

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### INDICE

6.9. Tecnologías Precomerciales.....	2	6.9.5. Utilización del hidrógeno como alternativa energética.....	22
6.9.1. Introducción.....	2	6.9.5.1. Tecnologías de producción de H <sub>2</sub> .....	23
6.9.2. Energía marina.....	3	6.9.5.2. Aplicaciones del H <sub>2</sub> .....	24
6.9.2.1. Energía mareomotriz.....	3	6.9.5.3. Estado del arte en proyectos reales de tecnologías de hidrógeno.....	24
6.9.2.2. Energía de las corrientes marinas.....	4	6.9.5.4. El Hidrógeno en Europa.....	25
6.9.2.3. Energía contenida en las olas.....	6	6.9.5.5. El Hidrógeno en España.....	25
6.9.2.3.1. Sistemas de generación eléctrica a partir de la energía de las olas.....	7	6.9.5.6. INNOHYP-CA. Innovative medium-long term Routes for Hydrogen.....	27
6.9.2.4. Energía azul. Gradiente salino.....	14	6.9.6. Objetivos.....	27
6.9.2.4.1. Sistema de presión osmótica.....	15	6.9.7. Referencias.....	28
6.9.2.4.2. Sistema de electrodíalisis inversa.....	16		
6.9.3. Bio-carburantes de 2ª generación.....	17		
6.9.3.1. Biopetróleo. Microalgas.....	17		
6.9.4. Tecnologías de captura y secuestro de CO <sub>2</sub> .....	18		
6.9.4.1. Almacenamiento geológico.....	19		
6.9.4.2. Almacenamiento en mineralizaciones.....	20		
6.9.4.3. Almacenamiento oceánico.....	21		

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9. Tecnologías Precomerciales.

#### 6.9.1. Introducción.

Las tecnologías pre-comerciales son aquellas que cuentan con un grado de madurez y avance tecnológico que permite el desarrollo de prototipos a escala reducida para comprobar los resultados predecibles. Sin embargo todavía deben superarse obstáculos de carácter o económico para que sean técnicamente viables.

Se considera que tanto el vector Hidrógeno, como los biocombustibles de primera generación o las tecnologías termosolares ya han superado la mencionada fase y empiezan la fase de optimización técnica, y de rentabilidad económica por producción en serie, transmisión del conocimiento, y economías de escala.

Destacan dos grandes fuentes energéticas el desarrollo de las tecnologías ligadas a la energía marina, los biocombustibles de segunda generación y las tecnologías relacionadas con la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

Las tecnologías marinas, por las características del Mediterráneo que baña nuestras costas, no tiene una aplicación inmediata. No obstante, la velocidad

de desarrollo tecnológico y la fuerte tradición en la industria naval hace obligado al menos presentar las tecnologías más destacadas que pueden ser origen de sinergias con trabajos desarrollados por plataformas de investigación españolas e internacionales permitir el desarrollo de patentes y tecnología propias.

En cuanto a los biocombustibles de segunda generación nuestra climatología y la disponibilidad de costa e infraestructuras costeras permitiría la creación de plantas de biofuel, cuyo biopetróleo puede ser beneficiarse asimismo de las infraestructuras petrolíferas existentes en Escombreras.

Por último las técnicas de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> pueden jugar un papel significativo en la economía murciana, dada la proximidad y concentración de los focos emisores en el Valle de Escombreras, y las posibilidades múltiples de almacenamiento geológico y mineralógico en la región, que reduciría los costes de transporte.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9.2. Energía marina

Los océanos cubren el 71 % de la superficie de la Tierra. El mar se encuentra en continuo movimiento bien superficial o en capas más profundas. Los movimientos se clasifican en olas, mareas o corrientes. La energía de las olas y de las mareas es un recurso natural inagotable, que puede proporcionar energía eléctrica o mecánica de forma limpia y respetuosa con el medio ambiente.

#### 6.9.2.1. Energía mareomotriz

Las mareas son provocadas por la atracción gravitatoria que ejercen la Luna y el Sol. La atracción es mayor en la cara de la Tierra que está frente a la Luna, provocando un pleamar o marea alta. El Sol, por estar a una mayor distancia, produce un menor efecto que la Luna.

En las mareas *vivas* se produce la máxima atracción, y se forman cuando la Luna, el Sol y la Tierra se encuentran sobre la misma línea, (luna llena o nueva) por lo que se producen cada 14 días, es decir, dos veces cada mes. Las mareas *muertas* se producen cuando la Luna y el Sol forman un ángulo recto con la Tierra, y las atracciones de ambos, se restan entre sí en vez de

sumarse, se producen en las fases de cuarto creciente y cuarto menguante. La amplitud de la marea (diferencia entre los niveles de pleamar y bajamar), varía según el lugar, siendo poco significativa en el mar Mediterráneo y el golfo de México a los 14,5 metros en la bahía de Fundy, en la costa oriental de Canadá.

Las centrales mareomotrices funcionan como una central hidroeléctrica de río. El embalse se llena con la marea con la apertura de las compuertas del dique (sin ayuda de bombeos) y el agua se retiene hasta la bajamar para ser liberada después a través de una red de canales estrechos, para incrementar la presión, hasta las turbinas que generan la electricidad.

Los lugares utilizados para su implantación son estuarios, bahías cerradas o rías donde el agua de mar penetre y sea susceptible de ser retenida con al menos 5 metros de amplitud de marea.

La central más conocida es la central mareomotriz de Rance, en Francia que se llevó a cabo construyendo un dique que cierra la entrada del estuario y, a través de una esclusa, permite la comunicación con el mar y la navegación por su interior. Las turbinas y todo el equipamiento y el personal se encuentran alojados en el propio dique y la parte superior es una vía.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

Comenzó a funcionar en 1967. Tiene un dique de 750 metros y una potencia instalada de 240 MW y el caudal 20 000 m<sup>3</sup>/s de agua en la pleamar. Genera 600.000 GWh/año y abastece de electricidad a 250.000 viviendas. El coste de la instalación es de 2,5 veces una convencional, pero el mantenimiento es inferior energéticamente y presenta una interesante ventaja que es la perfecta predictibilidad de las mareas. Sin embargo, el fuerte impacto medioambiental y pesquero ha disuadido a los diferentes gobiernos de ejecutar centrales similares en lugares apropiados (Francia, Canadá...) MW.

La central mareomotriz de Anápolis está situada en la bahía de Fundy (Canadá), comenzó a funcionar en 1984, tiene una potencia de 20 MW, aprovecha las mareas más altas del mundo, entre 16 y 17 metros, está conectada a la red y puede abastecer 4.000 hogares.

Las centrales Kislaya Guba (Rusia) y Jiangxia (China) son las otras dos centrales mareomotrices clave. La primera comenzó a funcionar en 1968, se halla en el mar de Barents y es muy pequeña. La planta de Jiangxia es posterior (1980) y tiene una potencia de 3,2 MW.

Una nueva central entrará en funcionamiento en Sihwa en Corea del Sur en 2009 con una potencia de 254 MW, y existe un proyecto de 812 MW para

unir las islas Ganghwa, Gyodong, Seokmo y Seoggeom en la ciudad de Incheon, Corea, para el año 2015.

En China hay algunas otras instalaciones de menor rango.

En España los puntos que presentan mareas más acusadas no alcanzan una amplitud de marea superior a los 5 m más que en contadas ocasiones durante cada marea Sin embargo es un potencial energético a tener en cuenta en un futuro próximo.

### 6.9.2.2. Energía de las corrientes marinas.

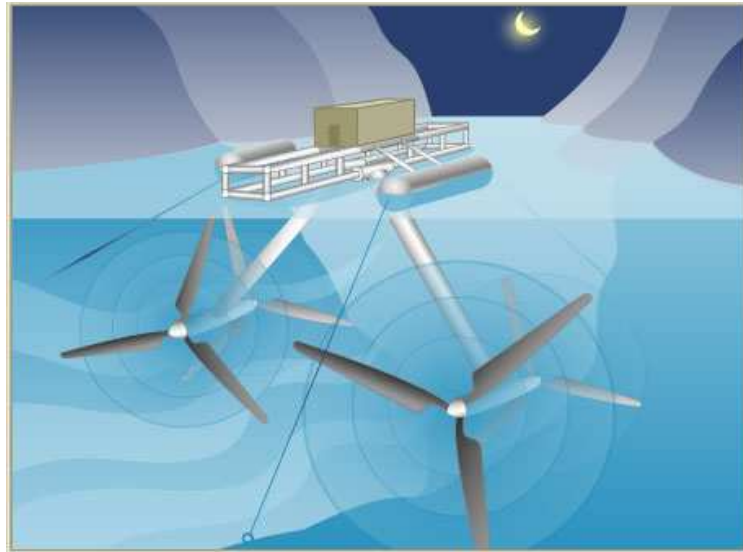
La elevada densidad del agua permite un mayor empuje en los álabes de turbinas similares a las eólicas, incluso a muy bajas velocidades (0,5 m/s).

El Seaflow es un molino marino que aprovecha las corrientes. Situado a tres kilómetros de la costa de Lynmouth, en el Reino Unido, es el más potente del mundo (300 Kw.). La cimentación requirió quince metros de profundidad en el lecho marino. Opera desde mediados de 2003.

En Noruega los desarrollos se están llevando a cabo con instalaciones fijas y móviles. La empresa Statkraft ha desarrollado una instalación basada en una estructura de acero provista de 4 turbinas de gran tamaño accionadas por

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

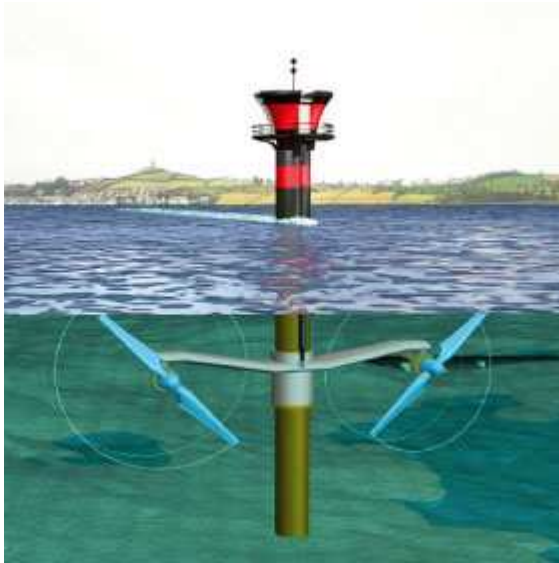
corrientes marinas. Esta instalación es flotante y se fija con un ancla, ello permite minorar el impacto en el fondo marino de la instalación que es fácilmente trasladable.



**Ilustración 1 Principio de funcionamiento de planta de energía basada en las corrientes en un fiordo noruego. Fuente: Statkraft.**

Se han producido hitos relevantes en 2008 en lo que se refiere a corrientes marinas. La empresa británica Marine Current Turbines ha probado con éxito un prototipo conectado a la red eléctrica de la turbina SeaGen de 1,2 MW. La irlandesa OpenHydro también ha conectado a la red eléctrica un prototipo de menor potencia de su turbina para corrientes. EDF prevé poner en marcha el primer parque comercial de turbinas sumergidas con una potencia de entre 2 y 4 MW. Escocia está estudiando tres emplazamientos costeros en Escocia e Irlanda del Norte para instalar entre 5 y 20 turbinas, con lo que se alcanzaría una potencia total de 60 MW.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.



**Ilustración 2 esquema de generador marino. Fuente Seagen.**

### 6.9.2.3. Energía contenida en las olas.

Las olas se forman gracias al viento que sopla sobre la superficie o a los movimientos tectónicos (terremotos o vulcanismo). La altura de una ola viene condicionada por la velocidad del viento, el lapso en que ha soplado y la distancia recorrida por la ola.

Existen diferentes tipos de generadores de energía a partir de las olas. El principio es común y consiste, básicamente, en exponer a las olas un dispositivo flotante, en una amplia gama de frecuencias y direcciones, que estaría sometido a movimientos tridimensionales.

Estos movimientos se transforman a través de un sistema hidráulico en un movimiento oscilatorio o rotatorio y posteriormente se convierte en electricidad a través de un generador eléctrico.

Los principales países que están realizando esfuerzos en esta área son Dinamarca, India, Irlanda, Japón, Noruega, Portugal, Reino Unido y USA. Se han desarrollado numerosos dispositivos, la mayoría de los cuales se han descartado en fase de investigación pero un número significativo han sido desplegados en el mar como pruebas.

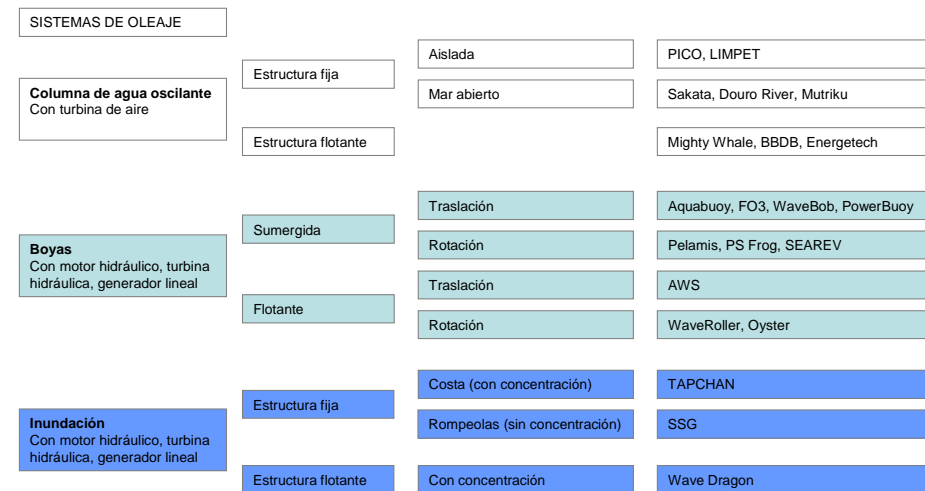
La energía potencial de la energía de las olas en la UE se estima entre 120.000 -190.000 GWh/año (plantas de energía de las olas en zonas profundas) y 34.000 – 46.000 GWh/año (plantas de energía de las olas en zonas poco profundas).

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

País	Energía teórica (GWh/año)	
	Aguas Poco Profundas	Aguas Profundas
Dinamarca	2.000 – 3.000	5.000 – 8.000
Francia	3.000 – 5.000	12.000 – 18.000
Alemania	300 - 500	900 – 1.400
Grecia	1.000 – 2.000	4.000 – 7.000
Irlanda	7.000 – 11.000	21.000 – 32.000
Italia	3.000 – 5.000	9.000 – 16.000
Portugal	4.000 – 6.000	12.000 – 18.000
España	3.000 – 5.000	10.000 – 16.000
UK	14.000 – 28.000	43.000 – 64.000
TOTAL	37.300 – 65.500	116.400 – 180.400

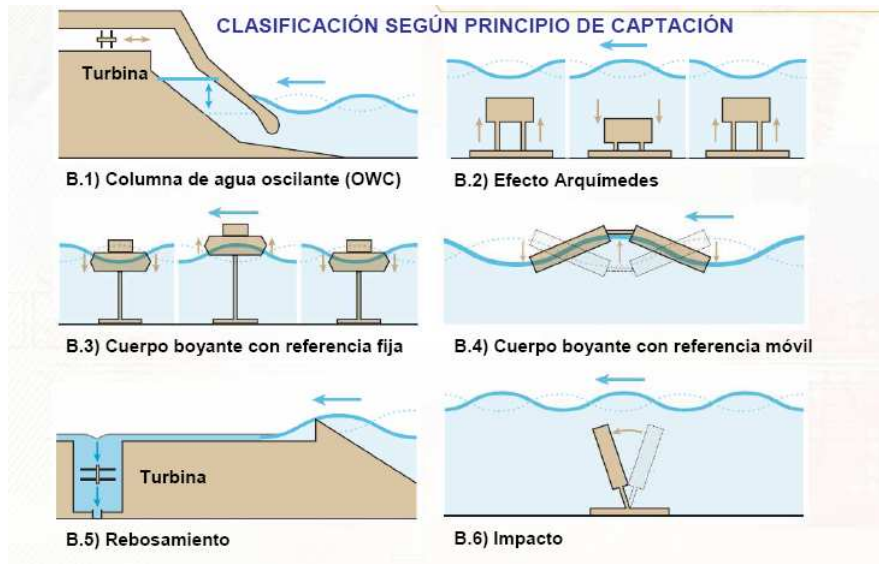
### 6.9.2.3.1. Sistemas de generación eléctrica a partir de la energía de las olas.

Los más de 30 sistemas existentes se clasifican según la distancia a la costa y la profundidad del dispositivo y principio de captación.





## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.



### Columna de agua oscilante.

Uno de los sistemas más extendidos es la Columna de Agua Oscilante (CAO). Se diseña una cámara de aire que capture y maximice la energía contenida en la ola y la transmita a las turbinas de aire.

Los sistemas pueden ser de estructura fija, en costa o rompeolas, o de estructura móvil en mar abierto. Los sistemas de costa no necesitan tendidos

eléctricos bajo el mar ni anclajes específicos. Por el contrario el régimen de olas recibido es sensiblemente inferior.

En Europa existen dos prototipos a escala real. Uno se conoce con el nombre de LIMPET y está siendo probado en la isla de Islay (Escocia). El otro se encuentra en la isla de Pico (Azores, Portugal) de 500 Kw. de potencia y es el primer dispositivo conectado a la línea eléctrica.



**Ilustración 3** Dispositivo de columna de agua en Islay. Fuente: Wavegen.



## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

Los dispositivos en tierra de columna de agua oscilante se sitúan en la línea de costa junto a la zona de mayor embate de olas. La altura de la columna es de 7 m y la potencia 500 Kw. Como ventaja está la integración del sistema en el paisaje. En España se ha puesto en marcha la instalación de Mutriku en Vizcaya.

Los sistemas cercanos a la costa (10-25 m de profundidad) están sometidos a un oleaje más continuo que los de costa. Un grupo destacado de este tipo de dispositivos se incorporan a un espigón, o rompeolas o constituyen por sí mismos un rompeolas. Algunas experiencias se encuentran en el puerto de Sakata (Japón) y en el puerto de Trivandrum (India) y el proyecto de Foz do Douro (Portugal).

Como rompeolas móviles destaca el Mighty Whale, proyecto japonés cuyo precursor fue el BBDB propuesto por Masuda. Presenta la posibilidad de formar una barrera artificial frente a la costa, acotando un área de mar en calma donde se puedan realizar usos de acuicultura intensiva o deportes marinos

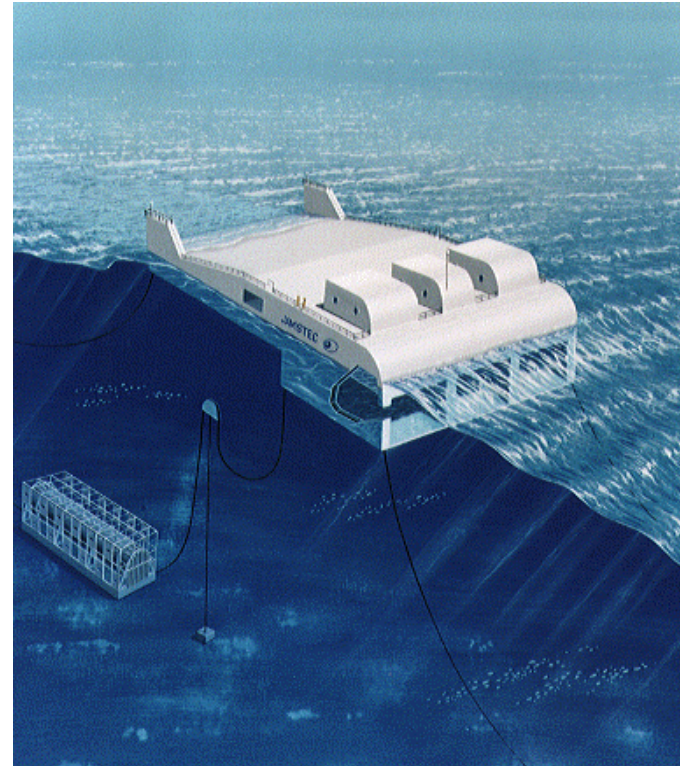


Ilustración 4 Simulación del Mighty Whale. Fuente: [www.jamstec.go.jp](http://www.jamstec.go.jp).

**Sistemas oscilantes. Boyas.**

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

Los sistemas oscilantes pueden ser de transmisión del movimiento de traslación o rotación y a su vez flotantes o sumergidos. Los dispositivos más conocidos son Pelamis y Archimedes Wave Swing (AWS).

El **Archimedes Wave Swing** consiste en una boya de forma cilíndrica amarrada al lecho marino. Con el paso de las olas se mueve una carcasa superior llena de aire contra un cilindro inferior fijo, imprimiendo un movimiento vertical que se transforma en electricidad.

Al acercarse la cresta de la ola se incrementa la presión del agua sobre el cilindro, y la parte superior (o flotador) comprime el gas que hay dentro del cilindro para equilibrar las presiones. Al pasar la ola y expandirse el cilindro ocurre exactamente lo contrario. El movimiento relativo entre el flotador y la parte inferior del silo se transforma en electricidad mediante un sistema hidráulico y un conjunto motor - generador. Los AWS requieren exposición a mar de fondo entre 40 y 100 m de profundidad. Una planta de 50 MW ocupará una extensión de unas 5,4 Km. de largo. Se ha instalado una planta piloto en las proximidades de la costa portuguesa en 2004.



**Ilustración 5 Esquema de AWS.**

El sistema **Pelamis**, denominado así en honor a una serpiente marina, está formado por una serie de secciones cilíndricas flotantes de 142 metros de largo por 3,5 metros de diámetro, unidas entre sí por unas bisagras. El interior del módulo contiene un sistema de bombas hidráulicas de alta presión, que se activan en base al movimiento transmitido por las olas a la estructura tubular que accionan el sistema hidráulico y transmiten la energía a los generadores que la convierten en electricidad de baja tensión. Esta se transforma en una subestación transformadora submarina y se envía a tierra.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

Existen varias instalaciones de Pelamis. El primer prototipo se instaló en las Islas Orcadas, Gran Bretaña (2004-2005) instalaciones posteriores son la de Póvoa da Varzim (Portugal) y la de Iberdrola en Santoña (Cantabria) de 40 Kw. iniciales que se ampliará con otras 9 boyas hasta alcanzar 1,35 MW de potencia total.

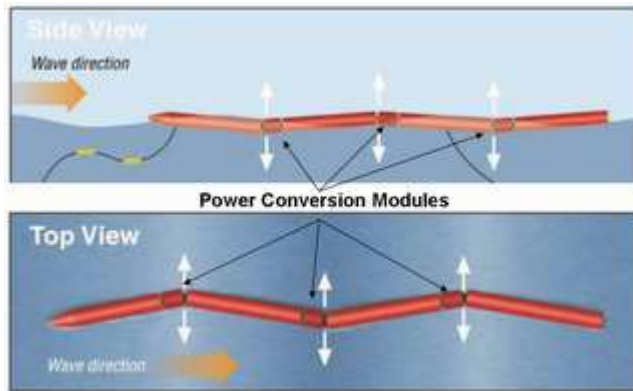


Ilustración 6 Esquema de Pelamis. Fuente: Iberdrola.

**Power Take Off (PTO).** El sistema aprovecha el movimiento vertical y pendular producido por las olas. La energía mecánica producida por la combinación de ambos movimientos se traslada a una bomba hidráulica situada en la parte baja del cuerpo de la boya. • Desde la boya se bombea

un fluido (aceite) que acciona un motor hidráulico colocado en el fondo marino Hay una planta piloto en Santoña (Cantabria).

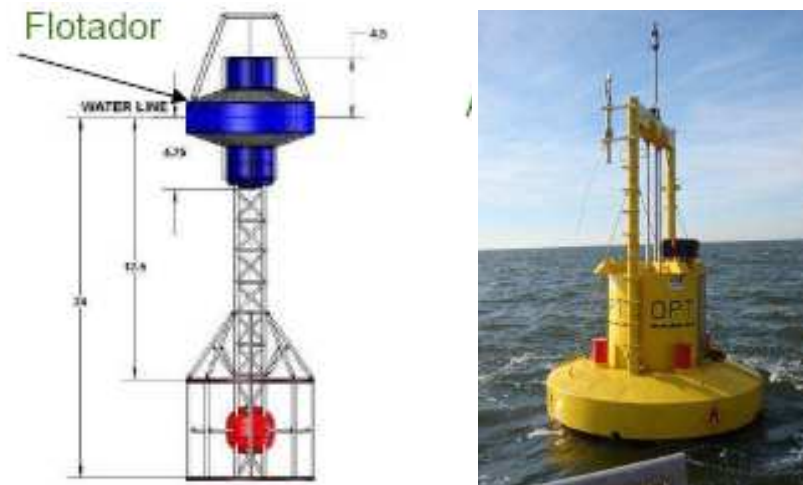


Ilustración 7 Esquema de PTO. Fuente: Tecnalia.

**FO3.Fred Olsen. Noruega.** Se trata de una plataforma flotante ligera y estable de fibra de vidrio reforzada (GRP) que monta un número variable de boyas. La extracción de energía se realiza mediante cilindros y motores hidráulicos. La primera instalación se realizó en Brevik, Noruega en 2005. La plataforma es un cuadrado de 12 m de lado. Dos proyectos más se ubican

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

en Karmoy, Noruega y en Reino Unido con una potencia de 2,5 MW. Se está trabajando en la segunda generación mejorando algunos componentes. Los países involucrados en este desarrollo son Bélgica, Holanda, Portugal, Suecia, Reino Unido y Noruega.

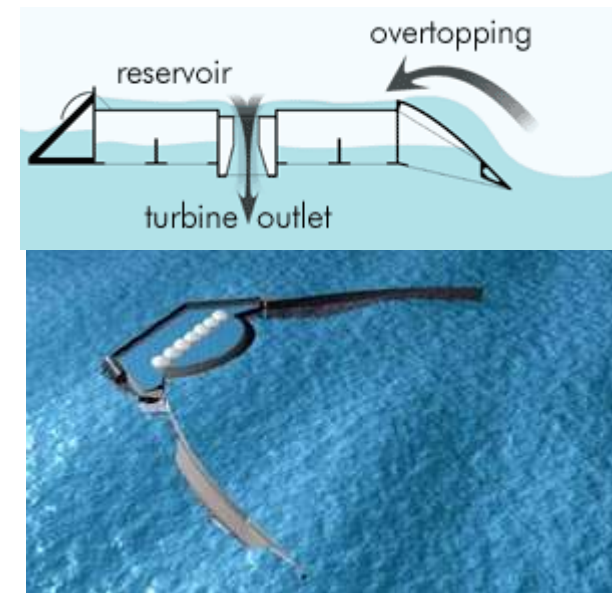


**Ilustración 8 FO3. Fuente: SEEWEC**

### Sistemas de inundación.

El proyecto de investigación de la UE **Wave Dragon** es el primer convertidor de energía de las olas situado en el mar en todo el mundo y genera electricidad para la red danesa. El sistema almacena en agua de inundación en un depósito que luego se turbin para producir electricidad. La capacidad del depósito varía desde los 55 m<sup>3</sup> del prototipo hasta los 14.000 m<sup>3</sup> y la

potencia asociada de 20 KW a 11.000 Kw., requiriendo en este último caso profundidades marinas superiores a 30 m



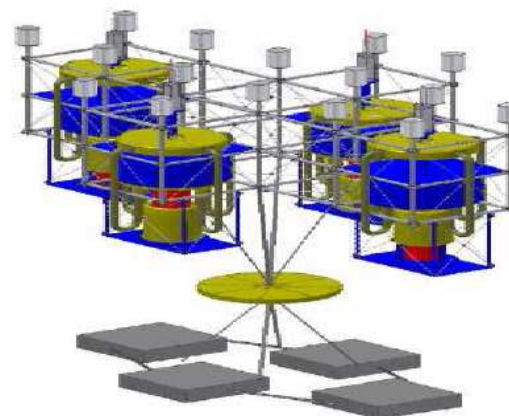
**Ilustración 9 Esquema y simulación del Dragón de las olas. Fuente: Dragon wave.**

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

En España se están desarrollando tres proyectos auspiciados por el Ministerio de Ciencia e Innovación que son el proyecto Pisys, Hidroflot y Oceanontec.

**Pisys** genera un 137% más de energía que cualquier otro sistema boyante conocido, los expertos consideran que estamos ante la oportunidad de consumir un salto tecnológico en el aprovechamiento de la energía marina”, lo que situaría a España a la vanguardia de esta investigación y a Galicia como referente mundial de esta innovadora fuente energética. En la actualidad, quedan dos fases para fijar la residencia de “Pisys” en el litoral gallego, previsto para el segundo semestre del 2009, con una potencia horizonte de 5,3 MW y una energía producible de 19,8 GWhora/ año.

El sistema está formado por una boya, que aprovecha el movimiento vertical y pendular producido por las olas, contraboya, depósito sumergido que aprovecha el efecto Arquímedes producido por el cambio de la columna de agua al pasar una ola. La profundidad requerida es de de 40 a 100m

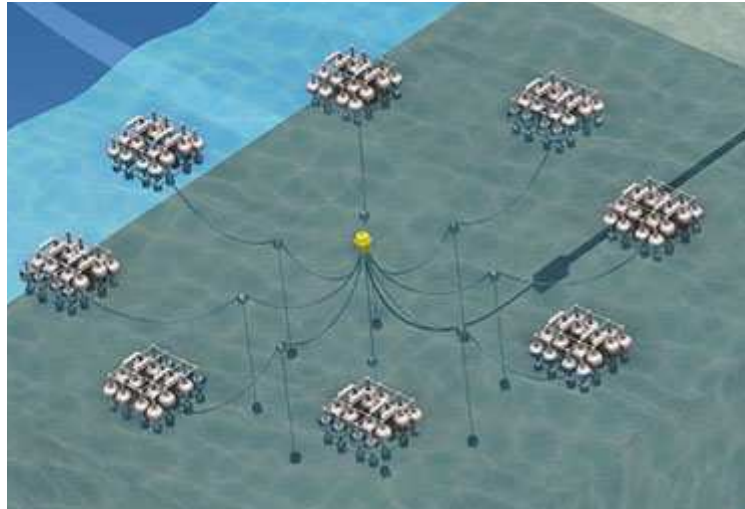


**Ilustración 10 Esquema del Pisys. Fuente: Pipo Systems.**

Por su parte **Hidroflot** presenta un sistema parecido de boyas múltiples semisumergidas cuya primera aplicación se ha realizado en aguas asturianas a 2 millas náuticas de la costa, Cada plataforma actúa como central autónoma de producción de energía eléctrica que evacúa la energía en configuración estrella con una potencia máxima de 50 MW. El coste estimado es de 2 M€/MW.

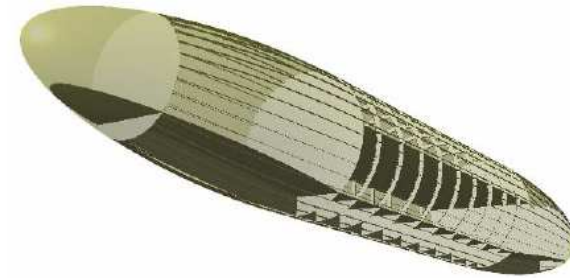


## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.



**Ilustración 11 Esquema de un parque de Hidroflot. Fuente: Hidroflot**

Un concepto similar al pelamis con un único cuerpo rígido boyante es el proyecto **Oceantec**, desarrollado por Iberdrola y Tecnalia. El primer prototipo, a escala 1:4, se ha instalado en la costa de Guipúzcoa, en la localidad de Pasajes. La iniciativa, cuenta con un presupuesto de 4,5 millones de euros. El equipo comercial tendrá una potencia de 500 Kw.



**Ilustración 12 Modelo 3D del casco del Oceantec: Fuente Tecnalia.**

### 6.9.2.4. Energía azul. Gradiente salino.

La diferencia de salinidad entre el agua del mar y de los ríos es también una posible fuente de energía. Esta fuente energética es denominada energía azul. En este ámbito, se está trabajando en dos tecnologías diferentes para el aprovechamiento del gradiente salino. Noruega y Holanda son los primeros países que están investigando este potencial a partir de membranas semipermeables pero con diferentes métodos.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9.2.4.1. Sistema de presión osmótica.

Por un lado, el retardo de la presión osmótica (PRO - Pressure-Retarded Osmosis), que consiste en bombear agua marina a un depósito, donde la presión es inferior a la presión osmótica entre el agua dulce y la salada. El agua dulce fluye a través de una membrana semipermeable incrementando el volumen de agua en el depósito que puede generar electricidad mediante una turbina hidráulica. En Noruega la empresa Statkraft está construyendo una planta piloto con un rendimiento de 3 vatios por metro cuadrado de membrana, que debe entrar en funcionamiento en 2009. La previsión es tener equipos comerciales para 2015. El potencial estimado es de 1600.000 - 1.700.000 GWh. Por países, es tanto mayor cuanto mayor es el caudal hidráulico. Noruega sería capaz de generar 12.000 GWh/año (10% de su consumo).

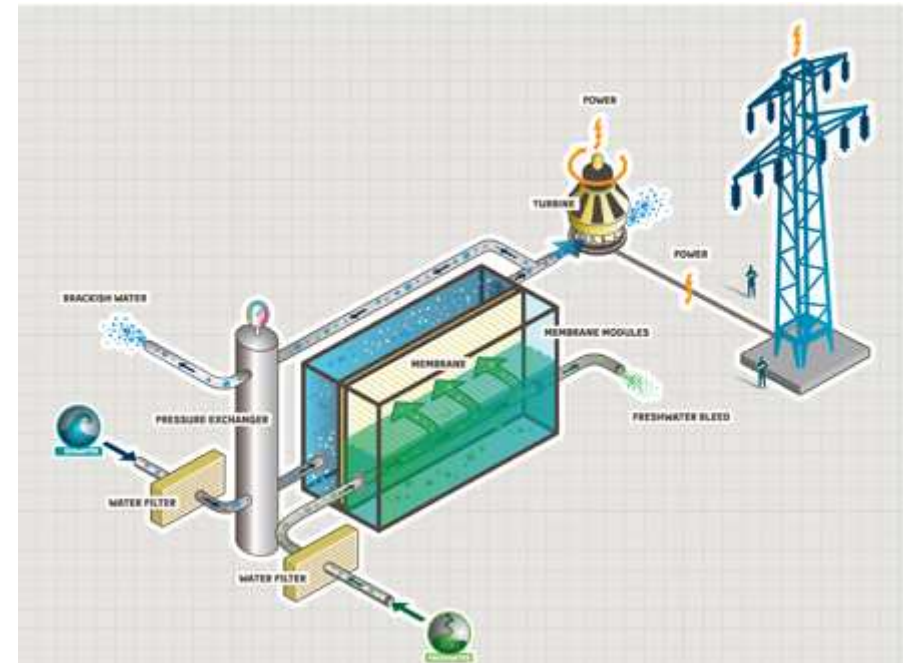


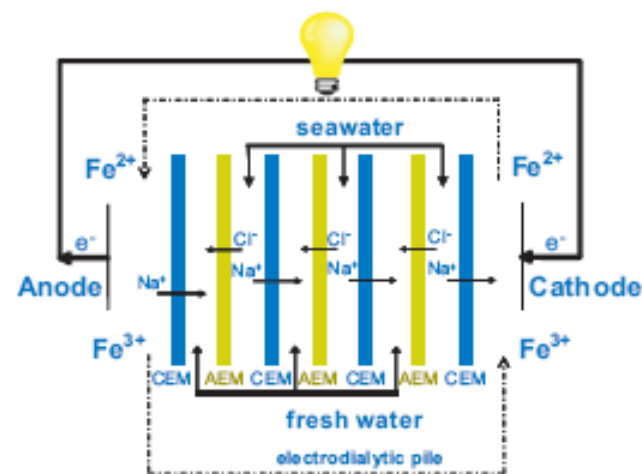
Ilustración 13 Principio de funcionamiento de la planta de osmosis por presión. Fuente: Statkraft.



## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9.2.4.2. Sistema de electrólisis inversa.

La electrodiálisis inversa (RED - Reverse electro dialysis), por su lado, consiste en el fenómeno inverso a la desalación de agua. Mediante membranas selectivas a los iones se crea electricidad en forma de corriente continua. Es importante reconocer el potencial del gradiente salino como fuente renovable debido a su alta densidad energética y a su carácter no intermitente. Sin embargo, la tecnología está todavía poco desarrollada y su coste sigue siendo muy elevado. Por otra parte, las desembocaduras de ríos pueden presentar limitaciones por conflictos con otros usos. El sistema desarrollado en Holanda está liderado por el Centro Holandés de Tecnología Sostenible Acuática (Wetsus)



**Ilustración 14 Principio de funcionamiento de la planta de osmosis por electrólisis. Fuente: Wetsus.**

La planta experimental de Wetsus tiene un rendimiento de  $2 \text{ W/m}^2$  de membrana y está ubicada en el embalse de Afsluitdijk, entre el propio lago IJssel y el mar de Wadden, con una capacidad de 200 MW.

Para que esta tecnología sea comercial el rendimiento debe ser mayor a  $5 \text{ W/m}^2$  de membrana. El tiempo estimado de maduración de la tecnología es 5 a 10 años

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

En Holanda desembocan en el mar más de 3300 m<sup>3</sup>/s de agua dulce. El potencial energético es por lo tanto de 3300 MW, suponiendo 1 MW/M<sup>3</sup> de salida de agua fresca por segundo.

### 6.9.3. Bio-carburantes de 2ª generación.

#### 6.9.3.1. Biopetróleo. Microalgas.

El biopetróleo consiste en la producción de una sustancia muy semejante al petróleo a partir de materia orgánica. Los principales desarrollos se están llevando a cabo en el área fitotécnica, especialmente en el desarrollo de algas y microalgas.

La producción de microalgas a gran escala enfocado al uso energético ha sido impulsada por varias empresas, la viabilidad está demostrada y a partir de este punto se están produciendo avances a gran velocidad. En el área internacional, la empresa Solazyme, ha producido el primer keroseno de aviación a partir de biomasa de algas; y tanto en el Reino Unido como en USA se están destinando importantes presupuestos a la investigación y el desarrollo de estas tecnologías.

En España, las tecnologías de producción de algas para uso energético prevén la puesta en marcha en los próximos años de las primeras plantas comerciales. Una de las empresas pioneras es BFS en Alicante, que tras finalizar las pruebas en los tanques prototipos, van a construir una planta en explotación en Muchamiel, y Aurantia que producirá biocarburantes y otros productos en Jerez de la Frontera.

**BFS** tiene un proyecto de investigación con el IDAE para caracterizar el potencial de las microalgas para energético en combustión y para la producción de biodiesel a partir de aceites extraídos de las microalgas.

El uso de las microalgas abarca no sólo el sector energético, sino también el alimentario y otro tipo de aplicaciones industriales. Una de las principales ventajas es que son microorganismos que desarrollan la fotosíntesis, fijando en presencia de luz solar, dióxido de carbono para su propio desarrollo.

El crecimiento mediante fijación de la energía solar y el CO<sub>2</sub> presenta una elevada eficiencia, en el caso de las microalgas, con una ratio de conversión en términos de eficiencia energética cercana al 5%, muy superior a otros cultivos de crecimiento rápido como la caña de azúcar, que no llega al 1%.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

Los usos energéticos de la biomasa producida se encuentra, son muy diversos: combustión directa, obtención de metano mediante digestión anaeróbica, obtención de biodiesel a partir del aceite y por último la obtención de hidrógeno. La obtención de biodiesel a partir de esta vía constituye toda una novedad, pues hasta ahora aquel sólo se ha producido a partir de grasas vegetales y, en menor medida, animales, o reciclados de aceites.

El cultivo de las algas se realiza en estanques abiertos, con bajos costes pero reducidas productividades, o en fotobiorreactores, tubos cerrados donde las condiciones controladas proporcionan mejores ratios de producción, pero donde los costes son mucho más altos que en los estanques. La tecnología ha madurado muy rápidamente, aunque quedan algunos retos pendientes en la mejora de la rentabilidad tanto en la parte de cosechado y el posterior tratamiento.

### 6.9.4. Tecnologías de captura y secuestro de CO<sub>2</sub>

La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera constituye uno de los objetivos prioritarios de los gobiernos firmantes del Protocolo de Kioto, y afecta al diseño de políticas energéticas y medioambientales. A los

esfuerzos realizados en el desarrollo e impulso de las energías renovables y a una minoración del consumo energético se unen actuaciones activas que permitan eliminar el CO<sub>2</sub> atmosférico, bien mediante selvicultura, potenciando las masas boscosas y las plantaciones agrícolas, bien mediante métodos más artificiales que se denominan captura y secuestro de CO<sub>2</sub>.

La captura y secuestro de CO<sub>2</sub> representa actualmente una de las soluciones más eficaces para reducir drásticamente la presencia del CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Se trata en muchos casos de soluciones transitorias, a la espera de mejoras tecnológicas que permitan un ulterior aprovechamiento del citado gas.

La captura y secuestro del carbono consiste en la captura de CO<sub>2</sub> de una fuente emisora y su compresión, transporte e inyección en estructuras geológicas subterráneas o marinas con el fin de lograr un confinamiento efectivo a largo plazo.

Estas tecnologías son aplicables a cualquier fuente que emita gran cantidad de CO<sub>2</sub>, como centrales de generación de electricidad, Instalaciones industriales de producción de hierro, cemento, productos químicos y pasta de celulosa o Instalaciones de producción de combustibles, como refinerías,

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

instalaciones de procesado de gas natural y de producción de combustibles de síntesis

### 6.9.4.1. Almacenamiento geológico

El proceso de almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> es quizás el más complejo de los que componen el confinamiento del dióxido de carbono en formaciones geológicas. Es necesario realizar una compleja selección del emplazamiento. El IGME está desarrollando una metodología para las investigaciones en territorio nacional según los distintos tipos de almacén, que podemos clasificar en:

- Yacimientos de petróleo depletados y/o agotados
- Yacimientos de gas exhaustos
- Capas de carbón no explotables con posibilidades de recuperación de metano (ECBM)
- Formaciones profundas con agua salada
- Formaciones de pizarras bituminosas con altos contenidos en materia orgánica

- Áreas geotérmicas de baja entalpía
- Yacimientos salinos susceptibles de disolución

La Agencia Internacional de la Energía (IEA), tras una caracterización masiva de sistemas de petróleo y gas, ha estimado que, solamente en yacimientos agotados, podrían almacenarse 920.000 Mt CO<sub>2</sub>, es decir, alrededor del 45% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en todo el mundo hasta 2050. Según el Informe Especial del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) sobre Captura y Almacenamiento de CO<sub>2</sub>, éste permanece almacenado durante un plazo comprendido entre 10.000 y 10.000.000 de años cuando se inyecta en una formación geológica.

El almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> se está practicando en tres proyectos a escala industrial (proyectos del orden de 1 Mt de CO<sub>2</sub> al año o más): el proyecto Sleipner en el Mar del Norte, el proyecto Weyburn en el Canadá y el proyecto In Salah en Argelia. Entre 3 y 4 Mt de CO<sub>2</sub>, que de otro modo serían descargadas en la atmósfera, son captadas y almacenadas anualmente en formaciones geológicas.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9.4.2. Almacenamiento en mineralizaciones

La carbonatación mineral consiste en la reacción de  $\text{CO}_2$  con minerales no carbonatados, principalmente silicatos de calcio o magnesio, para formar uno o más componentes carbonatados, normalmente sólidos. El proceso imita la alteración natural de minerales silicatados para formar carbonatos como calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ), y siderita ( $\text{FeCO}_3$ ), compuestos termodinámicamente estables que garantizan que la fijación del  $\text{CO}_2$  es permanente y segura. Las formaciones de silicatos son muy abundantes en la naturaleza y por tanto presentan un elevado potencial.

Los silicatos de Mg son más reactivos que los de calcio y los depósitos son más grandes y más numerosos. La abundancia de este tipo de depósitos es tal que, un sólo depósito en Omán contiene unos  $30\,000\text{ km}^3$  de silicatos de magnesio, capaces de tratar todo el  $\text{CO}_2$  mundial. Los mayores depósitos de olivino se encuentran en Noruega, Japón, España, Estados Unidos e Italia.

Aspectos importantes en la secuestación de  $\text{CO}_2$  mediante carbonatación mineral son el transporte de los materiales implicados y el destino de los productos obtenidos. Los costes de transporte pueden ser reducidos al mínimo situando la planta de tratamiento en las cercanías de la mina de

donde se obtiene la materia base (silicatos) y transportando hasta la misma el dióxido de carbono, previamente capturado de las grandes fuentes emisoras. Esta proximidad hace posible que los productos carbonatados obtenidos puedan utilizarse para la recuperación de la misma mina de donde proceden.

Las principales ventajas de este tipo de almacenamiento son:

- Con este proceso los silicatos naturales y antrópicos se convierten rápidamente en carbonatos por reacción con  $\text{CO}_2$  bajo condiciones ambientales controladas.
- La carbonatación es exotérmica por lo que no es necesaria una fuente de calor externa.
- Los componentes carbonatados formados son termodinámicamente estables, ambientalmente benignos y débilmente solubles en aguas meteóricas.
- Los recursos minerales que se requieren son abundantes en muchas zonas, siendo además fácil localizarlos en las cercanías de las grandes fuentes emisoras de  $\text{CO}_2$ .

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

- Existe potencial de producir subproductos que supongan un valor añadido al proceso.

### 6.9.4.3. Almacenamiento oceánico

Los océanos poseen una enorme capacidad natural para absorber y almacenar CO<sub>2</sub>. Se calcula que el océano contiene unos 40000 GtC (GtC = un billón de toneladas de C) mientras que la atmósfera contiene aproximadamente 750 GtC y la biosfera terrestre alrededor de 2200 GtC. Esto significa que si fuéramos capaces de capturar todo el CO<sub>2</sub> atmosférico y trasladarlo a los océanos, la concentración de CO<sub>2</sub> en el océano tan sólo aumentaría en un 2%. Sin embargo, es necesario poder asegurar la aceptabilidad ambiental y aun deben discutirse las posibles ventajas e impactos del proceso de secuestro en el océano.

Existen dos opciones para la de secuestro de CO<sub>2</sub> en los océanos la inyección directa y la fertilización:

La inyección directa consiste en la inyección en los océanos profundos de una corriente altamente concentrada de CO<sub>2</sub> procedente de grandes fuentes puntuales de emisión, tales como las centrales eléctricas. La inyección directa implica, por tanto, la captura, separación, transporte e inyección del

dióxido de carbono en el mar profundo. El CO<sub>2</sub> capturado se transporta para su inyección en el océano mediante el uso de tuberías fijas o remolcadas.

La fertilización consiste en aumentar el contenido en fitoplancton a partir de la adición de hierro e incrementar el proceso de la fotosíntesis mediante el cual el CO<sub>2</sub> se incorpora en el fitoplancton, parte del cual se hundirá, quedando secuestrado el CO<sub>2</sub> en aguas más profundas.

La industria ha desarrollado un gran interés por usar la tecnología de la fertilización con hierro debido a su bajo costo. Estudios recientes indican que mediante la fertilización de los océanos con hierro se podría conseguir la absorción de miles de millones de toneladas de carbono atmosférico cada año ya que se estima que, el fitoplancton absorbe entre 10 000 y 100 000 átomos de carbono por cada átomo de hierro añadido al agua, a una profundidad de 100 m

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

Propiedad	Biosfera terrestre	Fondos marinos	Depósitos geológicos
Secuestro o almacenamiento de CO <sub>2</sub>	Los cambios en las reservas pueden vigilarse a lo largo del tiempo.	El carbono inyectado puede ser medido.	El carbono inyectado puede ser medido.
Propiedad	Las reservas tendrán una ubicación concreta y podrán relacionarse con un propietario identificable.	Las reservas serán móviles y podrán estar en aguas internacionales.	Las reservas podrán estar en depósitos que sobrepasen fronteras nacionales o de propiedad y podrán diferir de los límites de la superficie.
Decisiones de gestión	El almacenamiento estará sujeto a continuas decisiones sobre las prioridades del uso de la tierra.	No habrá ninguna decisión humana ulterior sobre el mantenimiento una vez que se haya realizado la inyección.	Una vez realizada la inyección, las decisiones humanas sobre el almacenamiento prolongado comprenderán un mantenimiento mínimo, a menos que el almacenamiento interfiera con la recuperación de recursos.
Vigilancia	Los cambios en las reservas pueden vigilarse.	Los cambios en las reservas quedarán registrados en modelos.	La liberación de CO <sub>2</sub> puede ser detectada por medio de la vigilancia física.
Tiempo de retención previsto	Decenios, dependiendo de las decisiones de gestión.	Siglos, dependiendo de la profundidad y el emplazamiento de la inyección.	Fundamentalmente permanentes, salvo en caso de perturbación física del depósito.
Fugas físicas	Pueden producirse pérdidas debido a perturbaciones, cambio climático o decisiones relativas al uso de la tierra.	Se producirán pérdidas con seguridad como consecuencia ulterior de la circulación marina y la estabilización con la atmósfera.	Las pérdidas no son probables, salvo en caso de perturbación del depósito o de existencia de trayectorias de fugas que no se hayan detectado.
Responsabilidad	Puede identificarse a un propietario de tierras concreto con las reservas de carbono secuestrado.	Numerosas partes pueden contribuir a la misma reserva de CO <sub>2</sub> almacenado, que puede estar en aguas internacionales.	Numerosas partes pueden contribuir a la misma reserva de CO <sub>2</sub> almacenado, que puede permanecer en el subsuelo de diversos países.

### 6.9.5. Utilización del hidrógeno como alternativa energética.

El hidrógeno es el elemento químico más ligero y es, también, el elemento más abundante, constituyendo aproximadamente el 75% de la materia del universo. Bajo condiciones ordinarias el hidrógeno existe como gas diatómico, H<sub>2</sub>. Sin embargo, el hidrógeno gaseoso es extremadamente poco

abundante en la atmósfera de la Tierra (1 ppm en volumen), siendo necesaria su generación artificial para su uso energético.

El uso de las tecnologías del hidrógeno como alternativa energética no es reciente. Ya en el año 1839, el inglés William Grove, desarrolló los primeros prototipos de lo que denominó "batería de gas", base de las actuales pilas de combustible. El uso del hidrógeno como pilar fundamental del desarrollo energético fue intuido en el año 1874 por el escritor Julio Verne en uno de sus libros: *"Creo que un día el agua será un carburante, que el hidrógeno y el oxígeno que la constituyen, utilizados solos o conjuntamente, proporcionarán una fuente inagotable de energía y de luz, con una intensidad que el carbón no puede; que dado que las reservas de carbón se agotarán, nos calentaremos gracias al agua. El agua será el carbón del futuro"*.

La ventaja competitiva del hidrógeno estriba en su característica de energía puente o almacenaje, es decir, en la inclusión en el sistema energético entre el sistema de gestión de la energía eléctrica, incrementando notablemente la capacidad de gestión de la demanda mediante el almacenamiento energético, y la demanda de energía térmica y eléctrica, para sistemas discontinuos, como puede ser determinados tipos de transporte o dispositivos electrónicos.



## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9.5.1. Tecnologías de producción de H<sub>2</sub>

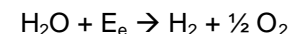
Pero el hidrógeno como tal no se encuentra en estado de equilibrio en el planeta siendo necesaria su generación de forma artificial. Esta singular característica hace que se defina el hidrógeno como vector energético y no como fuente de energía. La producción de hidrógeno no es algo nuevo, ya que viene utilizándose con fines industriales desde hace muchos años. Esta producción puede realizarse de varias maneras, y aquí es donde existen diversas opciones.

La forma tradicional de producir hidrógeno y que actualmente supone un 96% de la producción total es partiendo de los combustibles fósiles como fuente de energía primaria, mediante reformados de metano principalmente. Este hidrógeno se utiliza para la propulsión de naves espaciales, y por tanto es sacrificable el uso de metano para su producción por las características especiales que necesita el almacenaje de combustible en peso y volumen en relación a la energía contenida.

Sin embargo, no resulta coherente para aplicaciones ordinarias emplear energía en transformar un combustible de por sí suficientemente limpio y de fácil uso, como es el gas natural en un combustible como el hidrógeno para

un uso final térmico o eléctrico, aunque la energía empleada en su transformación sea muy inferior a la requerida en otros procedimientos. El hidrógeno tiene sentido cuando, la materia prima para su obtención es abundante y de fácil obtención y la energía invertida en su transformación es gratuita o no se emplean otros combustibles para su producción.

Esta posibilidad existe a través de la electrólisis del agua, consistente en la disociación de la molécula de agua mediante la aplicación de una carga eléctrica. En este proceso se obtienen los dos componentes del agua por separado, oxígeno e hidrógeno, mediante un sencillo proceso químico:



Si la energía eléctrica necesaria para este proceso se suministra desde fuentes renovables como la energía eólica, solar o hidroeléctrica, las emisiones asociadas serán nulas, si además esta energía de origen renovable constituye un excedente en determinadas horas de casación de la demanda en que la producción es superior a la demanda, la producción de ese hidrógeno será sostenible.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9.5.2. Aplicaciones del H<sub>2</sub>.

Las principales aplicaciones que se están desarrollando son portátil, transporte y almacenamiento.

Dentro del campo de las aplicaciones portátiles, ya es habitual encontrar soluciones para el suministro eléctrico a pequeños aparatos como ordenadores, teléfonos, y similares, donde los sistemas de pila de combustible sustituyen o complementan a las tradicionales baterías. Las aplicaciones más desarrolladas y extendidas se sitúan en el campo militar donde la gran cantidad de equipos electrónicos se recargan de manera casi inmediata.

En el sector del transporte, si bien aun no existe una demanda de producto que permita dar el salto desde los laboratorios hasta el mercado, todos los fabricantes de vehículos poseen ya sus prototipos o preseries de hidrógeno, y están investigando mucho en el desarrollo futuro. Actualmente se pueden encontrar unidades aisladas de vehículos eléctricos adaptados a pila de combustible, que forman parte de proyectos de demostración o pequeñas flotas cautivas particulares, pero con un desarrollo tecnológico capaz de dar el salto a grandes escalas en cuanto los precios lo permitan.

Finalmente, aunque no la última, la posibilidad de almacenamiento energético. El hidrógeno permite resolver las diferencias entre demanda y oferta energética pudiendo almacenar la energía de origen renovable en momentos de poca demanda y devolverla a la red en momentos punta de consumo en lugar de utilizar más fuentes de energía no renovable.

### 6.9.5.3. Estado del arte en proyectos reales de tecnologías de hidrógeno

El concepto de economía del hidrógeno surge en los años 70 en EE.UU. al abrigo de la primera gran crisis del petróleo, que propició el desarrollo de numerosas alternativas a los combustibles fósiles, como objeto de investigación en universidades y centros tecnológicos.

En el momento actual, las tecnologías de hidrógeno están lo suficientemente desarrolladas como para que puedan aplicarse en casos concretos y comprobar la viabilidad de la utilización de las mismas. Si bien existen bastantes iniciativas, la mayoría de ellas corresponden a proyectos de investigación o experiencias particulares debido al alto coste de los elementos relacionados con la presente tecnología.

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

### 6.9.5.4. El Hidrógeno en Europa.

En el escenario europeo y sobre todo internacional, se pueden encontrar referencias sobre instalaciones de suministro de hidrógeno, algunas de ellas dotadas también con sistemas de producción on-site. Para ello la Comunidad Europea coordina a través del grupo Hylights todas las iniciativas relativas al sector tanto con apoyo institucional como otras iniciativas totalmente privadas.

Al amparo de esta iniciativa marco del hidrógeno, han comenzado a surgir Organismos y Grupos de Trabajo con el objetivo de promover y catalizar todas las futuras acciones en materia de tecnologías del hidrógeno.

En el escenario europeo, una de las más importantes es la Plataforma Tecnológica del Hidrógeno, la cual ya ha planteado un calendario concreto de la implantación de dichas tecnologías, donde ya prevé la existencia de pequeñas flotas de hidrógeno para el 2020 y para el 2050 un uso medianamente extendido en vehículos particulares y automoción.

### 6.9.5.5. El Hidrógeno en España.

En España, actualmente existen más de 30 empresas cuya actividad está relacionada con el diseño y fabricación de componentes para pilas de combustible o con la producción de hidrógeno. Sin embargo, aunque las expectativas de futuro son prometedoras, todavía no existe un sector industrial asociado a este campo, ni un mercado desarrollado. No obstante, España ocupa un lugar relevante dentro de Europa en la producción de hidrógeno y el desarrollo de componentes y sistemas PEMFC, encontrándose en una situación similar a países como Francia e Italia, siendo Alemania y el Reino Unido los líderes del sector.

Algunas empresas con actividad en este ámbito son: Biogas Fuel Cell S.A, CEGASA, David FCC S.A, Grencell, Izar, Navantia, NTDA Energía, etc. Existen, asimismo, otras empresas de servicios de ingeniería como ARIEMA, Hynergreen, Index Servicios de Ingeniería, Besel, SENER (propulsión naval basada en pilas de combustible tipo PEM), Aguasol (cogeneración con pilas de combustible), etc; así como algunos fabricantes de equipos de otras energías renovables que se han diversificado hacia el sector del hidrógeno, como EHN (Acciona Energía).

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

Incluso empresas fuera del sector energético se han enfocado hacia este mercado, como AJUSA, empresa de la industria auxiliar de automoción diversificada hacia la fabricación de componentes de pilas de combustible de membrana polimérica (tintas catalíticas y placas bipolares) y su montaje.

Adicionalmente, existen otras empresas con proyectos de I+D relacionados con este sector. Tal es el caso de EMUASA (Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia), cuyo proceso electroquímico de desnitración de aguas potables conlleva la generación de hidrógeno que alimenta una pila de combustible tipo PEM de 250 W (proyecto realizado en colaboración con el ICP-CIEMAT).

En la dinamización de este sector juegan un papel importante las distintas asociaciones y plataformas españolas creadas con el fin de fomentar el desarrollo y la aplicación de estas tecnologías. Entre estas agrupaciones cabe destacar: la Asociación Española del Hidrógeno (AEH<sub>2</sub>), la Asociación Española de Pilas de Combustible (APPICE), la Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE-HPC) y el Plan de Actuación Coordinado en Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible (PAC H<sub>2</sub>).

**La Asociación Española del Hidrógeno (AEH<sub>2</sub>)** se formó en el año 2002 con el apoyo del IDAE, al promover El Comité Ejecutivo de Hidrógeno de la Agencia Internacional de la Energía la creación de la Asociación Europea del Hidrógeno. Su objetivo es fomentar el desarrollo de las tecnologías del hidrógeno como vector energético y promover su utilización en aplicaciones industriales y comerciales.

**La Asociación Española de Pilas de Combustible (APPICE)** se creó también en 2002 como una iniciativa de personas, empresas e instituciones públicas y privadas vinculadas con la ciencia, la tecnología, el uso y las aplicaciones de las pilas de combustible. La finalidad de esta organización es favorecer el desarrollo científico y técnico de esta tecnología, dar a conocer su potencialidad en los ámbitos nacional e internacional y suministrar formación e información a los agentes sociales interesados.

**La Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible (PTE-HPC)** se constituyó en Mayo de 2005 por iniciativa de la Asociación Española del Hidrógeno, ELCOGAS, Hynergreen, Ikerlan y el INTA; y apoyada por el Ministerio de Educación y Ciencia y numerosas entidades del panorama nacional con actividades relacionadas con las tecnologías del hidrógeno y de las pilas de combustible. El principal objetivo

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

de la Plataforma es facilitar y acelerar el desarrollo y la utilización en España de sistemas basados en pilas de combustible e hidrógeno, en sus diferentes tecnologías, para su aplicación en el transporte, el sector estacionario y el portátil.

Por último, **El Plan de Actuación Coordinada en Tecnologías del Hidrógeno y las Pilas de Combustible (PAC H2)**, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y en marcha desde este año, está coordinado por la Universidad Rey Juan Carlos, el CSIC, el INTA, el CIEMAT y la Universidad Autónoma de Madrid. Su objetivo principal es crear proyectos de colaboración entre Universidades, OPIS y empresas, de desarrollo tecnológico y/o demostración en el campo del hidrógeno y las pilas de combustible.

### 6.9.5.6. INNOHYP-CA. Innovative medium-long term Routes for Hydrogen

Tiene por objeto revisar el estado del arte en procesos innovadores de producción masiva de hidrógeno por vía térmica (empleando energía solar) y sin emisiones de CO<sub>2</sub>. El estudio se centra en procesos de disociación de agua por ciclos termoquímicos clásicos, ciclos basados en óxidos metálicos

y otros ciclos, como la electrolisis a alta temperatura. Asimismo se analizan procesos de descarbonización de combustibles fósiles, tales como el cracking térmico de metano, el reformado solar de metano o la gasificación solar de materiales carbonosos. El proyecto INNOHYP deberá además servir de reflexión sobre los retos tecnológicos a resolver y proponer ámbitos de investigación y desarrollo, así como servir de puente con otros proyectos de hojas de ruta (Proyecto Hyways), y de intermediación con Plataformas Tecnológicas y con foros internacionales de colaboración como la Agencia Internacional de la Energía y el IPHE (Internacional Partnership on Hydrogen Economy).

### 6.9.6. Objetivos.

Entre los objetivos más destacables de las nuevas tecnologías, podrían tener cabida aquellas que se adaptan a los recursos presentes en la Región de Murcia.

Se plantean objetivos en

- **las áreas marinas**, en las tecnologías relacionadas con los procesos de salinización y desalinización del agua denominado energía azul. En esta área se plantea un objetivo de participación en

## Capítulo 6. Las Energías Renovables. Tecnologías precomerciales.

proyectos de desarrollo de I+D+i teniendo en cuenta el proceso de osmosis que se produce con la salmuera efluente de las desaladoras en el medio marino.

- En **biocarburantes** derivados de microalgas desarrollo de al menos una actuación de generación y tratamiento de biopetróleo.
- En **hidrógeno** se plantea una estación de generación de hidrógeno in situ con servicio de repostado a una pequeña flota cautiva.

### 6.9.7. Referencias.

[1]. [www.wetsus.nl](http://www.wetsus.nl)

[2]. [www.statkraft.com](http://www.statkraft.com)

[3]. [www.biopetroleo.com](http://www.biopetroleo.com)

[4]. [www.wavegen.co.uk](http://www.wavegen.co.uk)

[5].Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology  
[www.jamstec.go.jp](http://www.jamstec.go.jp)

[6]. Archimedes waves swing Ocean energy.[www.waveswing.com](http://www.waveswing.com)

[7] [www.wavedragon.net](http://www.wavedragon.net)

[8].[www.seewec.org](http://www.seewec.org)

[9].[www.seageneration.co.uk](http://www.seageneration.co.uk)

[10].[www.físicos.es](http://www.físicos.es)

[11].[www.igme.es](http://www.igme.es)

[12].Informe especial del IPCC: La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono Resumen para responsables de políticas Informe del Grupo de trabajo III del IPCC y Resumen técnico. Informe aceptado por el Grupo de trabajo III del IPCC 2005, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático