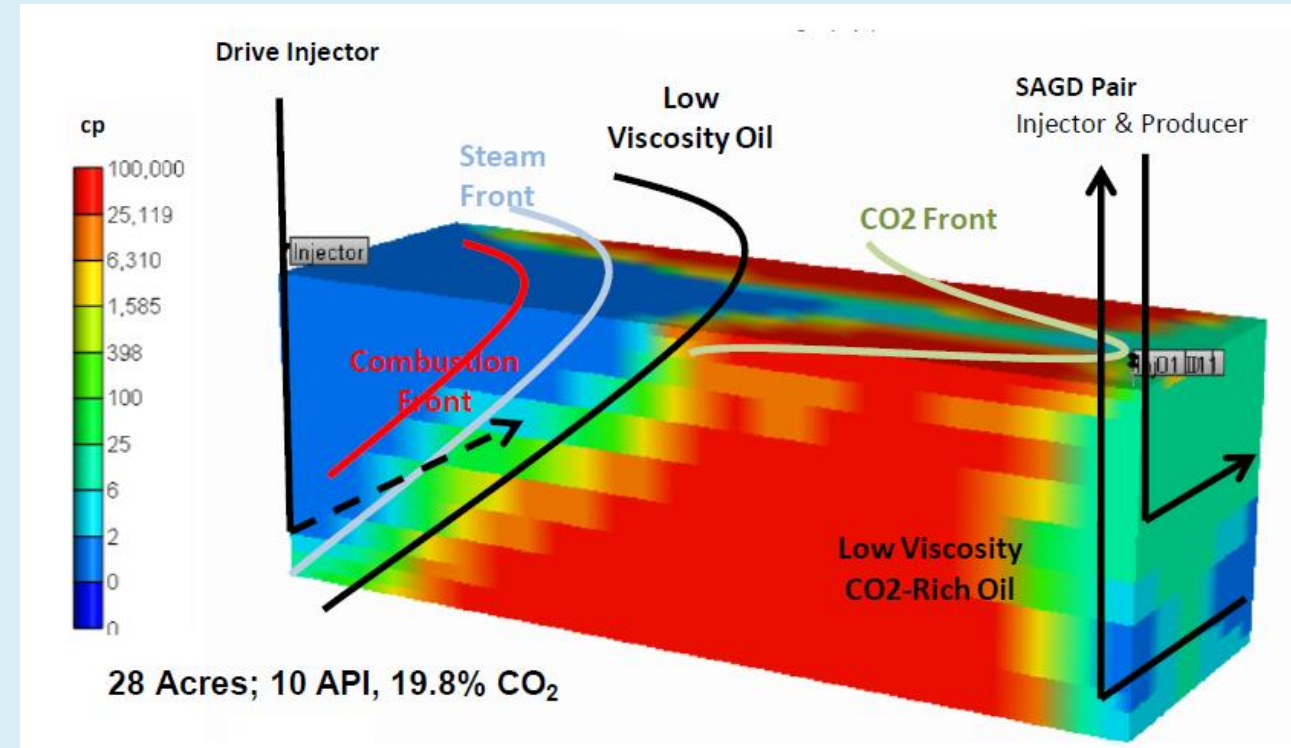
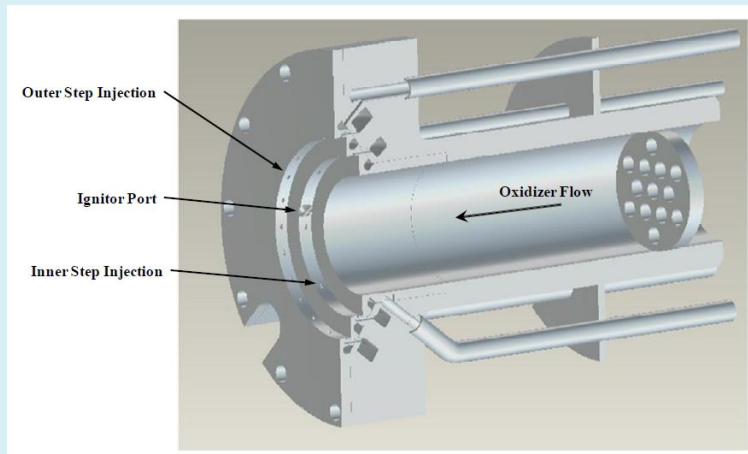
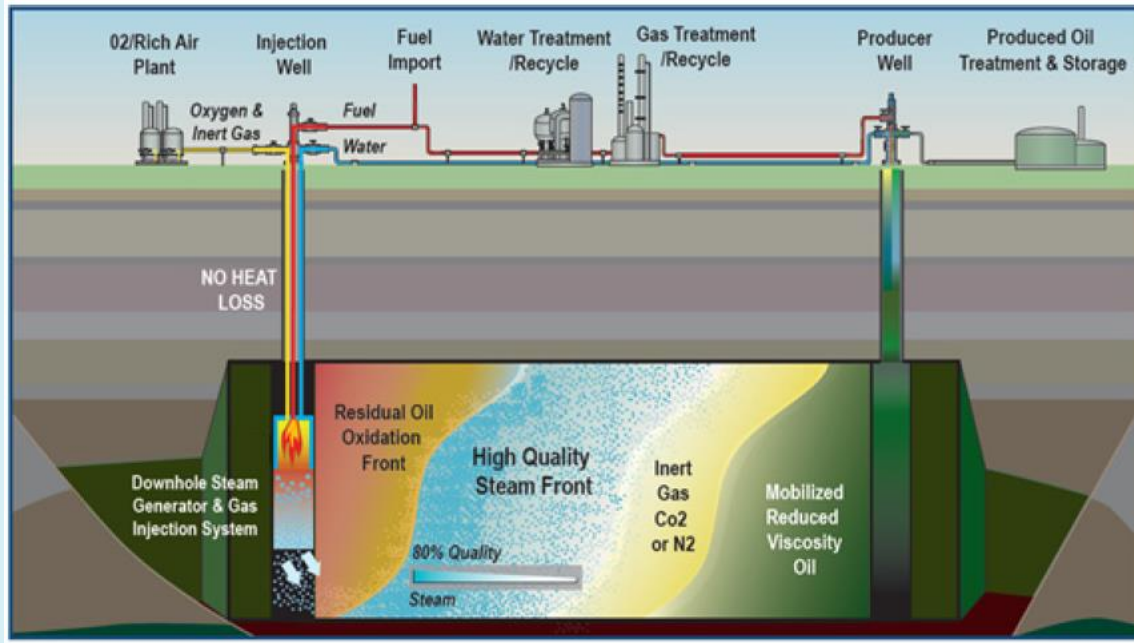
- Steam flooding
- Cyclic Steam Stimulation (CSS)
- SAGD (Steam-Assisted Gravity Drainage)
- Thermal VAPEX
- Hot water flooding
- Hot solvent injection
- In-situ combustion (Air Injection)

EOR QUIMICO

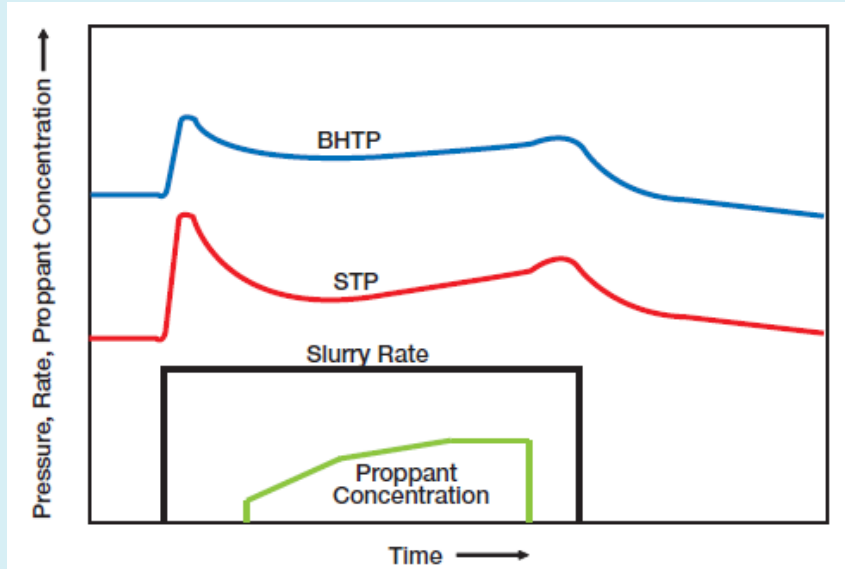
- Foams, emulsions and foamy oil
- ASP (Alkaline-Surfactant-Polymer) flooding
- Microbial EOR
- VAPEX
- Low salinity waterflooding

Es probable que hoy el potencial de producción de petróleo por métodos EOR a partir de recursos conocidos exceda al de nuevos descubrimientos

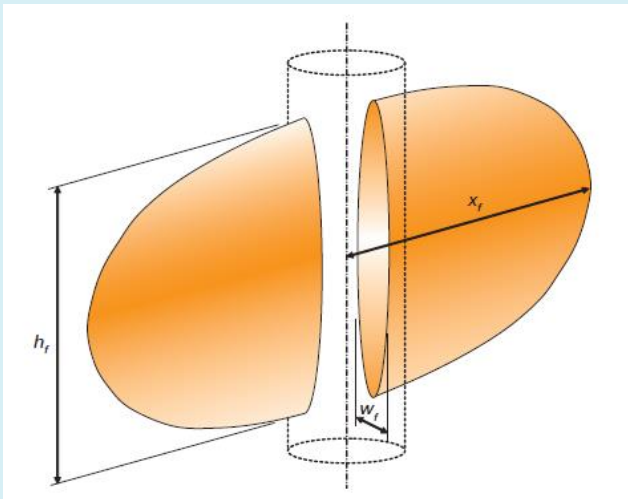
Petróleos pesados (EOR Thermal)



Fracturas Hidráulicas



Energy Gain	Energy Use
Conversion of mechanical energy into pressure and rate by frac pumps Hydrostatic head	Wellbore friction Perforation friction Tortuosity Fluid friction in fracture Overcoming in-situ stresses Fluid leakoff Producing fracture width Splitting rock at the fracture tip



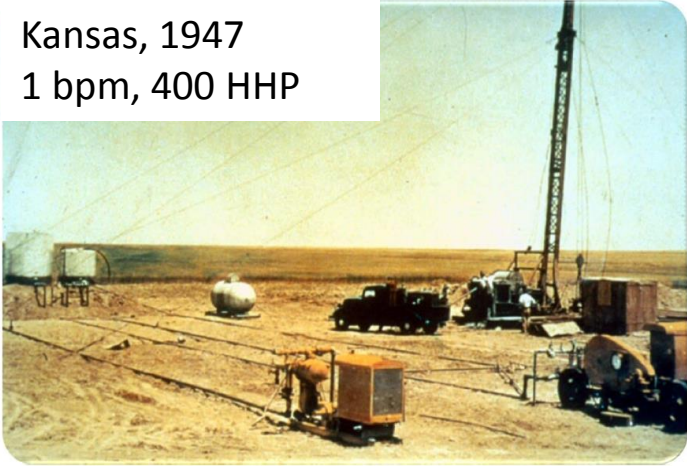
Agente de sostén
(proppant)



Gelificante
+
XLink
+
Ruptor

Fracturas Hidráulicas

Kansas, 1947
1 bpm, 400 HHP



CONVENCIONALES



TDF, 2010
15 bpm, 3000 HHP



Volumen inyectado: 450 m³

NO-CONVENCIONALES

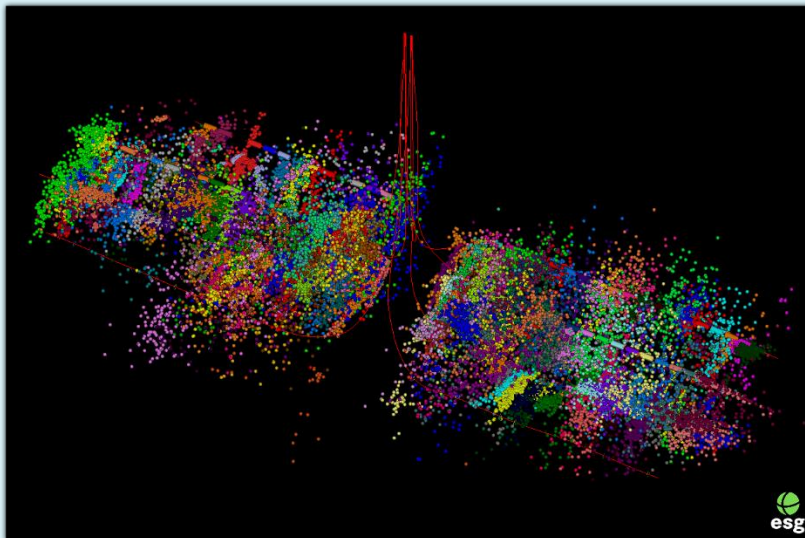
20000 HHP \approx 15 MW
90 bpm \approx 855 m³/hora



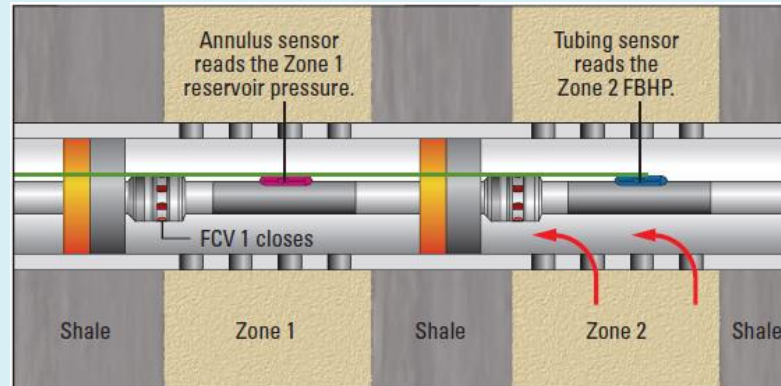
2012, 90 bpm
20000 HHP

Volumen inyectado x Etapa: 25000 m³

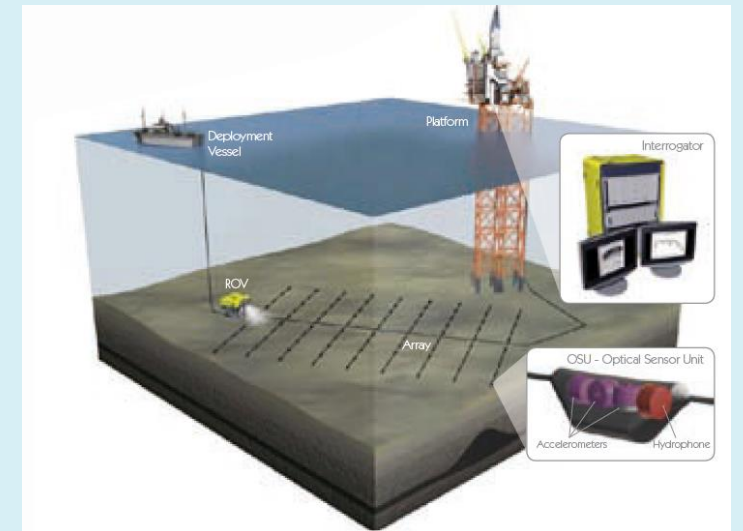
Técnicas de Monitoreo



Monitoreo de Fracturas Hidráulicas

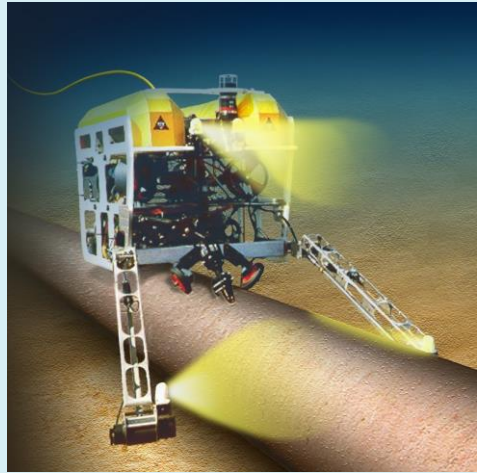


Pozos inteligentes
(sensores de fluidos y controles de válvulas para regular la entrada de fluidos en fondo y/o el perfil de presiones)

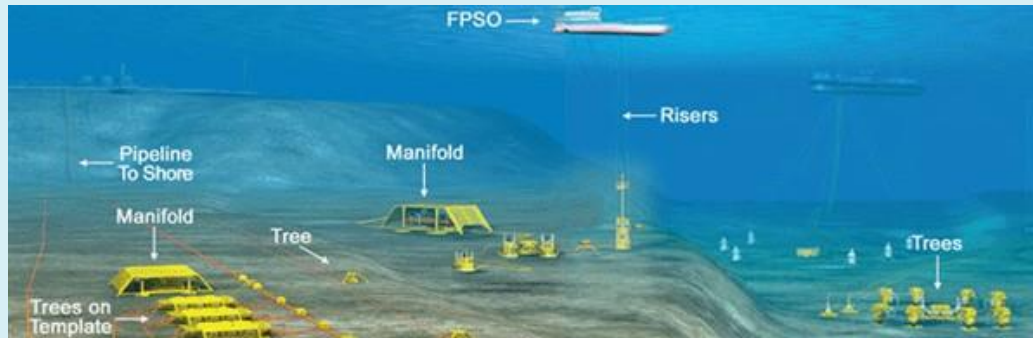


Sensores de Fibra Óptica distribuidos en pozos y en lechos marinos

Construcciones Off-Shore y Avances en Distribución



ROV



Construcciones Submarinas



Floating Production Storage and Offloading

Precios: Todo esto requiere MUCHA inversión

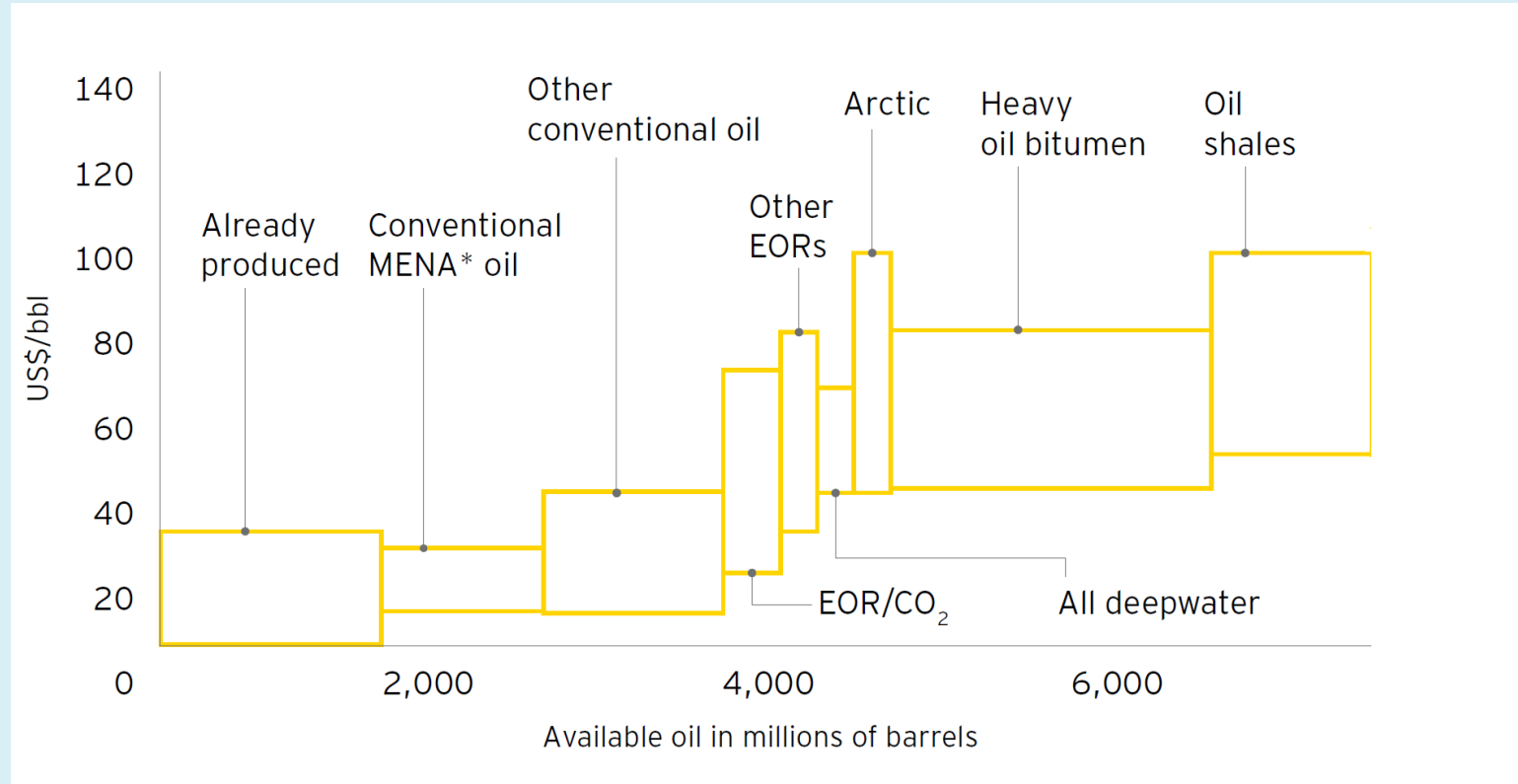
AN EXPLORATION&DEVELOPMENT BOOM IS UNDERWAY
A huge investment cycle started in 2003, and boomed from 2010 on

2010-2012 BOOM:
around **\$1.5 trillions**
invested for oil&gas E&P

EXPLORATION SPENDING
RECORD
about **\$90 billions** in 2011

EXPLORATION&DEVELOPMENT
RECORD
more than **\$550 billion** in 2011

2012: AN ALL-TIME RECORD?
Preliminary estimates shows
that the pace of E&P investments
is set to overcome **\$600 billions**



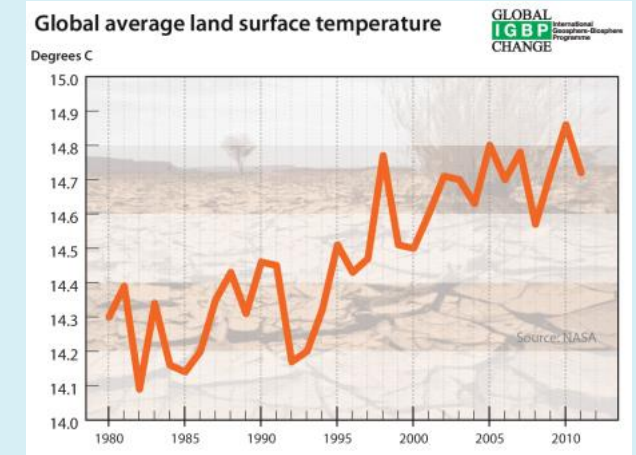
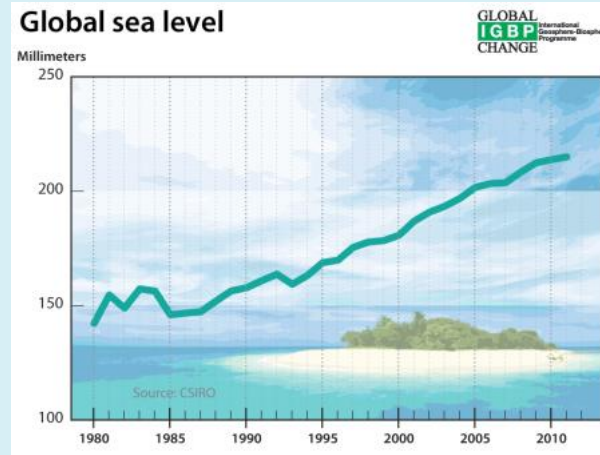
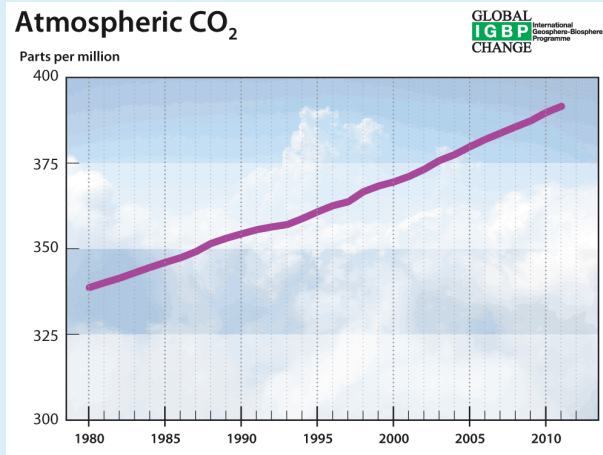
Parte 3.

¿Podemos seguir así?

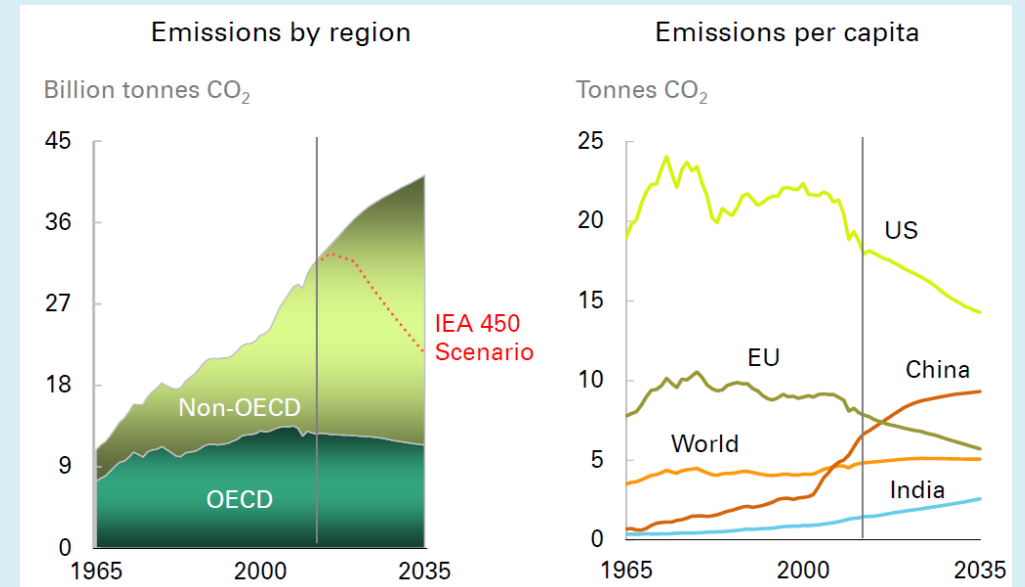


La oferta
de hidrocarburos
ya no es un problema

¿Cuánto más [CO₂] en la atmósfera es aceptable?



Hay consenso que [CO₂] máxima en la atmósfera no debe exceder las 300 ppm. Hoy es 400 ppm, y aumenta a una tasa de 2 ppm/año.



Mayor ahorro de energía

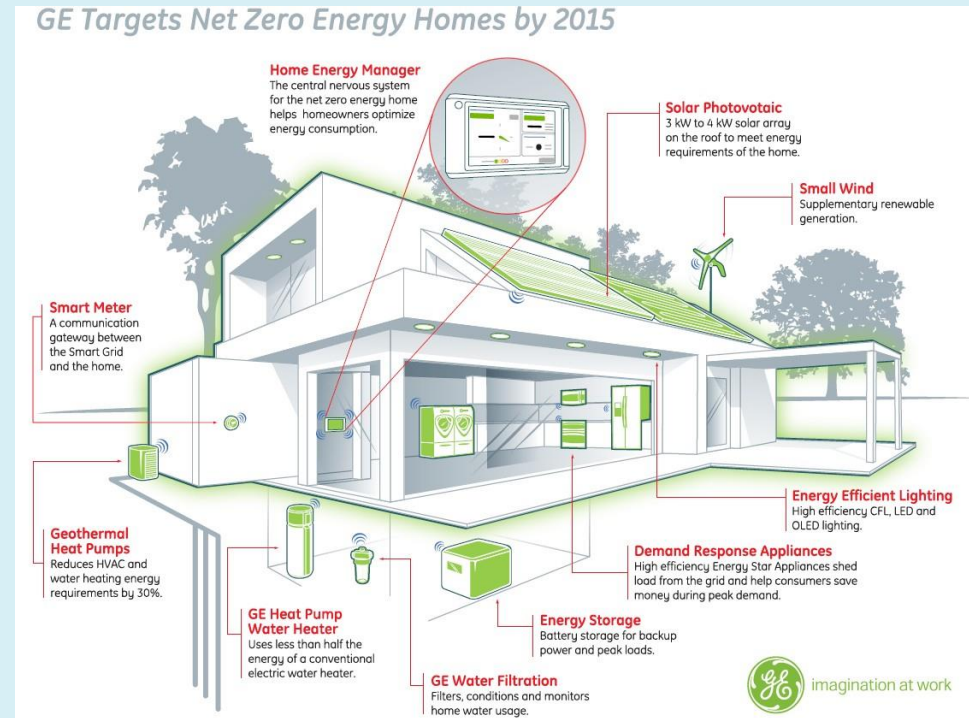
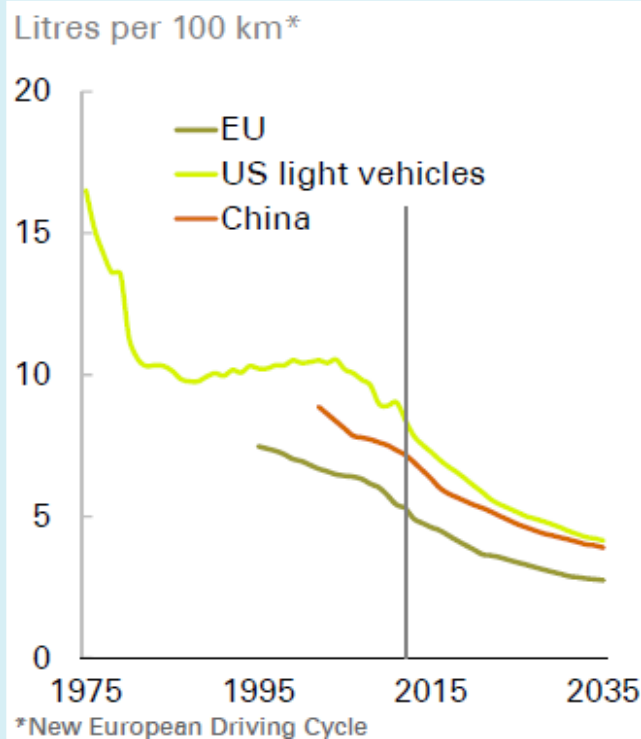


La energía que se pierde es invisible a los ojos.

Techos: 30% ; Muros: 25% ;
Renovación de aire: 20%; Ventanas: 13% ;
Suelo: 7% ; Puentes térmicos: 5%

Mejorar de aislaciones
Cambiar hábitos de consumo

Aumento de la eficiencia

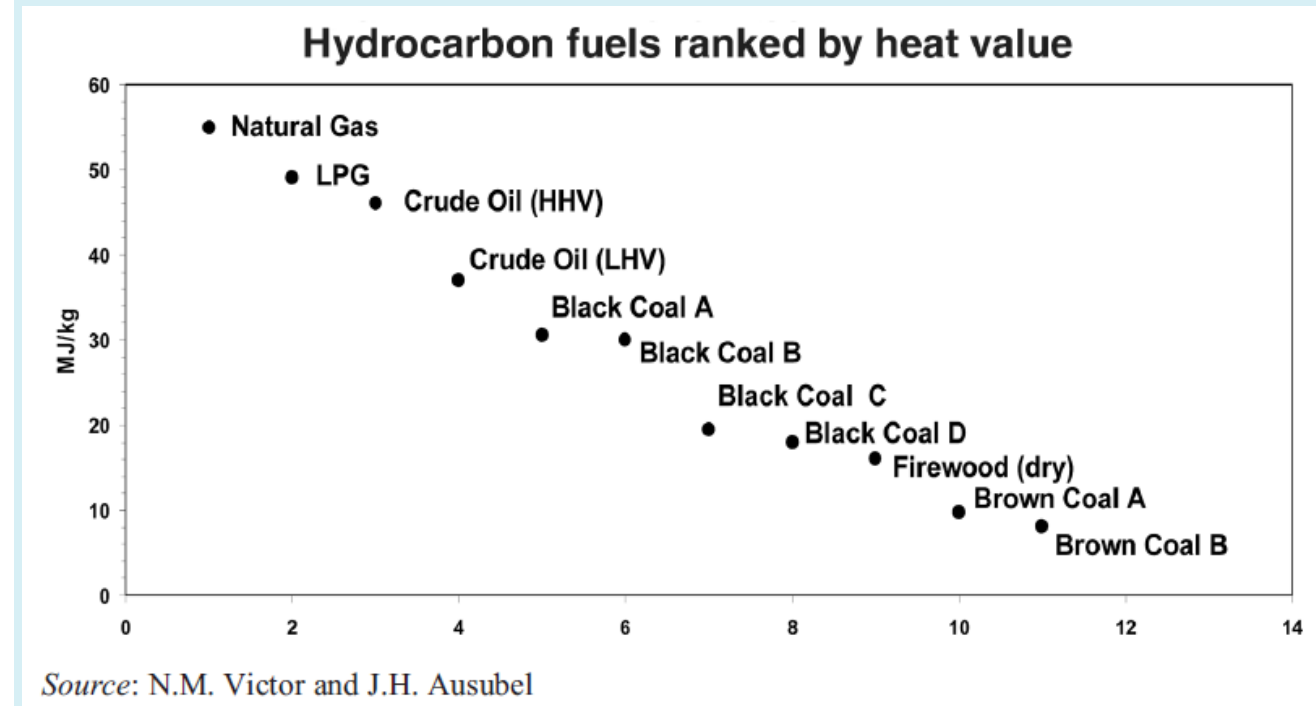
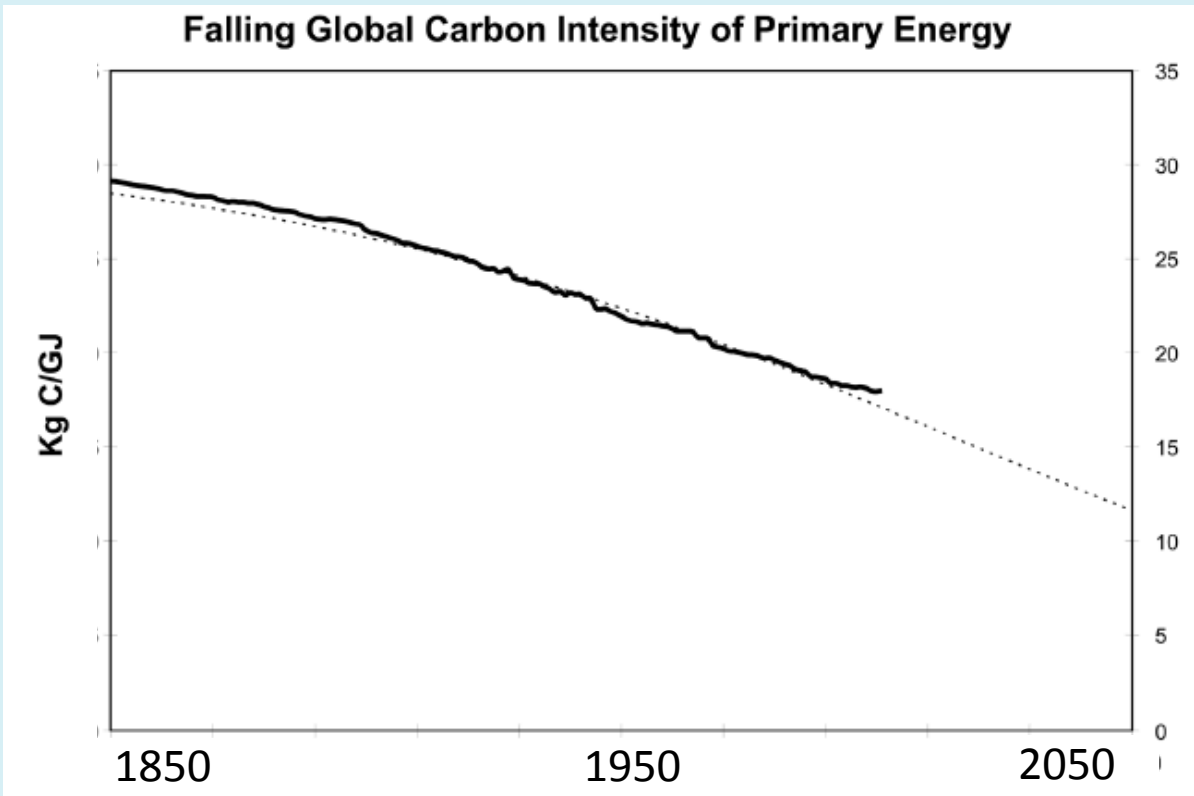


Más gas en la matriz energética

Evolución del Ratio de átomos de Carbono/Hidrógeno en los combustibles usados

Madera: 10/1 → Carbón: 2/1 → Petróleo: 1/2 → Gas: 1/4

“Le mieux est l'ennemi du bien”, Voltaire



Conclusiones

- La tecnología expandió tanto la frontera de los recursos hidrocarburíferos, que la disponibilidad ya no es más el problema. Además se mejoró el reparto mundial del acceso.

Conclusiones

- La tecnología expandió tanto la frontera de los recursos hidrocarburíferos, que la disponibilidad ya no es más el problema. Además se mejoró el reparto mundial del acceso.
- Los esfuerzos deben dirigirse a aumentar la participación del gas, y a mejorar la eficiencia de conversión de la energía primaria en luz, movimiento, calor, refrigeración, etc... Hoy la transformación tiene una eficiencia baja 12%

Conclusiones

- La tecnología expandió tanto la frontera de los recursos hidrocarburíferos, que la disponibilidad ya no es más el problema. Además se mejoró el reparto mundial del acceso.
- Los esfuerzos deben dirigirse a aumentar la participación del gas, y a mejorar la eficiencia de conversión de la energía primaria en luz, movimiento, calor, refrigeración, etc... Hoy la transformación tiene una eficiencia baja 12%
- Los Estados deben subvencionar el ahorro de energía, nunca más el consumo

Conclusiones

- La tecnología expandió tanto la frontera de los recursos hidrocarburíferos, que la disponibilidad ya no es más el problema. Además se mejoró el reparto mundial del acceso.
- Los esfuerzos deben dirigirse a aumentar la participación del gas, y a mejorar la eficiencia de conversión de la energía primaria en luz, movimiento, calor, refrigeración, etc... Hoy la transformación tiene una eficiencia baja 12%
- Los Estados deben subvencionar el ahorro de energía, nunca más el consumo
- La tecnología tiene que jugar un rol crítico en la transición hacia un escenario energético más sustentable

“By acting now, we can control our future instead of letting the future control us...”

“Conservation is the quickest, cheapest, most practical source of energy...”

“Prices should generally reflect the true replacement costs of energy. We are only cheating ourselves if we make energy artificially cheap and use more than we can really afford...”

“We must start now to develop the new, unconventional sources of energy we will rely on in the next century”

Jimmy Carter, 1977

FIN

