



XX CONGRESSO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL
TRANSPORTE MARÍTIMO E ENGENHARIA PORTUÁRIA



GENERACIÓN DE ENERGÍA CON CELDAS DE COMBUSTIBLE EN COMBINACIÓN CON TURBINAS DE GAS Y SUS POSIBILIDADES DE IMPLEMENTACIÓN EN UNIDADES NAVALES

Alberto Gómez Figueroa
Capitán de Corbeta
Armada de Chile

SÃO PAULO - BRASIL

2007

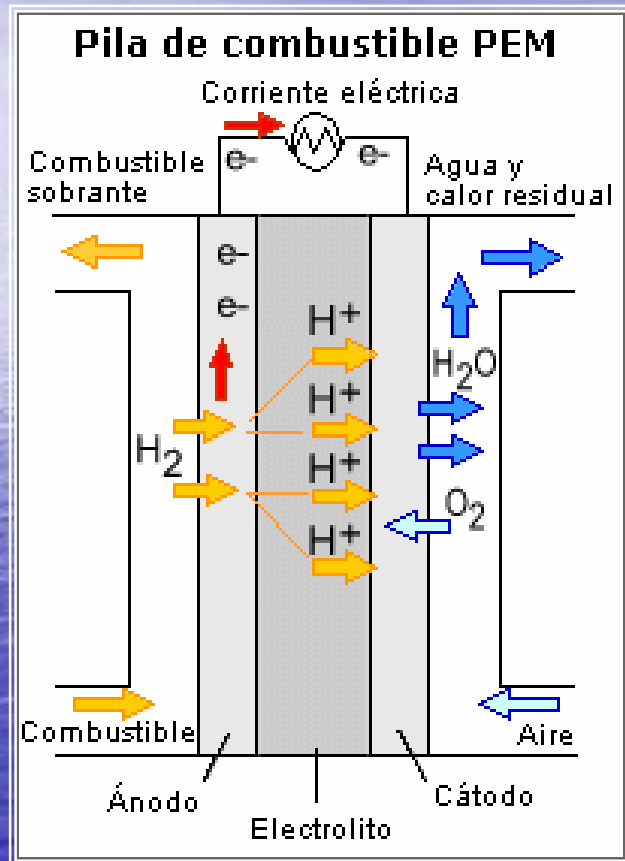
Temario

- Características de las Celdas de Combustible.
- Combinación de Celdas de Combustible con Turbinas de Gas.
- Potenciales aplicaciones Navales de combinaciones Híbridas de Celdas de Combustible.
- Conclusiones.

Tipos de Celdas de Combustible

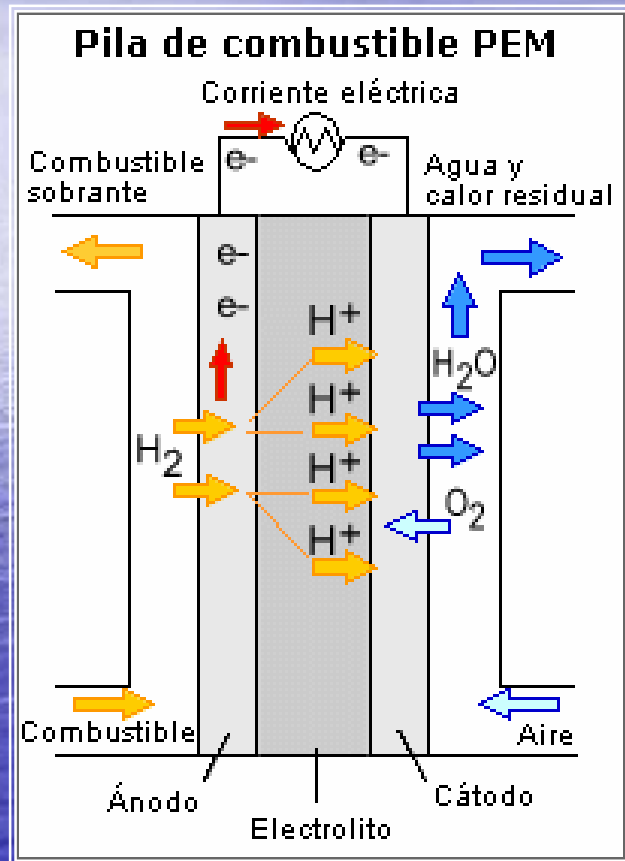
- ✓ Celda de Combustible de Membrana de Intercambio Protónico (PEM) o de Polímero Electrolítico (PEFC)
- ✓ Celda de Combustible Alcalina. (AFC)
- ✓ Celda de Combustible de Ácido Fosfórico. (PAFC)
- ✓ Celda de Combustible de Carbonato Fundido. (MCFC)
- ✓ Celda de Combustible de Óxido Sólido. (SOFC)

Funcionamiento de una Celda de Combustible



- Consiste en dos electrodos ánodo (+) y cátodo (-), separados por un electrolito capaz de transmitir iones de hidrógeno y oxígeno a través del cual no circula electricidad.
- El hidrógeno, proveniente de una fuente externa de combustible, es introducido a través de la superficie del ánodo donde un elemento catalizador permite la separación del hidrógeno en protones (iones positivos de hidrógeno) y electrones.

Funcionamiento de una Celda de Combustible



- Los protones pasan al electrolito en dirección al cátodo y los electrones fluyen en forma de corriente por un circuito externo, esta corriente entregando la potencia en la celda
- El oxígeno por su parte también proviene de una fuente externa, fluyendo en el cátodo donde otra capa catalizadora permite que se mezcle con los protones de hidrógeno y los electrones del circuito externo, entregando como productos vapor de agua y calor.

Funcionamiento de una Celda de Combustible

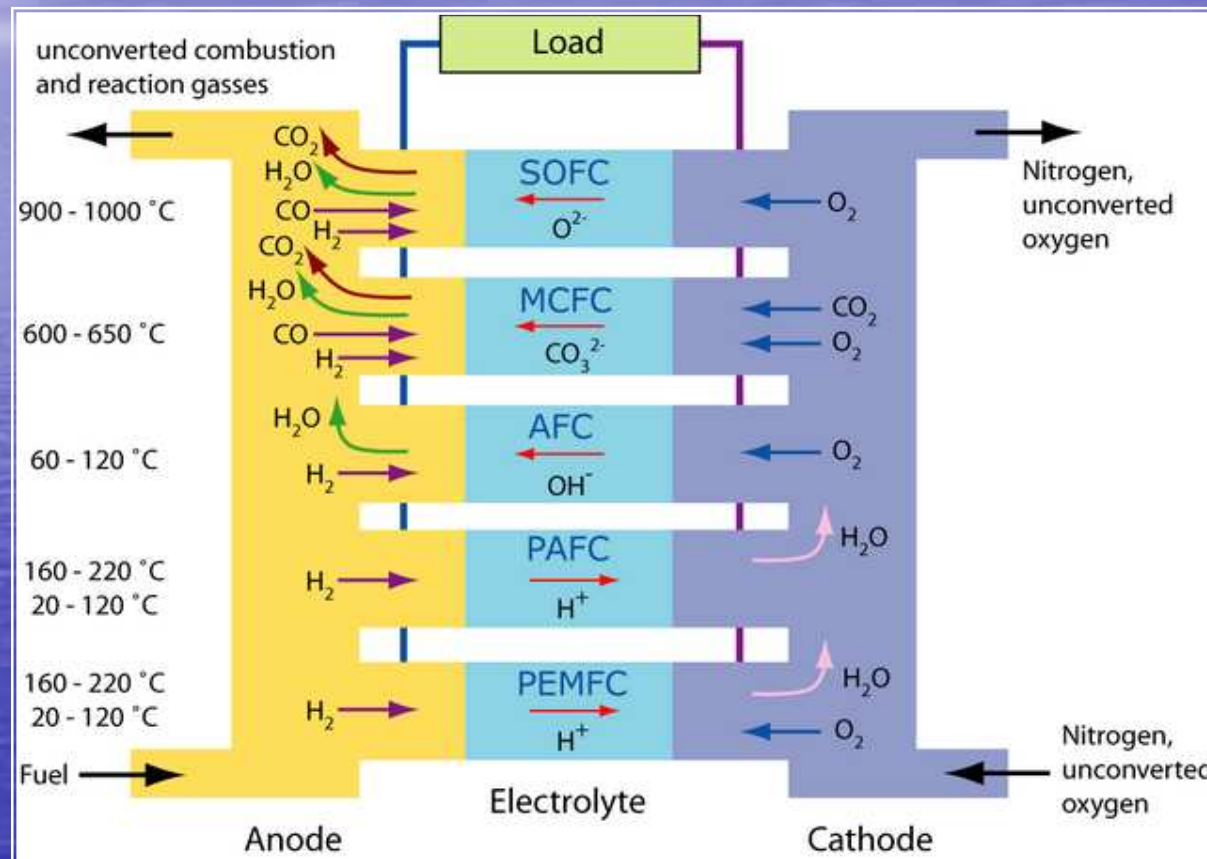
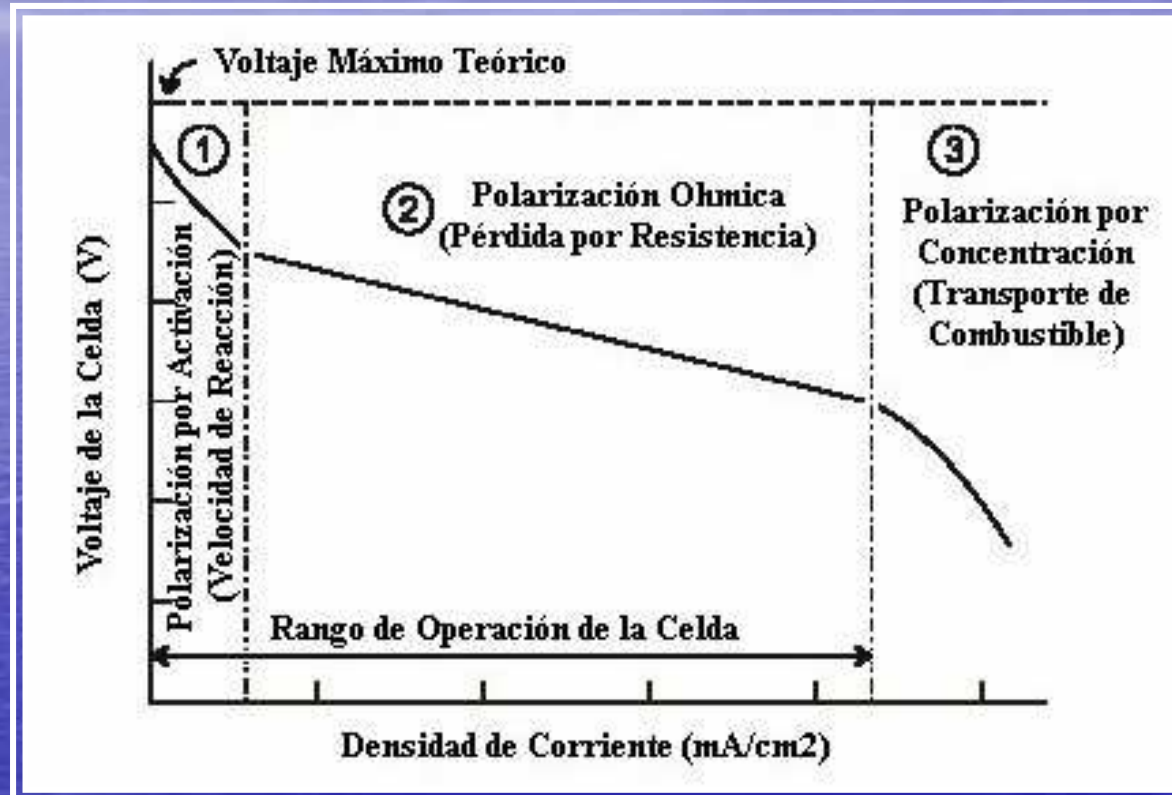


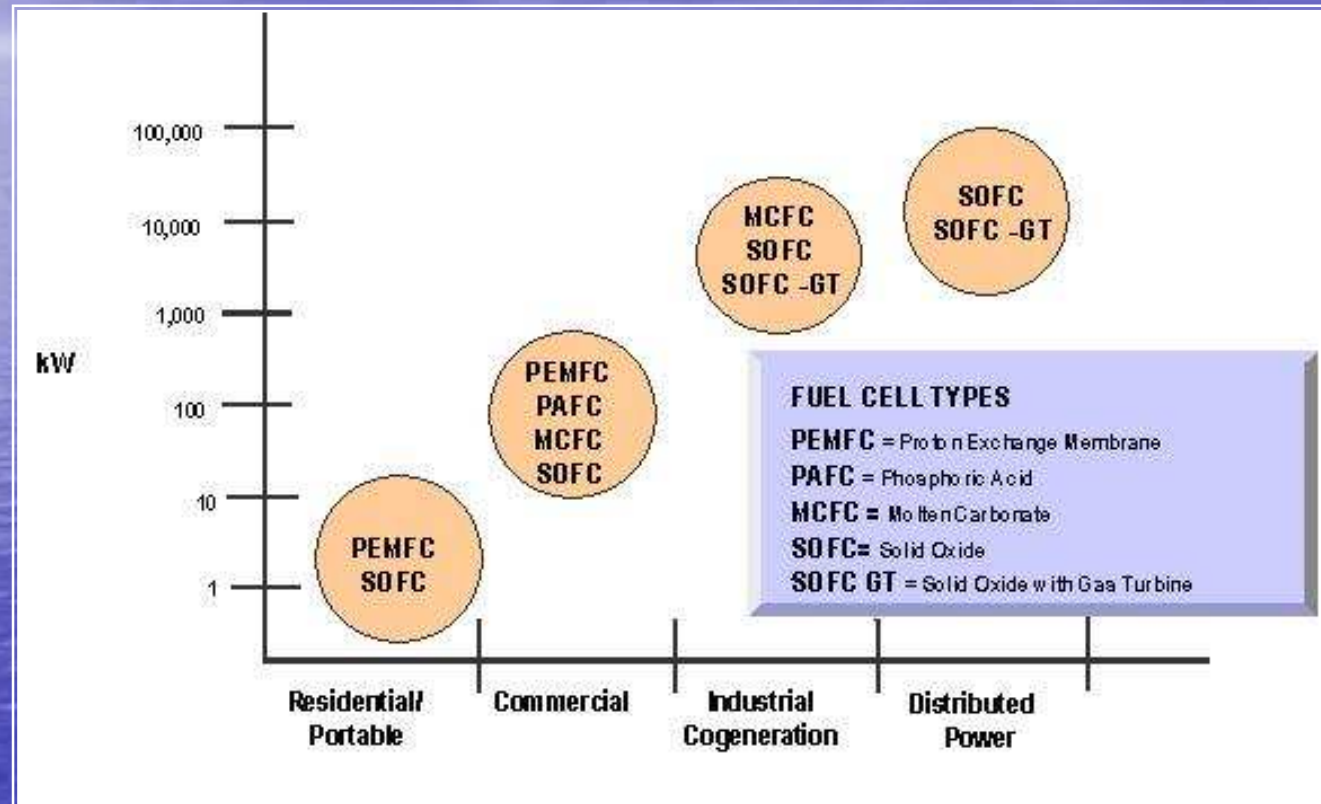
Tabla comparativa de Celdas de Combustible

Celda de Combustible	Electrolito	Temperatura de operación [°C]	Sustancia Contaminante de la Celda	Eficiencia Eléctrica (%)
Membrana de Intercambio Protónico (PEM)	Polímero sólido orgánico	80	S, CO	35-40
Alcalina (AFC)	Hidróxido de Potasio	80 - 100	CO, CO ₂	<40
Acido Fosfórico (PAFC)	Acido Fosfórico Líquido	200	S, CO	35-40
Carbonato Fundido (MCFC)	Solución líquida de Carbonatos de Litio, Sodio y Potasio	650	S	45-55
Oxido Sólido (SOFC) {Tubular, plana}	Oxido de Zr sólido con adiciones de Itrio	800 - 1000	S	45-60

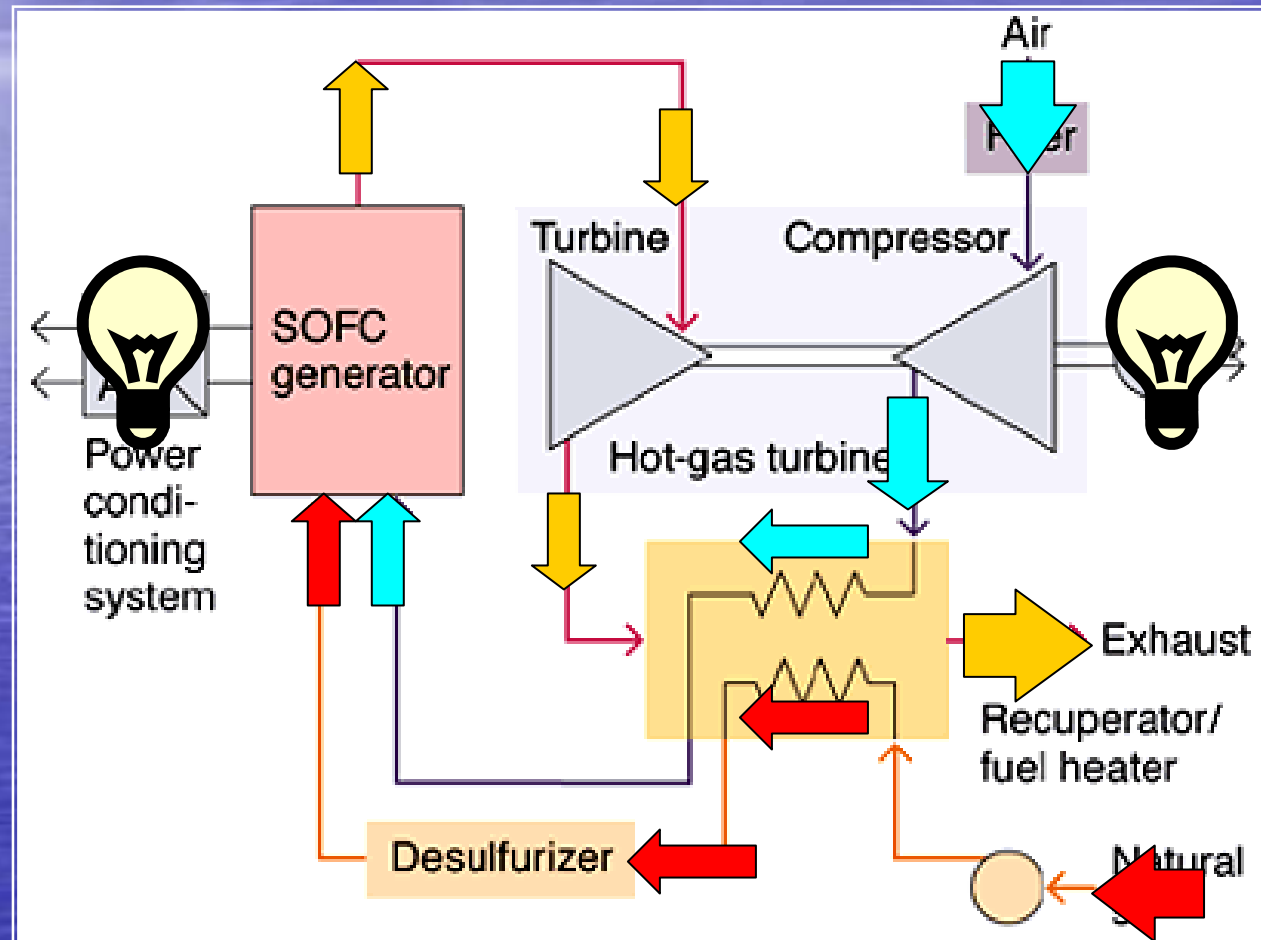
Eficiencia Celda de Combustible



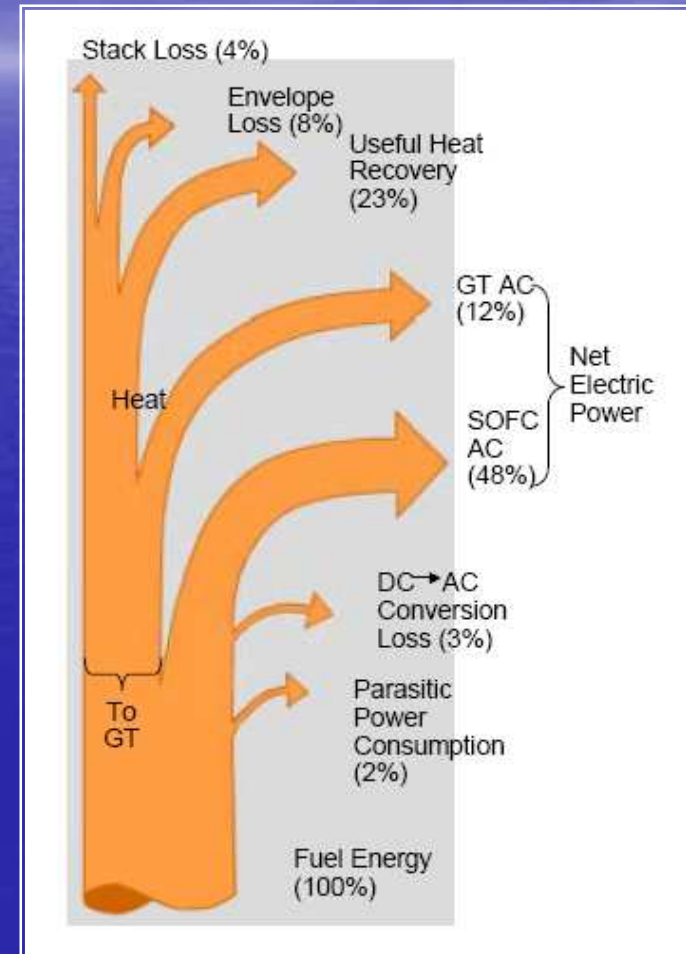
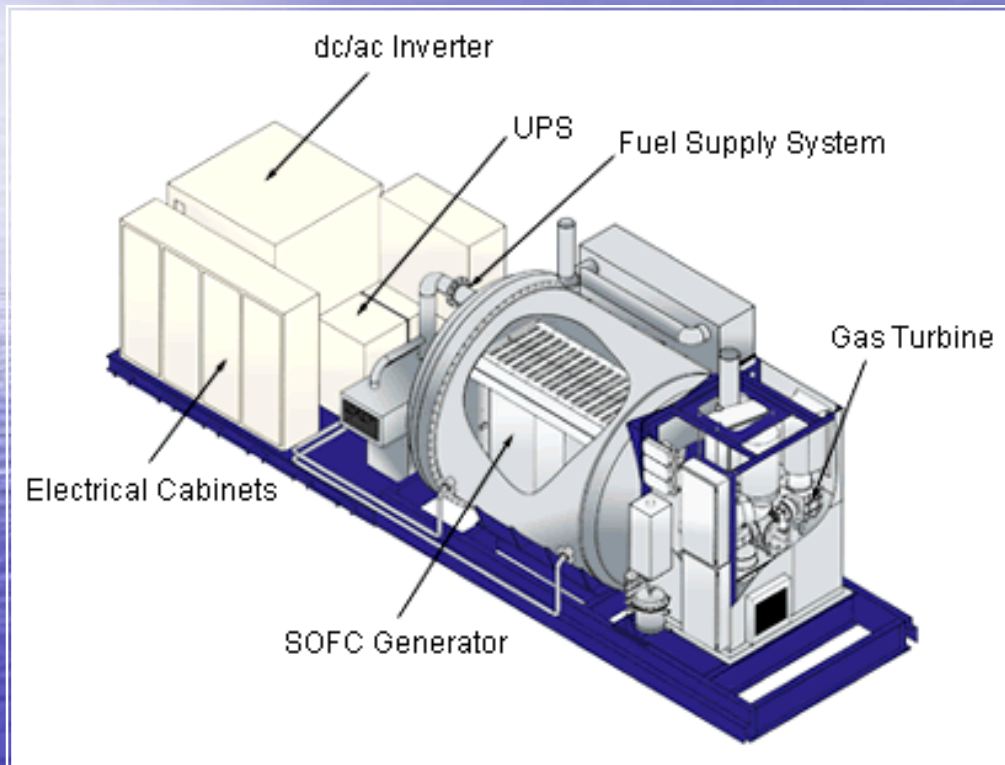
Aplicaciones de acuerdo a la potencia



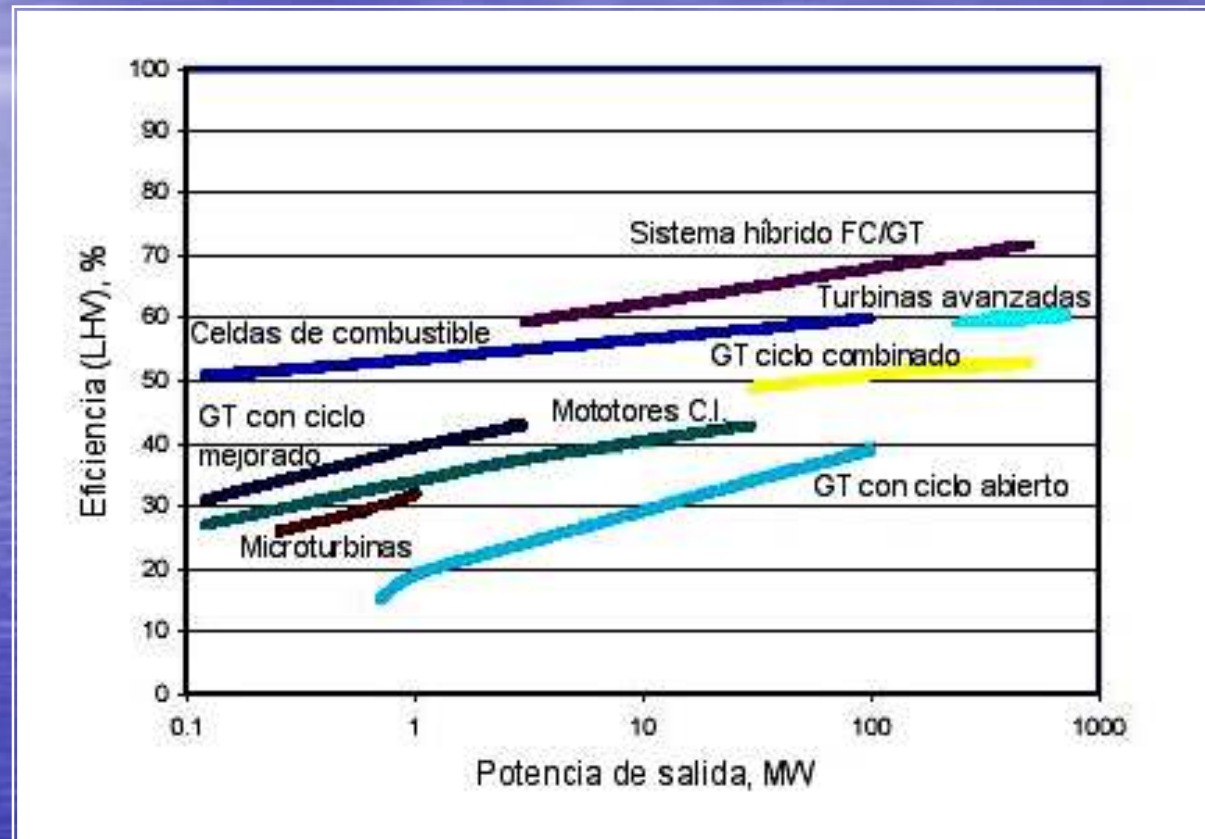
Celda de Combustible Combinada con Turbinas de Gas



Celda de Combustible Combinada con Turbinas de Gas



Comparación de Eficiencias



Aplicaciones Navales de Combinaciones Híbridas de Celdas de Combustible

- Ventajas.
- Desafíos en el uso de combinaciones híbridas a bordo.
- Situación actual.

Ventajas de los Sistemas Híbridos con Celdas de Combustible

- Soluciona la baja eficiencia de las máquinas térmicas.
- Bajas emisiones contaminantes.
- Aumento en la eficiencia del sistema combinado con celdas de combustible.
- Disminuye el costo \$/kW de las de celdas de combustible.
- Disminución de las huellas térmicas y acústicas.

Desafíos en el uso de combinaciones híbridas a bordo

- Se estima que el buque de guerra eléctrico es una solución factible y viable a largo plazo.
- Uso de combinaciones FC/GT como reemplazo de Diesel generadores y posteriormente como medio de propulsión una vez se alcancen potencias de 20MW.
- Desarrollo de aplicaciones en buques de guerra, pasajeros, ferries, gaseros, etc.
- Desarrollo proceso reformado combustible NATO F76 o JP-5.

Situación Actual

- Sistemas experimentales



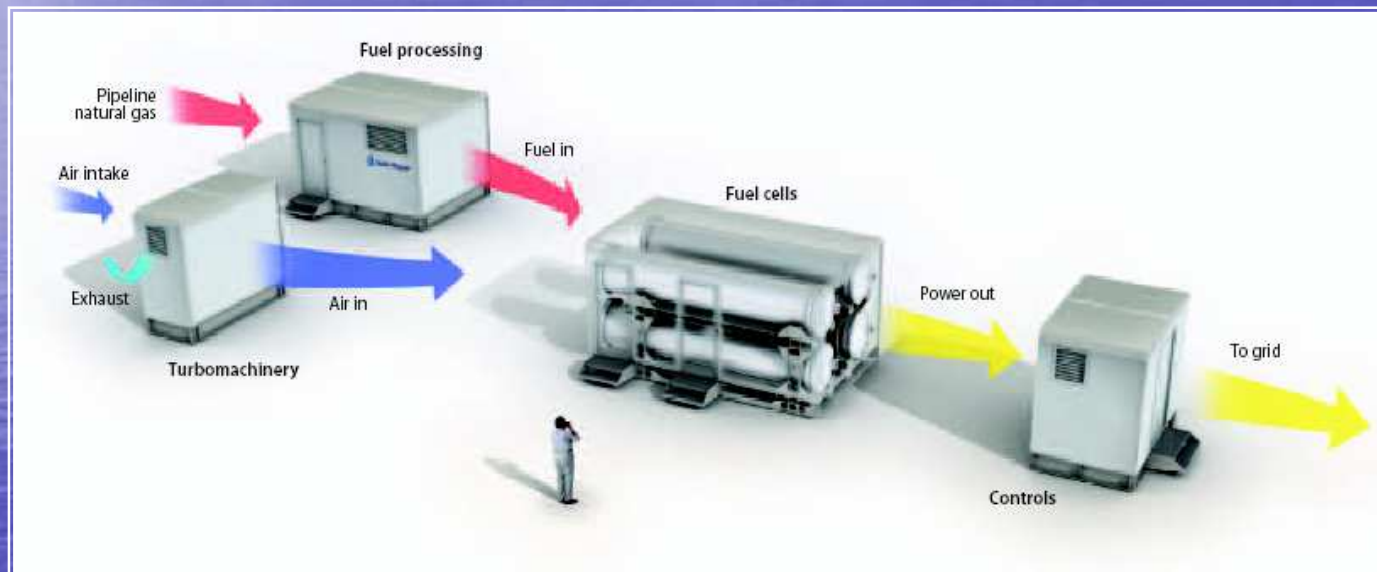
300-kW, SIEMENS- WESTINGHOUSE,
combinación de una celda de óxido
sólido y una turbina de gas.



220-kW, SIEMENS-WESTINGHOUSE,
combinación de una SOFC y una
microturbina de gas.

Situación Actual

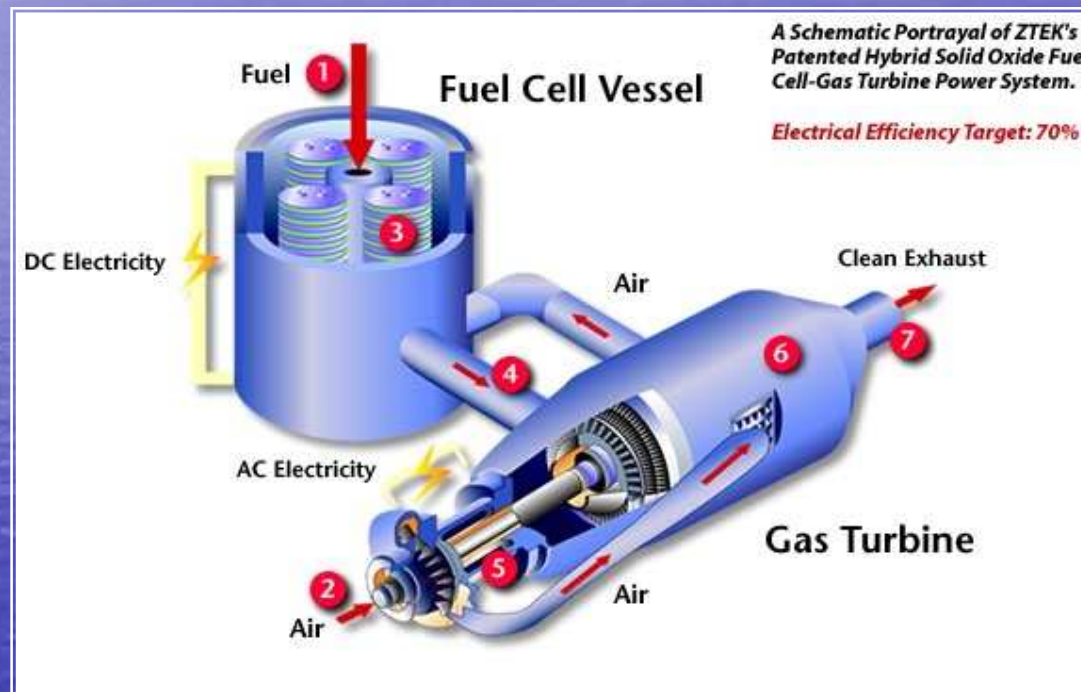
- Sistemas experimentales



1MW SOFC/GT, desarrollado por Rolls-Royce, se espera su implementación para el 2008.

Situación Actual

- Sistemas experimentales



ZTEK, Diseño híbrido SOFC/GT de 200 kW actualmente en construcción.

Conclusiones

- Los sistemas combinados FC/GT, presentan múltiples ventajas por sus características y mayor eficiencia, sin embargo, aún se encuentran en fase de desarrollo.
- Una de sus principales barreras para adoptar esta tecnología, es el diseño de sistemas de reformado de combustibles adecuados para su operación.
- El diseño de buques de superficie propulsados con Celdas de Combustible es una tarea a largo plazo, sin embargo, su rápido desarrollo comprometerá a la industria naval a estar preparada para esta “nueva” forma de generación de potencia.



XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL
TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA



FIN DE LA PRESENTACIÓN

XX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL