

Uso de pilas de combustible en Vehículos Aéreos no tripulados



Maria del Pilar Argumosa
Área de Energías Renovables



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



Comunidad
de Madrid



24 - 25 enero 2017

Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil

Índice



1, PILAS DE COMBUSTIBLES.



2. UAVs



3. PILAS DE COMBUSTIBLE COMERCIALES



4. DISEÑO DE UNA PLANTA DE POTENCIA

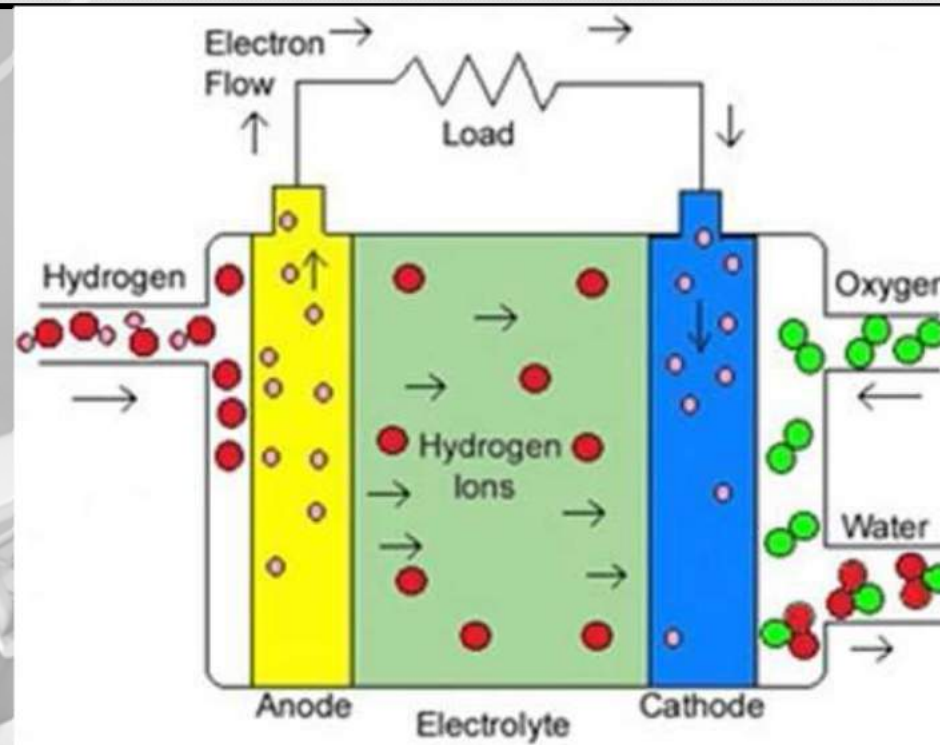


5. CONCLUSIONES



PILAS DE COMBUSTIBLE

- Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos que combinan un combustible y un oxidante para producir electricidad, produciendo calor y agua como subproductos.
- Los reactantes suelen ser Hidrógeno y Oxígeno (puro o procedente del aire); solo en el caso de obtener el H₂ a partir de un hidrocarburo se produciría dióxido de carbono.
- Al contrario que las baterías, las pilas de combustible generan electricidad siempre que haya combustible.

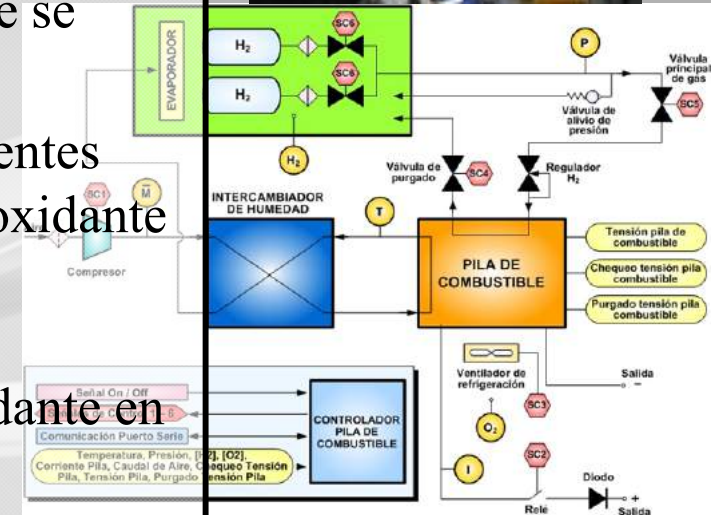


24 - 25 enero 2017

COMPONENTES

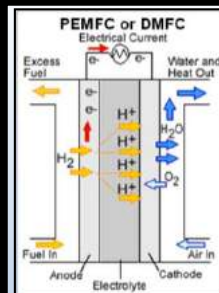
Todo sistema basado en pila de combustible requiere de tres subsistemas básicos:

- El **stack** contiene los componentes activos (ánodo, cátodo y electrolito) y las conexiones eléctricas entre las celdas. En el stack es donde el combustible se convierte en electricidad.
- El **balance de planta** son el resto de componentes necesarios para suministrar el combustible y oxidante en las condiciones de temperatura y presión adecuadas al stack, expulsar los productos, y proporcionar la electricidad a la carga demandante en las condiciones requeridas.
- **La fuente de combustible** es el almacenamiento del combustible de donde se obtiene el H₂ necesario para la reacción. Este H₂ puede ser gas suministrado directamente o se puede obtener de hidrocarburos, líquidos o gaseosos, usando un reformador interno, hidruros químicos (líquidos o sólidos).



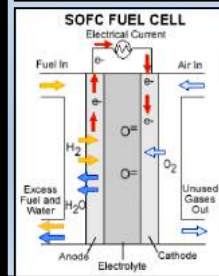
CARACTERÍSTICAS

- La potencia de una pila de combustible depende del tamaño de su superficie activa (proporcional a la intensidad de corriente) y del número de celdas, es expandible, cuanto más celdas mayor voltaje y potencia; y modular, se pueden conectar varios stack en serie o paralelo para aumentar las características de la corriente de salida.
- Las pilas presentan menores consumos específicos (90 gr/kwh) y mayores eficiencias que los MCI (500 gr/kwh).
- Con respecto a las baterías tienen mayor densidad energética (450 Wh/kg) y permiten un funcionamiento continuo a valor nominal.



PEMFC

- 80-160°C
- quick start
- Pure H2



SOFC

- 700 – 1000°C
- Higher efficiency; lower SP
- Reformed Hydrocarbons fuel

USO DE PILAS EN UAVs

La aplicación de pilas de combustible en UAVs se orienta a pequeños UAVs de vuelo lento en los que la demanda de potencia es baja y en donde pueden conseguir un claro aumento de la duración del vuelo

Densidad de energía:

Las pilas de combustible ofrecen ventajas frente a las baterías:

- Baterías Li: ~ 200 Wh/kg
- Pilas (inc. Tanques): ~ 500 Wh/kg

Densidad de potencia:

Las pilas presentan menor densidad de potencia que las baterías:

- Baterías Li: ~ 3500 W/kg
- Pilas (inc. Tanques): ~ 330 W/kg



Los drones demandan mayor energía eléctrica, para los sistemas de control, telemetría y carga de pago (sensores, cámaras,...), y mayor autonomía lo que requiere mayor densidad de energía y de potencia y todo a menor coste.

DEMOSTRADORES 2

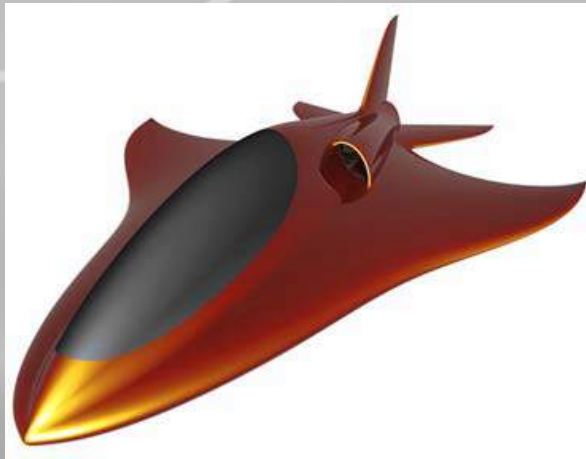
UAVs



Ion Tiger (US Naval Research Lab.)



Puma (AeroVironment Inc.)



HyFish (DLR, Horizon FC Tech., Team Smartfish GmbH)



2015_EnergyOr Technologies Inc (Canada)

EnergyOr vuela un cuadrocóptero con PEMFC.

Congreso sobre las A Vuelo 2 veces superior que con pila de LiPo: 2 h 12 m 46 sg. 9,5 kg de peso

DEMOSTRADORES 3

UAV	Masa (kg)	Envergadura (m)	Autonomía (h)	Tipo de PC	Potencia (w)	Tipo de almacenamiento	Fabricante FC
Spider Lion	2.54	2.2	3.3	PEM	100	H ₂ Comp.	Protonex Tech. Corp.
Georgia Tech UAV	16.4	6.6	0.75	PEM	500	H ₂ Comp.	
Hyfish	6	1	0.25	PEM	1000	H ₂ Comp.	Horizon FC Technology
Puma	5.7	2.6	9	PEM		Hidruro Químico	Protonex Tech. Corp.
Pterosoar	5	5.5	15.5	PEM	650	H ₂ Comp.	Horizon FC Technology
H ₂ Enduranc	10	3,3	10	PEM	1000	H ₂ Comp	EnergyOR
Ion Tiger			26	PEM	500	H ₂ Comp.	Protonex Tech. Corp.



24 - 25 enero 2017

Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería

Pilas de Combustible comerciales

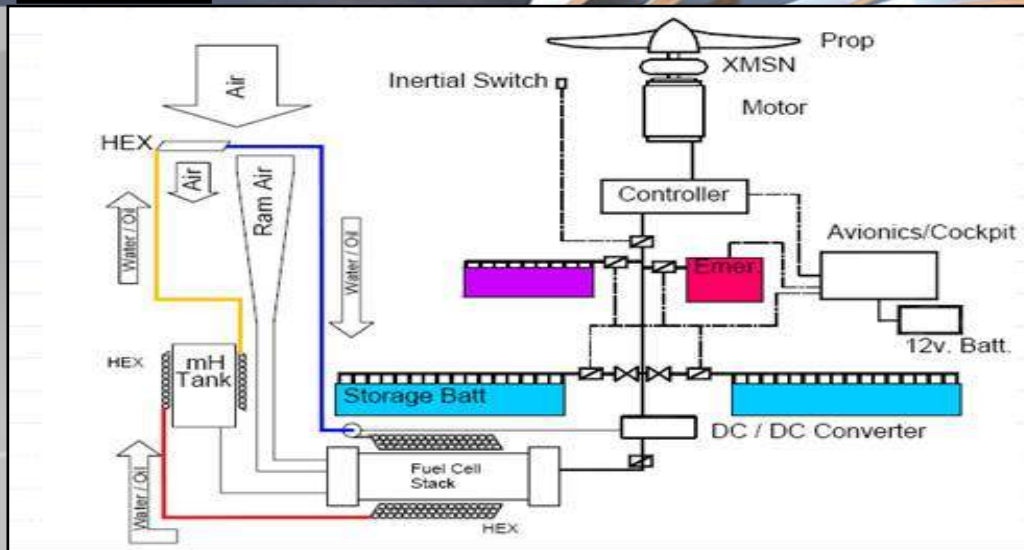
En el mercado podemos encontrar pilas de combustible de todos los tamaños (y potencias). Actualmente hay productos para aplicaciones de cargadores o sistemas portátiles de potencia. Si nos centramos en una potencia continua entre 200 W y 500 W, vemos que su potencia específica real no supera los 200w/kg SÓLO EL STACK. Si añadimos el balance de planta y combustible, estos valores descienden hasta 65 w/kg



En nuestro estudio sólo hemos encontrado tres fabricantes cuyos sistemas alcanzan un potencia específica TOTAL (incluyendo combustible) de unos 80 w/kg con una energía almacenada de 900wh

Diseño de una planta de potencia

DISEÑO



COMPONENTES PRINCIPALES

- Pila de combustible (Stack)
- Batería (hibridación??)
- Auxiliares (Refrig., val., bombas...)
- Electrónica: Convertidor y control
- Sist. Gases Alimentación (O₂, H₂)
- Motor eléctrico y hélice
- Aviónica

DECISIONES DE DISEÑO

A la hora de diseñar el sistema hay que definir criterios como:

- Hibridación del sistema con baterías
- Uso de aire u oxígeno almacenado a presión como reactante

Existen herramientas de simulación que permiten comprobar las ventajas de una configuración u otra según los requisitos de la misión. En nuestro caso hemos partido de la disponibilidad de sistemas en el mercado y ver que configuración es necesaria para adaptarla a nuestra plataforma

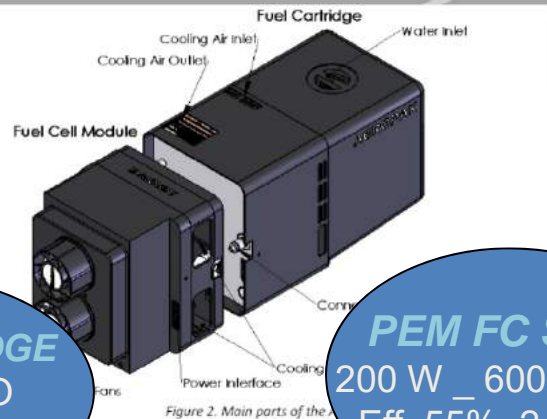
Diseño de una planta de potencia

PILA DE COMBUSTIBLE

El sistema de pila "AEROPAK" de Horizon (HES) ha sido el seleccionado, el criterio: coste, disponibilidad y producto "comercial"

AIR
2000 l/min

FUEL CARTRIDGE
NaBH₄ + H₂O
1 l _ 54 gr H₂



PEM FC Stack
200 W _ 600 W peak
Eff. 55% 2.0 l/min

20,000\$

El sistema completo **integrado**

- el stack;
- sus auxiliares o BoP (ventiladores,, bombas y válvulas);
- Electrónica de control y convertidores
- el sistema de generación de H₂
- y su almacenamiento.

Requiere:

- Batería extra para proporcionar el pico de despegue;
- un flujo de aire de 2000 l/min para refrigeración y la reacción electroquímica;
- y 1 l de solución en agua destilada de NaBH₄ y NaOH al 25% como combustible.

No necesita:

- Compresor
- Humidificador



Diseño de una planta de potencia

BALANCE DE PLANTA Y ALMACENAMIENTO

FUEL CELL SYSTEM SPECS

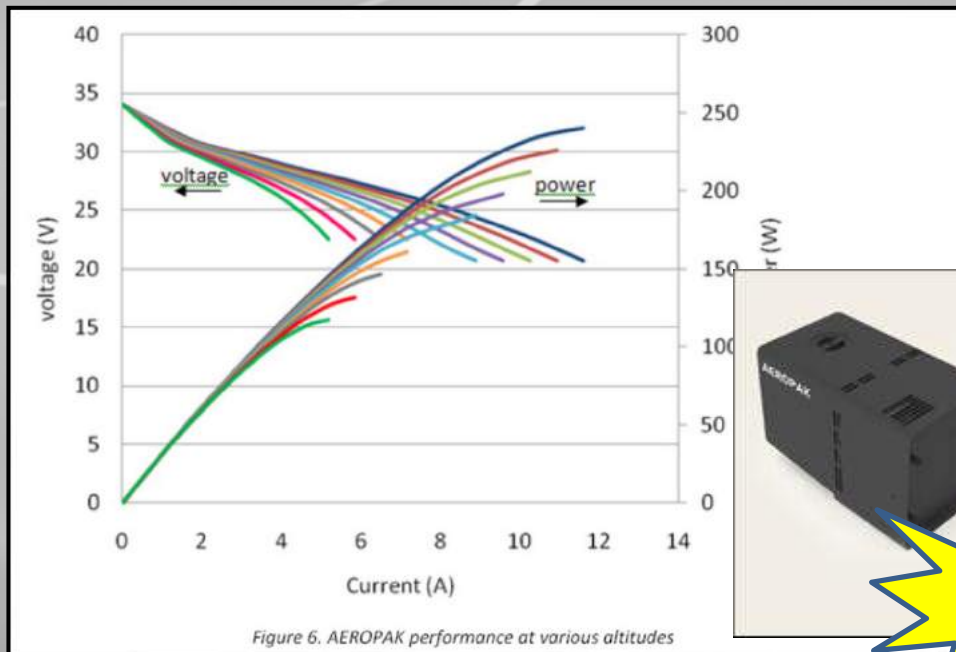


Continuous Output Power:	200W
Peak Power (hybrid battery):	600W for 2 min.
Continuous Output current:	10A
Output Voltage Range:	20V-32V
FC System Weight:	470g (1.04 lbs)
Dimensions (mm):	126 X 116 X 138
Operating environment:	0C-40C / 0-95% humidity
Max altitude with no change:	2000m (can be adjusted)



Standard Li-Po Battery (Customizable)

Energy:	30Wh (standard)
Power:	400W (18A@22.2V)
Weight :	230g (standard)
Volume:	0.2L



TYPE 1 (customizable)	
Net Energy:	54 gr H ₂
Dry Weight:	520g
Total Weight with 1L fuel:	1570g
Total Cartridge Volume:	2.3L
Size (mm):	180 X 106 X 120
H ₂ flow rate:	0.3 L/min
Output pressure:	0.7 bar
Connection:	quick-connector
Total FC + Cartridge Weight:	2.1kg on take-off (landing weight is 1.5kg)
Total FC + Cartridge Volume:	2.2L
Specific Energy:	450Wh/kg (at take-off)
Energy Density:	675Wh/kg (landing Vs take off weight)

6,500\$

Comprobación de actuaciones y pesos así como de requisitos de integración

Diseño de una planta de potencia

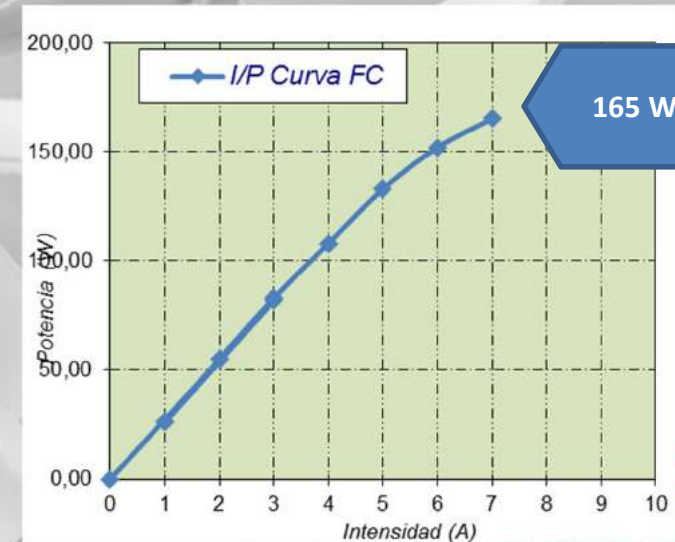
PESOS Y ACTUACIONES REALES

Dentro de nuestro sistema propulsivo además necesitamos un motor eléctrico y una hélice. A continuación se incluye una estimación de pesos para concretar sobre las características de nuestra planta. Teniendo en cuenta que el rendimiento medido del Aeropak es del 45% tenemos un sistema con una Energía disponible de 840 Wh y una densidad energética de 370 Wh/kg. Y OJO la potencia continua se queda en 165W

$$(0.054\text{Kg} \times 33.33 \text{ kWh/kg}) \times 45\% = 810\text{Wh}$$

$$840 \text{ Wh} / 2.27 \text{ kg} = 370 \text{ Wh/kg}$$

COMPONENTS	WEIGHT (g)
Fuel cell stack +Li-Po batteries	700
Hydrogen and oxygen system (with 1 litre of fuel)	1570
Total power system weight	2270
Electric motor with propeller	170
Avionics	100
TOTAL WEIGHT	2540



CONCLUSIONES

Podemos integrar este sistema en nuestra plataforma una planta de potencia híbrida de PC y baterías, con una densidad energética "real" de 370 Wh/kg, casi el doble que la máx "teórica" para una batería. Baterías Li: ~ 200 Wh/kg

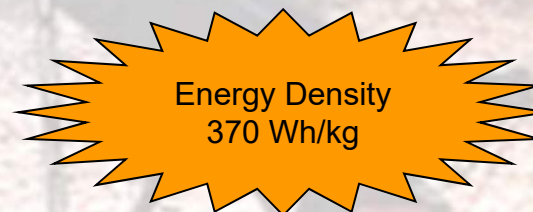
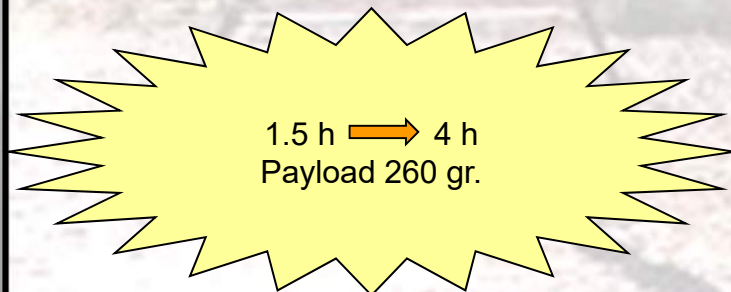
Con ella podemos conseguir una autonomía mayor que la original con baterías de Li. 1.5 h → 4 h

... Y tenemos disponibles 260 gr. para integrar la carga de pago, cámaras,...

Hay que tratar con "cuidado" los datos de los fabricantes, ya que no suelen dar valores demostrados, si dan alguno, de acuerdo a estándares de ensayos (rendimientos, consumos, condiciones de operación, potencias)

No se ha tenido en cuenta las dimensiones y otros parámetros de integración que son importantes y decisivos en la elección de la pila.

Los cartuchos son reutilizables, ipero hay que enviarlos a Singapur y cuesta 1100\$!





**¡GRACIAS POR
SU ATENCIÓN!**

argumosa@inta.es

Logo
empresa



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



Comunidad
de Madrid



24 - 25 enero 2017

Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil