



**AE-COFIS. Energías de Futuro. Organizada por  
el Colegio Oficial de Físicos.**

## TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE

Javier Navarro Espada  
Director General de Industria y de la PYME  
Gobierno de Aragón  
Vicepresidente  
Fundación para el Desarrollo de las  
Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón



FUNDACIÓN PARA EL  
DESARROLLO DE LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO  
EN ARAGÓN

# Energías de Futuro



## Tecnologías del Hidrógeno y Pilas de Combustible

**Javier Navarro Espada**

Director General de Industria y de la PYME

Gobierno de Aragón

Vicepresidente

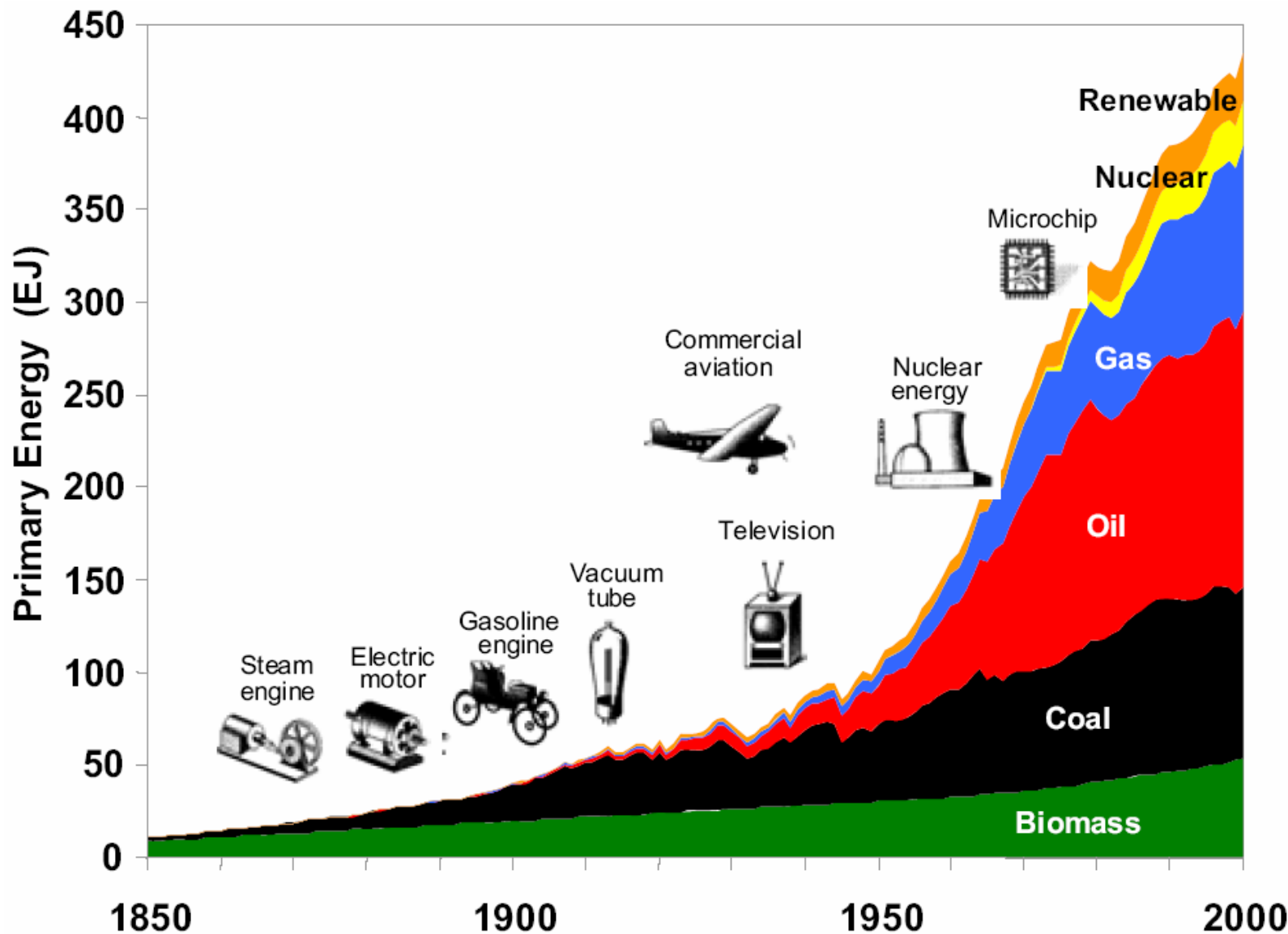
Fundación para el Desarrollo de las

Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón

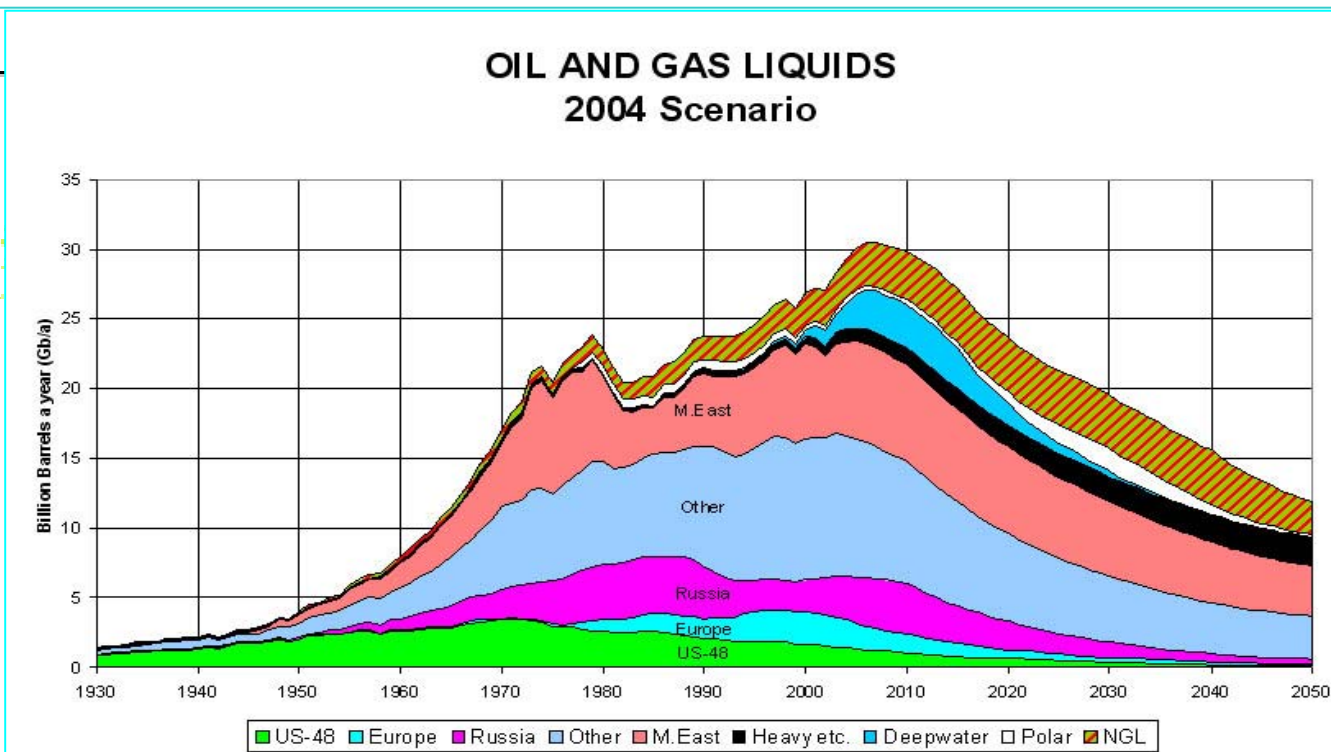
- Introducción
- Hidrógeno, vector energético
- Fuentes de obtención y producción de Hidrógeno
- Proyecto IHER
- Almacenamiento y seguridad
- Pilas de combustible
- La oportunidad del Hidrógeno y Pilas de Combustible, Aragón, estrategia regional

# **Introducción**

# Cambio de paradigma, ¿urgente?



## Reservas probadas de petróleo (2005)



Middle East  
733.9

61.7 %

Asia Pacific  
41.1

3.5 %

North  
America  
61.0

5.1 %

S. & Cent.  
America  
101.2

8.5 %

Africa  
112.2

9.4 %

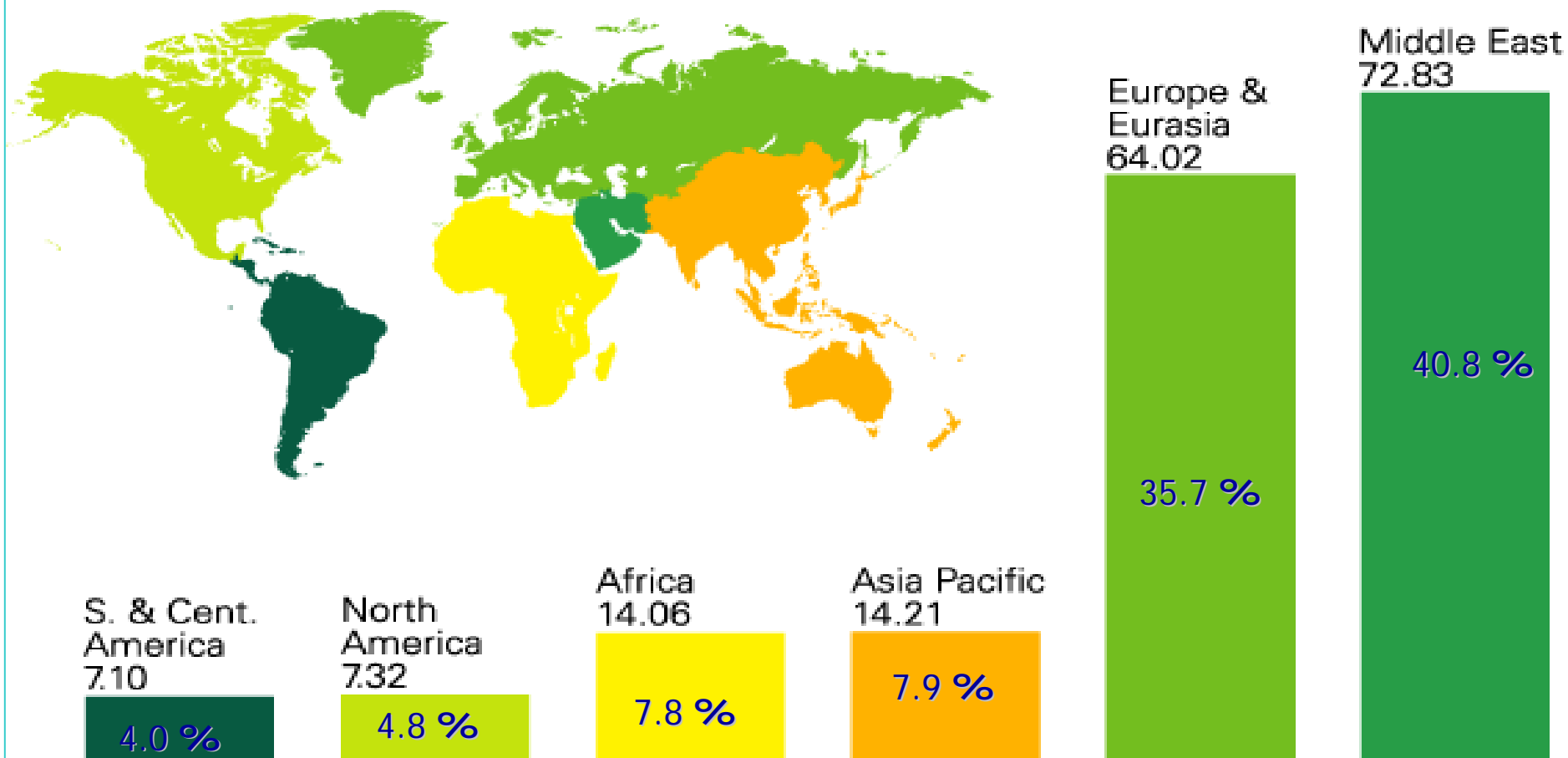
Europe &  
Eurasia  
139.2

11.7 %

## Reservas probadas de gas natural (2005)

Source: BP Statistical Review of World Energy 2005

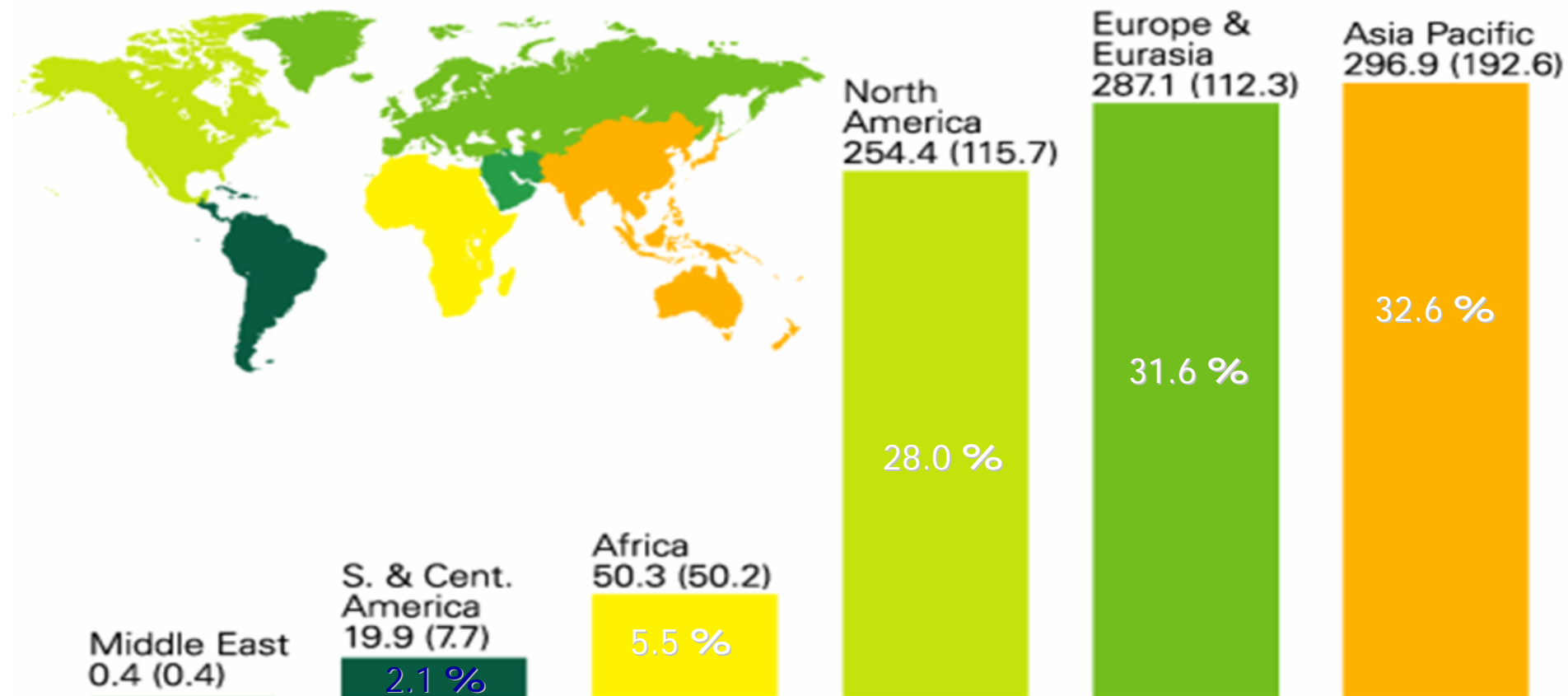
Trillion cubic metres



## Reservas probadas de carbón (2005)

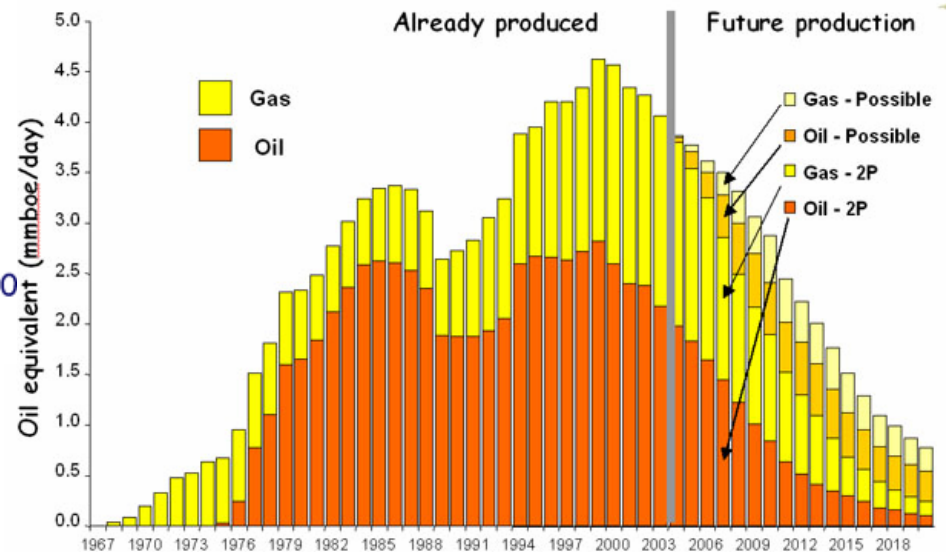
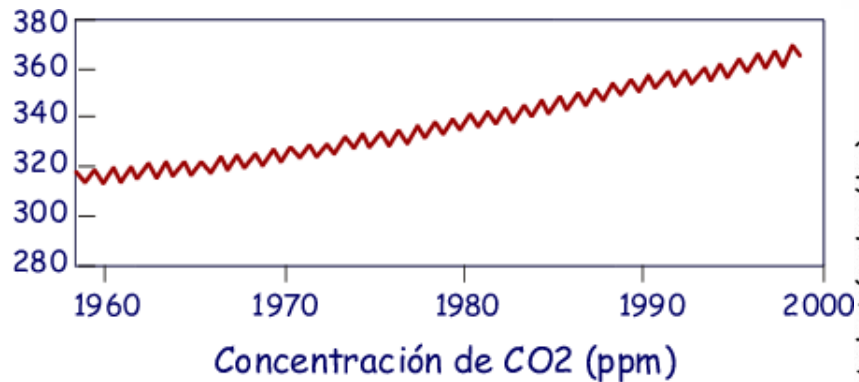
Source: BP Statistical Review of World Energy 2005

Thousand million tonnes (share of anthracite and bituminous coal is shown in brackets)





- Alta dependencia del petróleo y el gas natural
- La sociedad “carbonizada”
- Conversión energética poco eficiente
- Sistemas energéticos centralizados



# Hidrógeno

## Hidrógeno:

Elemento más ligero y más abundante del UNIVERSO

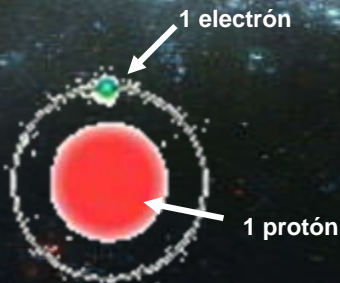
75% de la masa

90% de sus átomos

Corteza terrestre 10º elemento en peso, y 1º en número de átomos.

80% combinado en forma de agua.

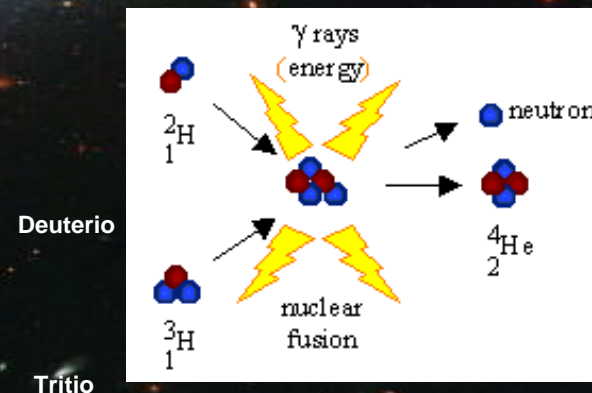
En la atmósfera, sólo 1 pmm



Átomo Hidrógeno

## Fusión Estelar:

Dos átomos de Hidrógeno ( $H^+$ ) forman uno de Helio y proporcionan ingentes cantidades de energía

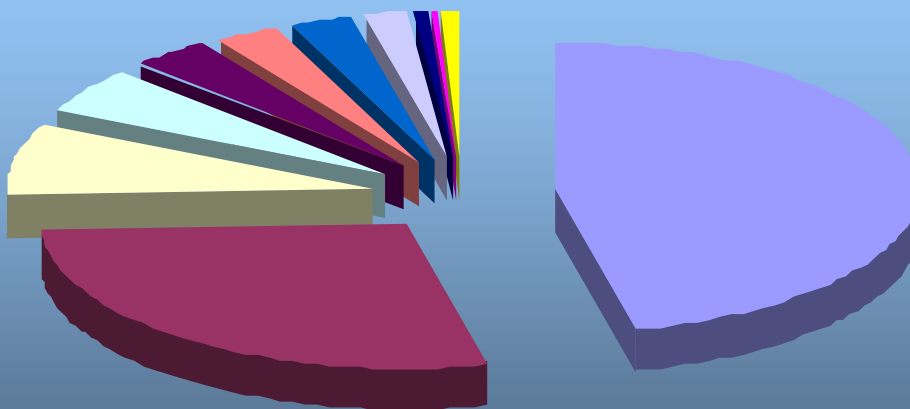


3.2 MeV

En la atmósfera terrestre se encuentra tan solo una fracción de 1 ppm en volumen



Corteza terrestre 10º elemento en peso  
Primero en número de átomos



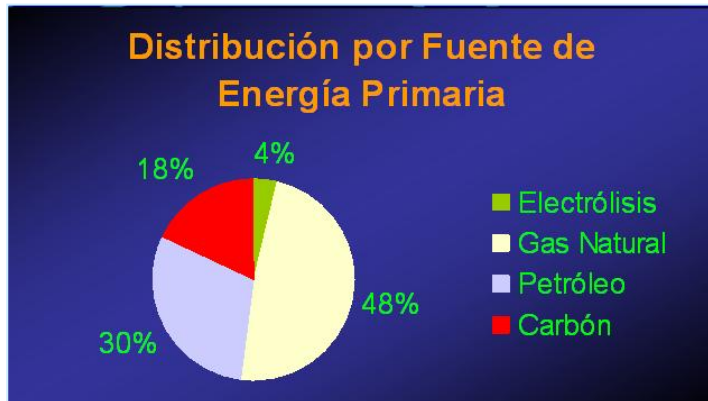
Se encuentra combinado

80% se encuentra como agua

OXIGENO	46,46
SILICIO	27,61
ALUMINIO	8,07
HIERRO	5,06
CALCIO	3,64
SODIO	2,83
POTASIO	2,58
MAGNESIO	2,07
TITANIO	0,62
HIDROGENO	0,14
LOS RESTANTES ELEMENTOS	0,92

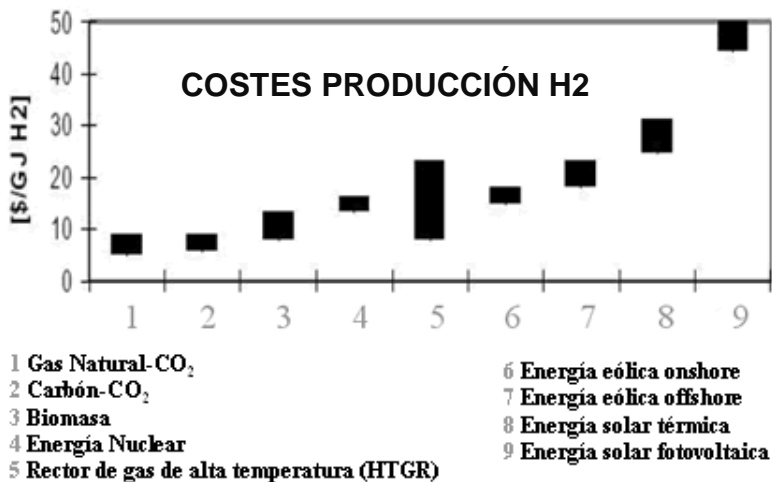
# ➤ Fuentes de obtención y producción de Hidrógeno

## Distribución por Fuente de Energía Primaria



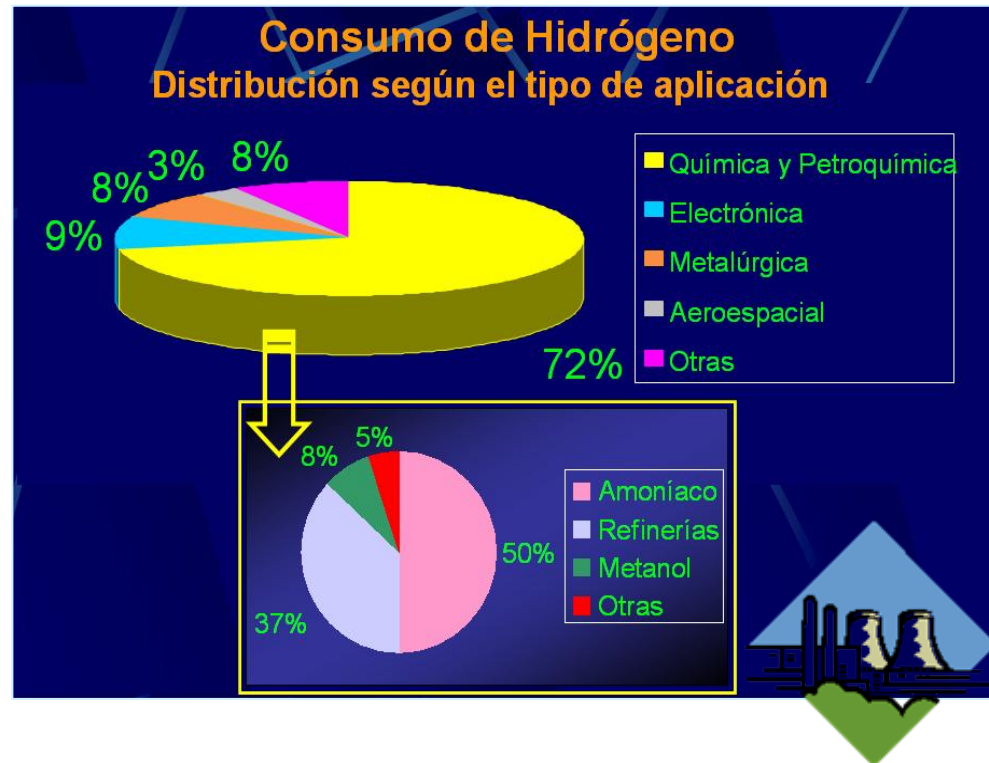
**96%** se produce a partir de **combustibles fósiles**

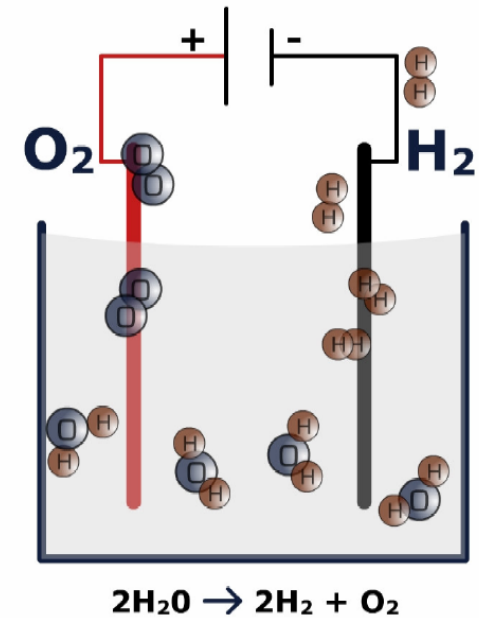
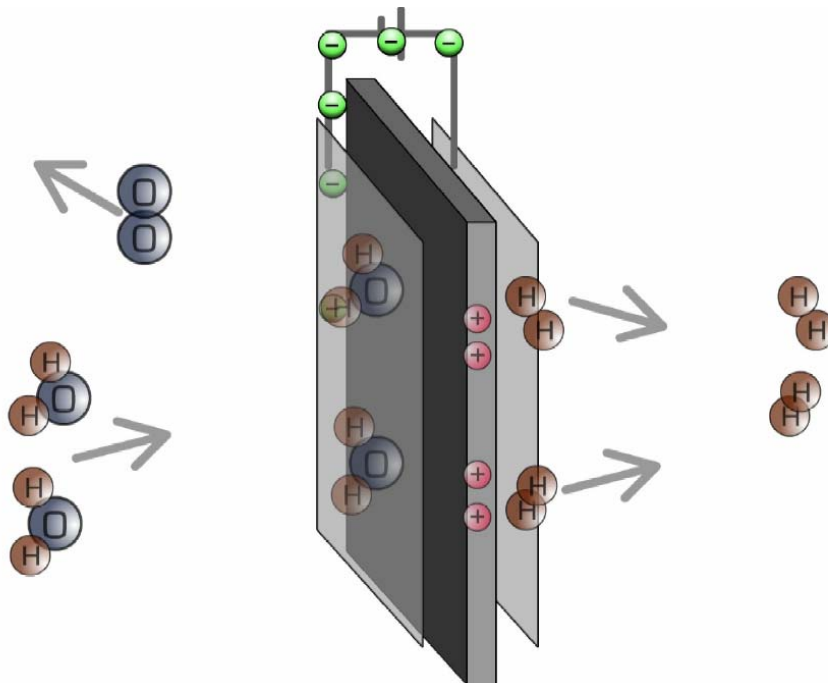
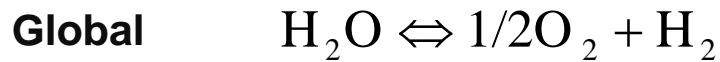
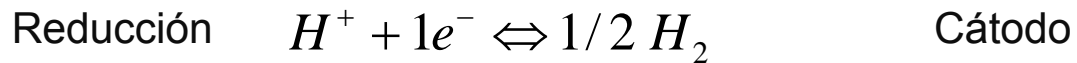
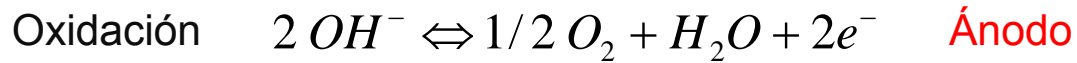
## COSTES PRODUCCIÓN H<sub>2</sub>



## El uso actual del H<sub>2</sub> es industrial, no energético

## Consumo de Hidrógeno Distribución según el tipo de aplicación

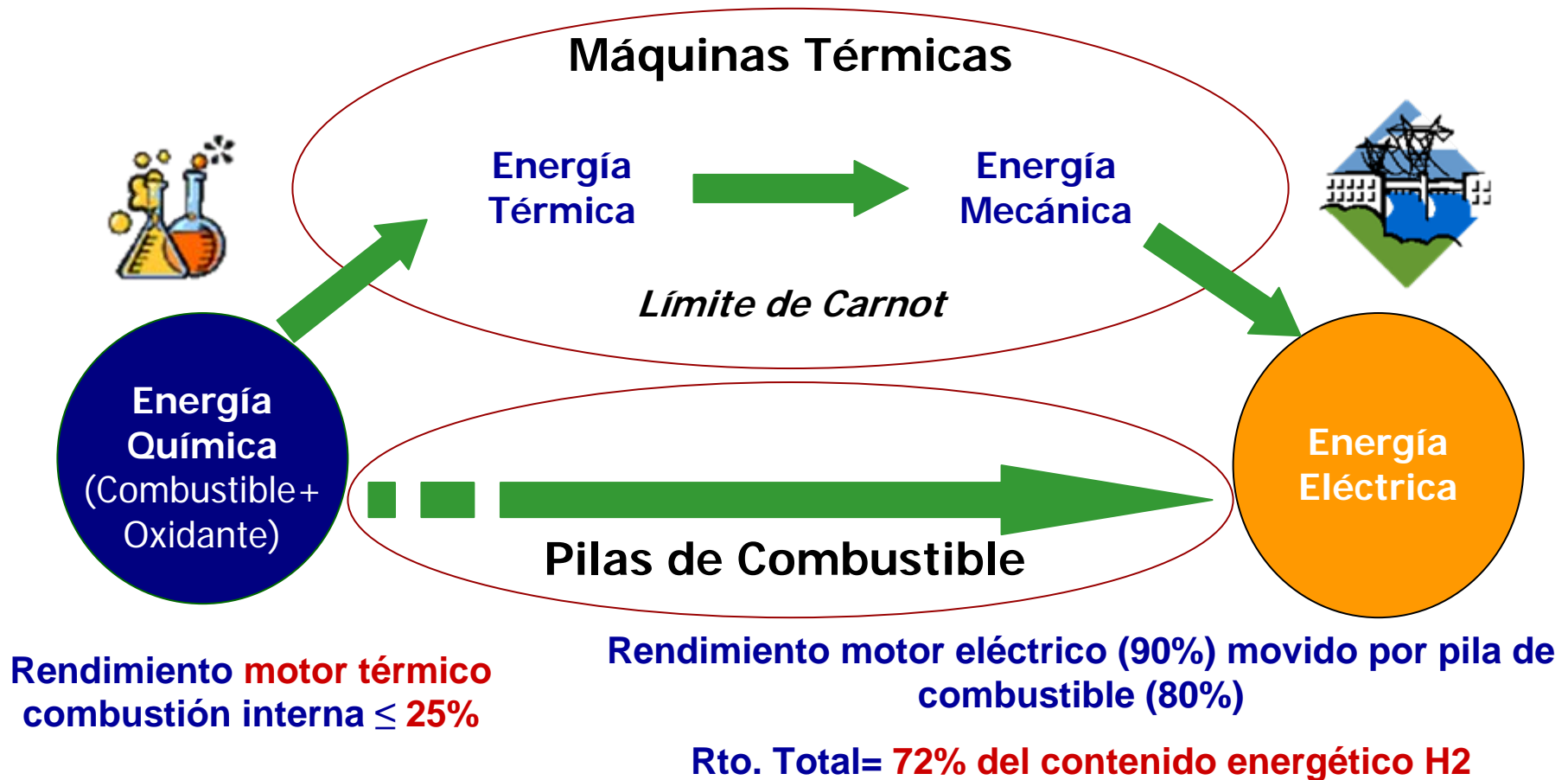
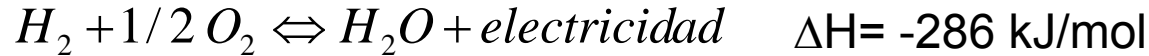




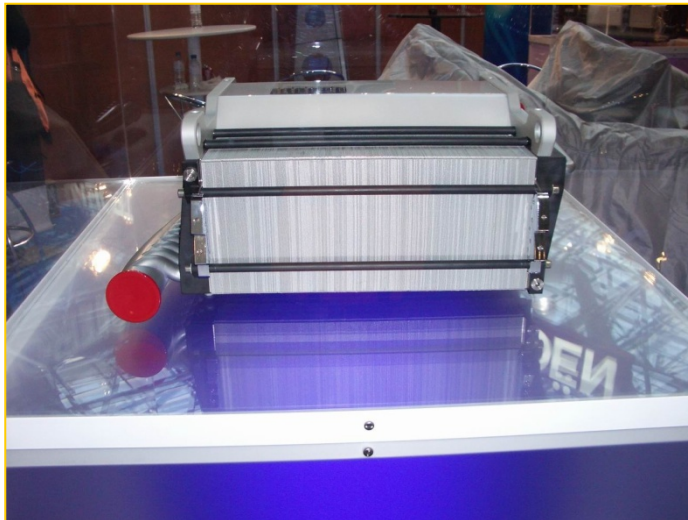
# Pilas de Combustible



De energía química a energía eléctrica



## Ventajas/Inconvenientes



- ☺ **Alta eficiencia**
- ☺ **Respuesta Rápida**
- ☺ **Sin emisiones**
- ☺ **Carácter modular**
- ☺ **Silenciosas**
- ☹ **Coste elevado**

## Aplicaciones



## Móviles



## Portátiles

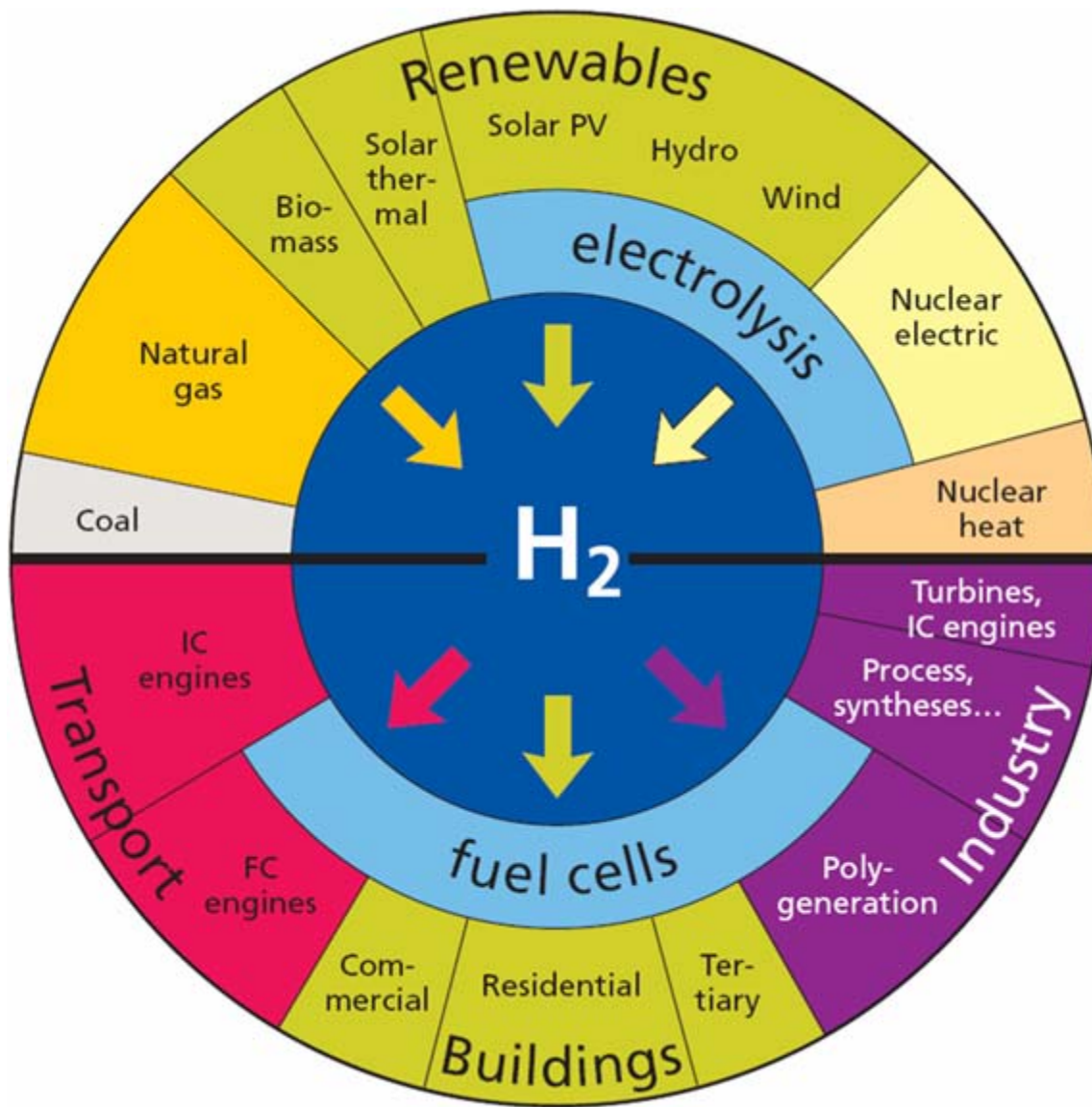


## Estacionarias



# **Hidrógeno, vector energético**

# El concepto de vector energético



## RENOVABLES

**GAS:** Gas Natural o Bio-gas por  
Reformado de vapor o Oxidación parcial

**ALGAS:** Por Fotosíntesis



**MADERA (Biomasa):**  
Por Pirólisis



**AGUA y ELECTRICIDAD:** Electrólisis  
de agua con electricidad renovable



## NO RENOVABLES

**ACEITES (Renovables o fósiles):**  
por Reformado de vapor o  
Oxidación parcial



**CARBON:** Con Gasificación

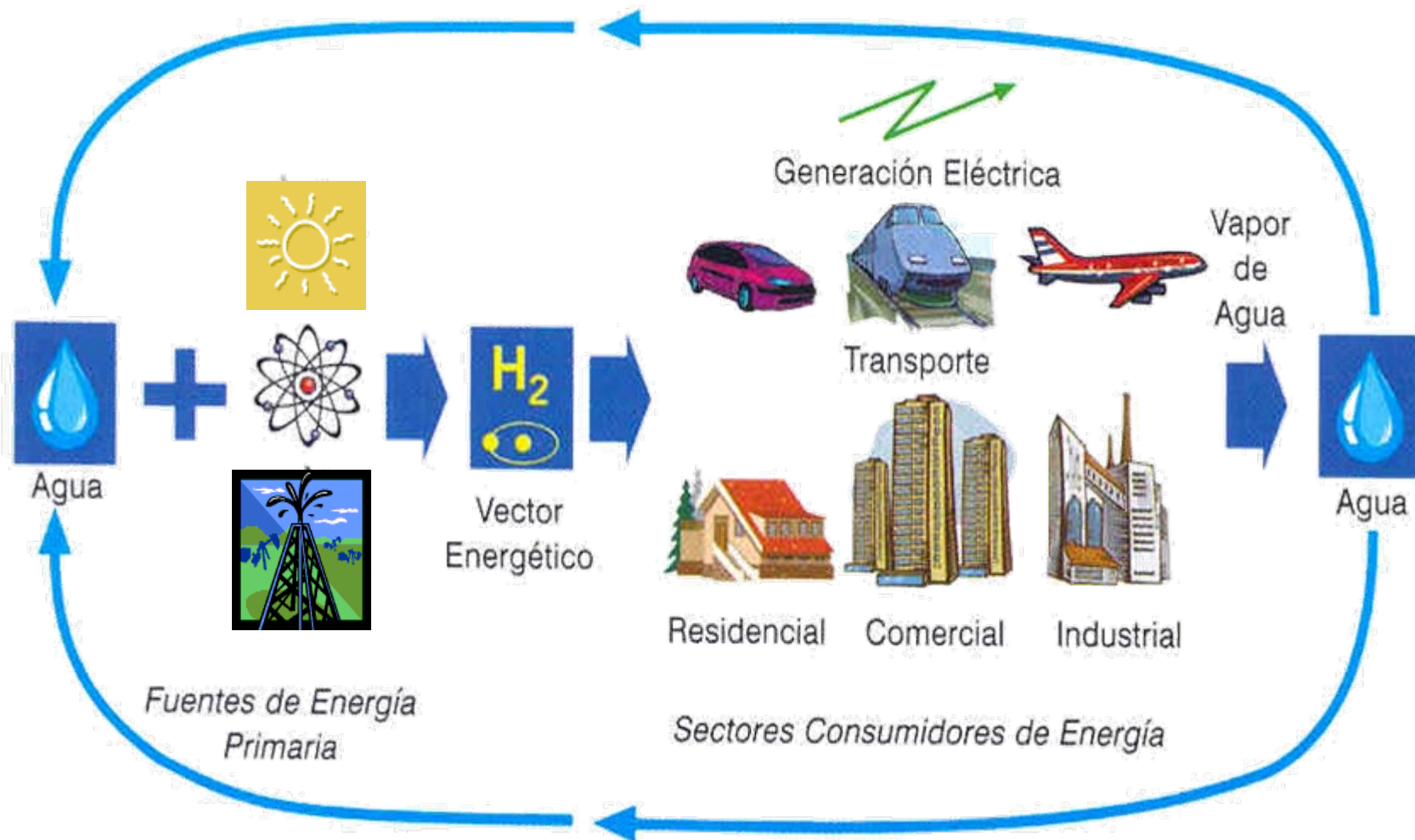


**ALCOHOLES:** Etanol,  
metanol derivados de gas o  
Biomasa con Reformado



**H<sub>2</sub>**

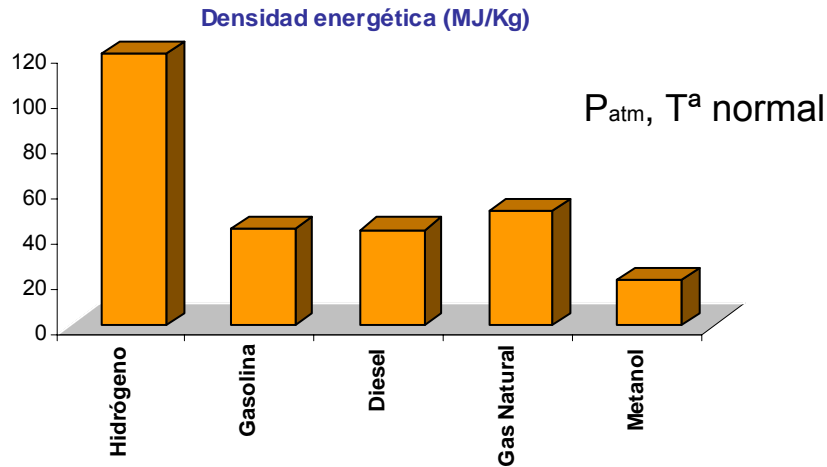
## Se cierra el ciclo



# Almacenamiento y Seguridad



## Peso

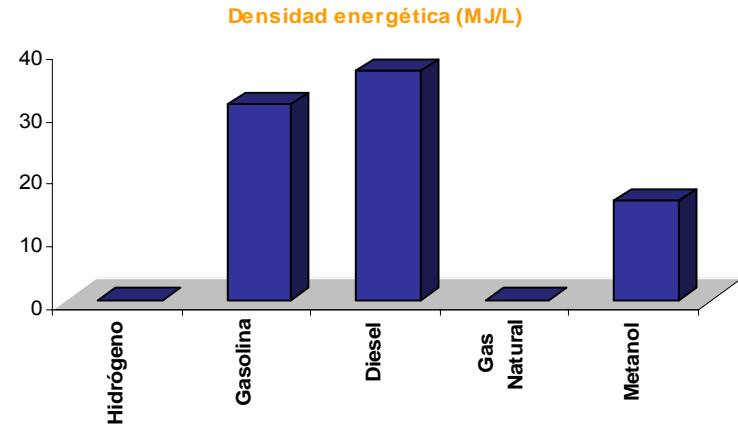


**Ratio H<sub>2</sub>/Gasolina 1:3**

**3 veces más energético**



## Volumen



**1 litro de gasolina (8,67 kWh)  
equivale a:**

3107 litros H<sub>2</sub>      Presión atmosférica

13 litros H<sub>2</sub>      200 bar

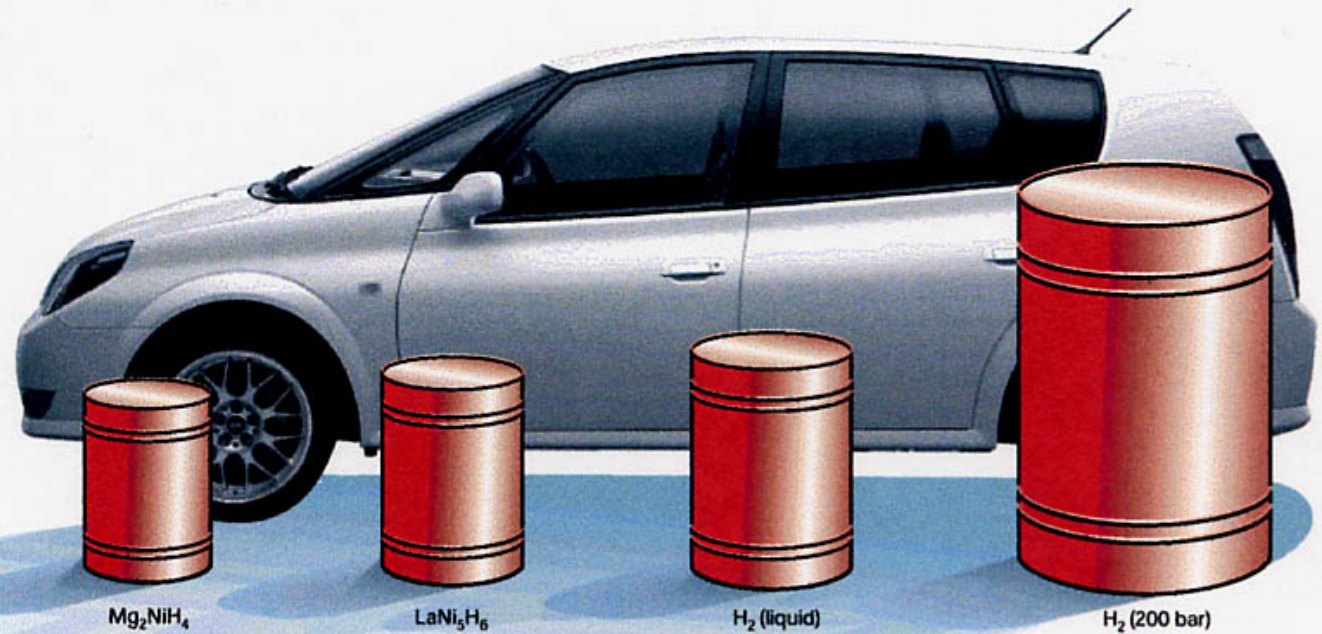
6,4 litros H<sub>2</sub>      700 bar

3,6 litros H<sub>2</sub>      líquido (-253°C)

**Punto crítico: almacenamiento**

## Comparación del Volumen de Almacenamiento de 4 kg H<sub>2</sub> en un vehículo

**Figure 1** Volume of 4 kg of hydrogen compacted in different ways, with size relative to the size of a car. (Image of car courtesy of Toyota press information, 33rd Tokyo Motor Show, 1999.)



Sólido: nanoestructuras

Líquido: -253°C

Gas

El H<sub>2</sub> es un gas inflamable, que se suele almacenar a presión.

Se maneja a nivel industrial con muy altos índices de seguridad.

## Seguridad con Hidrógeno

Gran difusividad

Características  
propias de llama e  
ignición



# Proyecto IHER

## Infraestructura y Tecnología del Hidrógeno y Energías Renovables

- ✓ Fotovoltaica: **60 kW**
- ✓ 3 marquesinas integradas en un aparcamiento del Parque Walqa
- ✓ Más 1,7kW adicionales en el tejado del edificio



## Infraestructura y Tecnología del Hidrógeno y Energías Renovables

✓Fotovoltaica: **41 kW**

✓**5 seguidores**

✓3 tipos de seguimiento y 6 tecnologías de placas en total.



*Seguidor de lupas, TEKKER 1 kW*



*DOBON 10 kW*



*ADES 20 kW*



*DEGER 2x5 kW*

## Infraestructura y Tecnología del Hidrógeno y Energías Renovables

### Vestas



#### Instalación Eólica 635Kw

Vestas

Potencia: 225 kW

Altura: 30 m.

Tecnología:

Asíncrono doblemente alimentado

Diámetro: 27 m

### Enercon



Enercon

Potencia: 330 kW

Altura: 40 m.

Tecnología:

Síncrono Full Converter

Diámetro: 33 m

### Lagerway



Lagerway

Potencia: 80 kW

Altura: 40 m.

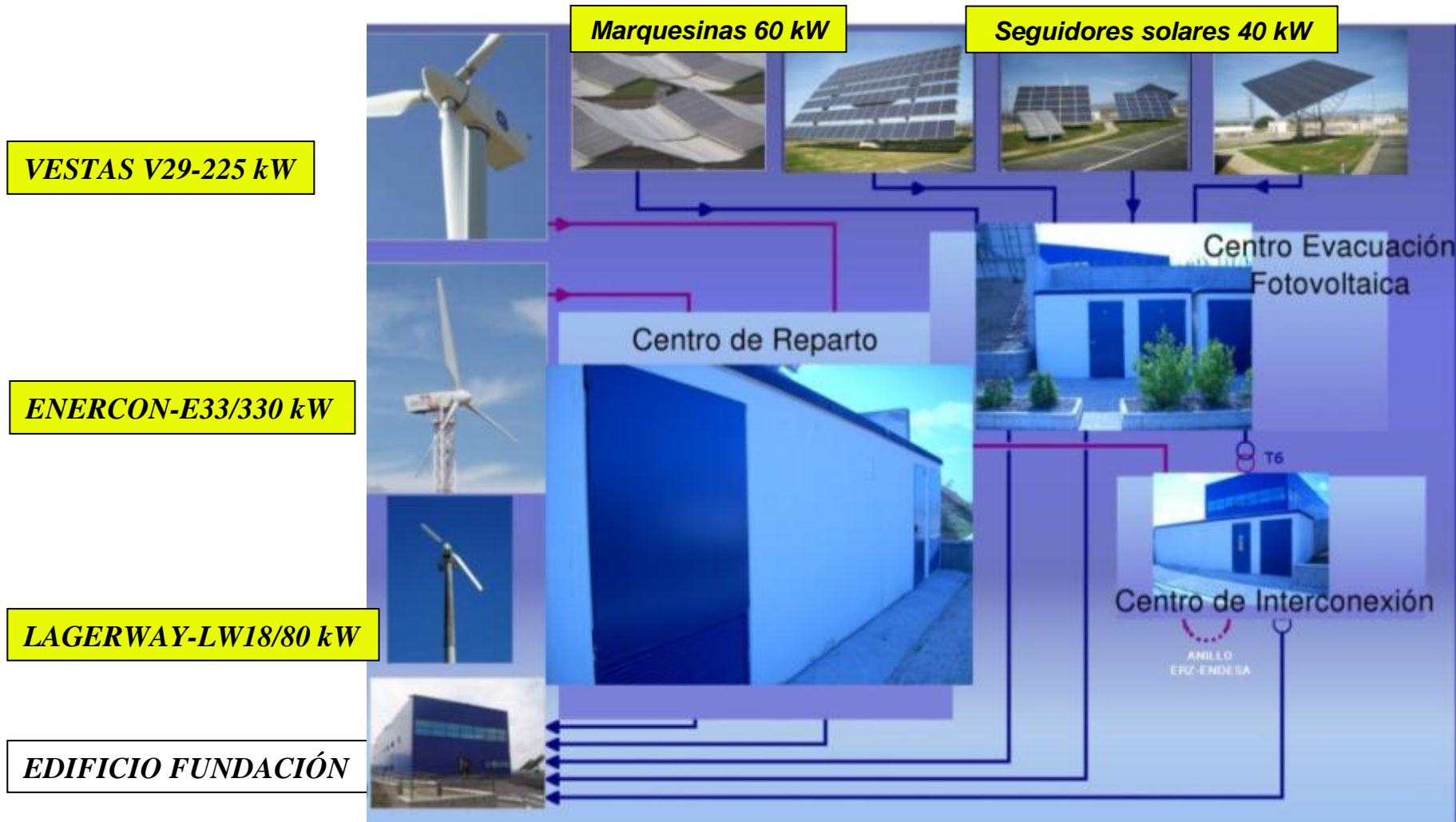
Tecnología:

Asíncrono Jaula ardilla

Diámetro: 18 m

ITHER

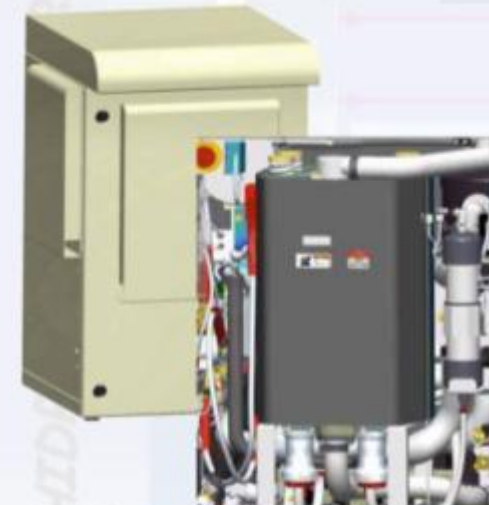
**¡ El único que combina aplicaciones aisladas y en red !**





## Laboratorio de Generación de hidrógeno

- ✓ **Electrolizador**
- ✓ **Pilas**
- ✓ **Almacenamiento en hidruros**



**Pila de combustible**  
 Producción: 5kW  
 Temperaturas de op.: -40°C a 46°C  
 Consumo: 64 NI/min a 5 kW  
 Presión de alimentación: 5.5 bar  
 Pureza req.: 99.99% vol.

### Electrolizador Alcalino

Producción: 10 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/h  
 Pureza: 99.8 a 99.9% vol.  
 Consumos:

Energía	4.3 a 4.6 kWh/Nm <sup>3</sup>
Agua	0.85 l/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>
Refrigerante (H <sub>2</sub> O)	40 l/Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub>

### Electrolizador Polimérico

Producción: 0.53 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/h  
 Pureza: 99.9995% vol.  
 Consumos:

Energía	6.7 kWh/Nm <sup>3</sup>
Agua	0.94 l/h

### Hidruros metálicos

Capacidad: 5 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/cilindro  
 Peso: 76 kg (34kg MH)  
 Presión de carga: 15 bar  
 Tiempo de carga: 45-60 min.  
 Tiempo de descarga: 10 min. a 2 bar

ITHER

***Premio Nacional de Ingeniería Industrial 2007***

Categoría “Proyecto de Ingeniería” concedido por el Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales.



**Recepción de los Príncipes de Asturias.**

- ✓ Edificio de 1.200 m<sup>2</sup>.
- ✓ Laboratorios (196 m<sup>2</sup>)
- ✓ Talleres (276 m<sup>2</sup>)
- ✓ Oficinas (240 m<sup>2</sup>)
- ✓ Biblioteca, exposición, salas (160 m<sup>2</sup>)



# ➤ La oportunidad del Hidrógeno y Pilas de Combustible Aragón, Estrategia Regional

La Comisión Europea junto con el sector empresarial han puesto en marcha una iniciativa, la **Iniciativa Tecnológica Conjunta o JTI**, para impulsar el desarrollo tecnológico y acercar la creación de mercados incipientes en hidrógeno y pilas de combustible.

El compromiso firme de la Comisión Europea y la agrupación industrial New Energy World es de aportar conjuntamente **940 millones de euros** de aquí a 2013 a través de la JTI.

La Fundación es miembro del **Research Grouping** de la JTI, **E.ENERGY**.

- Se trata de una estrategia de desarrollo a **medio – largo plazo**.
- Política de:
  - ✓ Desarrollo energético
  - ✓ Industrial
  - ✓ De vertebración territorial
  - ✓ Y de desarrollo tecnológico

## Estrategia, algunos puntos:

- Implicación y cooperación de agentes:
  - Desarrollo de un modelo: la fundación.....
  - ... apoyada desde el Gobierno de Aragón.
- Trabajar en proyectos factibles, fase de demostración.  
**Visibilidad.**
- Vigilancia y formación: difusión
- Preparar la acción en el mercado
- No se trata de una acción concentrada, es amplia.

Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.

PATRONATO





### CONSULTORIA E INGENIERÍA

- ✓ **Proyectos EDHa y ViTHa:** líneas estratégicas para el tejido industrial aragonés.
- ✓ **HY-TETRA:** Transferencia Tecnológica. Sexto Programa Marco.
- ✓ Asesoría a la **SOCIEDAD ESTATAL EXPOAGUA** en sus proyectos de H2. Hidrogena y flota de vehículos a pila.
- ✓ Capacidades de **INGENIERÍA EN EERR**, integración de sistemas y seguridad.

### INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- ✓ **Servicios de I+D , proyecto SPHERA.**
- ✓ **Líneas propias:** Generación de hidrógeno electrolítico (**ITHER**), Integración de pilas en aplicaciones (**PROYECTO FORMULA ZERO**)

### FORMACIÓN

- ✓ Proyecto **H2- training**
- ✓ **Diploma de Especialización en Hidrógeno y Pilas de Combustible.** Univ. Zaragoza.
- ✓ **Curso de verano** anual sobre hidrógeno
- ✓ **Curso de Hidrógeno a distancia** de SEAS.

**Fundación para el desarrollo  
de las nuevas tecnologías del  
Hidrógeno de Aragón:  
instrumento de una política  
decidida.**





FUNDACIÓN PARA EL  
DESARROLLO DE LAS NUEVAS  
TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO  
EN ARAGÓN

*Gracias por su atención*

## **Javier Navarro Espada**

Director General de Industria y de la PYME

Gobierno de Aragón

Vicepresidente

Fundación para el Desarrollo de las

Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón