

01167 10
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EL MERCADO EN MEXICO DE LAS CELDAS
ESTACIONARIAS DE COMBUSTIBLE

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA
(P L A N E A C I O N)
P R E S E N T A :
RODRIGO VARGAS CORNEJO

DIRECTOR DE TESIS: DR. SERVIO TULIO GUILLEN B.

272698



CIUDAD UNIVERSITARIA

NOVIEMBRE - 99

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EL MERCADO EN MEXICO DE LAS CELDAS
ESTACIONARIAS
DE COMBUSTIBLE**

INDICE

INDICE.....	1
OBJETIVO:.....	3
INTRODUCCION:.....	3
METODOLOGIA.....	4
CAPITULO 1. CELDAS DE COMBUSTIBLE.....	6
1.1 Principio de Operación.....	6
1.2 Clasificación de los sistemas de celdas de combustible.....	7
1.3 Tipos de celdas.....	8
1.3.1 Ácido Fosfórico PAFC.....	8
1.3.2 Electrolito Polímero PEFC.....	8
1.3.3 Carbonatos Fundido MCFC.....	9
1.3.4 Oxido Sólido SOFC.....	9
1.3.5 Alcalinas AFC.....	11
1.3.6 Metanol Directo DMFC.....	11
1.4 Características de las celdas de combustible.....	13
1.4.1 Alta eficiencia y seguridad de suministro.....	13
1.4.2 Cumplimientos ambientales.....	14
1.4.3 Características de operación.....	15
1.4.4 Flexibilidad de planeación.....	15
1.5 El mercado potencial de las celdas de combustible, producción volumen y costos estimados.....	16
1.6 Combustibles para las celdas de combustible.....	17
1.6.1 Hidrogeno.....	17
1.6.2 Hidrogeno por reformación catalítica de vapor del gas natural.....	17
1.6.3 El Hidrógeno por descomposición del metano.....	18
1.6.4 Oxidación parcial de hidrocarburos pesados.....	18
1.6.5 Hidrogeno proveniente del carbón.....	18
1.6.6 Reformador de vapor metanol.....	18
1.6.7 La producción de hidrógeno y metanol de biomasa sólida.....	19
1.6.8 Hidrogeno producido por la electrolisis del agua.....	19
1.6.8 Hidrogeno del vapor proveniente del proceso del hierro.....	20
1.7 Problemática del hidrogeno.....	21
1.8 Cogeneración con celdas de combustible.....	22
1.8.1 Eficiencia eléctrica.....	22
1.8.2 Impacto ambiental.....	23
1.8.3 Modularidad.....	23
1.8.4 Cogeneración eficiente.....	24
CAPITULO 2. ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA.....	25
2.1 Las tecnologías actuales de generación de energía.....	25
2.2 Costo y durabilidad.....	26
2.3 Futuro de introducción de las celdas de combustible.....	27
2.4 Tipos de celdas de combustible utilizadas en fuentes estacionarias.....	28
2.5 Recuperación de calor.....	29
2.6 Celdas de combustible / turbinas de gas.....	30
2.7 Uso de las celdas de combustible en procesos de refinación.....	31
2.8 Acondicionamiento de energía.....	33
2.9 Las celdas de combustible hacia el siglo 21.....	34
2.10 La generación de electricidad con las celdas de combustible en el futuro.....	35
CAPITULO 3. EL MERCADO DE MEXICO PARA LAS CELDAS DE COMBUSTIBLE.....	37
3.1 Potencial a largo plazo de las celdas de combustible.....	37
3.2 Segmentación del mercado de las celdas de combustible.....	38
3.3 Como parte del proceso de las empresas.....	39
3.3.1 Autogeneración.....	39
3.3.2 Cogeneración.....	41

3.4 Baja emisión de contaminantes	43
3.4.1 Generación a turbogas de CFE	43
3.4.2 Generación mediante combustión interna en CFE.....	45
3.4.3 Emergencia de CFE (Combustión interna Móvil)*	46
3.5 Inaccessibilidad a las líneas de transmisión	49
3.5.1 Centros ecoturísticos	49
3.5.2 Electrificación de zonas rurales.....	51
3.6 Seguridad en el suministro de energía	53
CONCLUSIONES.....	68
ANEXO 1 Generalidades sobre investigación de mercados.....	71
Segmento de mercado	71
Nicho de mercado.....	71
Segmentación de mercados industriales.....	71
Principales variables de segmentación para mercados industriales.....	71
Demográficas.....	71
Variables operativas.....	71
Enfoques de compra.....	71
Factores de situación.....	72
Características personales.....	72
Mercado meta.....	72
REFERENCIAS.....	73
REFERENCIAS DE INTERNET	74

OBJETIVO:

Identificar y analizar el mercado futuro de las celdas de combustible estacionarias en México, así como describir las diferentes tecnologías que se utilizan en nuestro país para la generación de electricidad.

INTRODUCCION:

El presente trabajo fue realizado con la finalidad de crear un documento que identifique el mercado de las celdas estacionarias de combustible en México. Además de analizar la tecnología de las celdas de combustible, sus aplicaciones, los planes futuros de los países avanzados.

La razón principal por la cual se identifica el mercado de las celdas de combustible es que en el futuro se encuentren operando en nuestro país, esperando que estas ayuden a bajar la contaminación ambiental.

El problema al que se enfrenta la generación de energía eléctrica es la contaminación ambiental, desde los años 70, hubo preocupación por las grandes cantidades de contaminantes que son expulsados al ambiente. A través de los años los estándares que se deben de cubrir, son cada vez más estrictos, los motores y las turbinas de gas van teniendo mejores eficiencias con lo cual la emisión de contaminantes va en disminución.

En la búsqueda de nuevos sistemas de generación de energía eléctrica, en los años 90 se retoma un principio básico, descubierto a principio de siglo. Las celdas de combustible, que nos ofrecen la generación de energía eléctrica, el desecho que produce es agua, los combustibles usados son principalmente hidrógeno, el gas natural, metanol y gasolina. La eficiencias ofrecidas están muy por arriba de las brindadas por los sistemas actuales de generación de energía.

El uso de las celdas de combustible actualmente esta en la fase de demostración comercial, en Estados Unidos, Europa, Canadá y Japón, son las naciones que tienen los mayores avances en investigación y de aplicación de las celdas.

En México las celdas de combustible no tienen avances significativos, siendo una gran desventaja para el futuro, ya que seguramente estarán dentro de los sistemas de generación de energía eléctrica y otras aplicaciones como en los automóviles. Es por ello la importancia en la investigación de las celdas de combustible a nivel tecnológico y los mercados que abarcan.

La presente tesis nos muestra los mercados de las celdas de combustible estacionarias en México, basándonos en conceptos de planeación estratégica. Los mercados abarcados van desde los generadores de la Comisión Federal de Electricidad y otros como las tiendas de autoservicios, bancos, el servicio a las zonas apartadas, con lo cual se muestra que las celdas de combustible tienen un mercado muy amplio y variado en nuestro país. Esperando que en la próxima década estén operando en nuestro país, es de vital importancia prepararnos para la utilización de celdas de combustible.

OBJETIVO:

Identificar y analizar el mercado futuro de las celdas de combustible estacionarias en México, así como describir las diferentes tecnologías que se utilizan en nuestro país para la generación de electricidad.

INTRODUCCION:

El presente trabajo fue realizado con la finalidad de crear un documento que identifique el mercado de las celdas estacionarias de combustible en México. Además de analizar la tecnología de las celdas de combustible, sus aplicaciones, los planes futuros de los países avanzados.

La razón principal por la cual se identifica el mercado de las celdas de combustible es que en el futuro se encuentren operando en nuestro país, esperando que estas ayuden a bajar la contaminación ambiental.

El problema al que se enfrenta la generación de energía eléctrica es la contaminación ambiental, desde los años 70, hubo preocupación por las grandes cantidades de contaminantes que son expulsados al ambiente. A través de los años los estándares que se deben de cubrir, son cada vez más estrictos, los motores y las turbinas de gas van teniendo mejores eficiencias con lo cual la emisión de contaminantes va en disminución.

En la búsqueda de nuevos sistemas de generación de energía eléctrica, en los años 90 se retoma un principio básico, descubierto a principio de siglo. Las celdas de combustible, que nos ofrecen la generación de energía eléctrica, el desecho que produce es agua, los combustibles usados son principalmente hidrógeno, el gas natural, metanol y gasolina. La eficiencias ofrecidas están muy por arriba de las brindadas por los sistemas actuales de generación de energía.

El uso de las celdas de combustible actualmente esta en la fase de demostración comercial, en Estados Unidos, Europa, Canadá y Japón, son las naciones que tienen los mayores avances en investigación y de aplicación de las celdas.

En México las celdas de combustible no tienen avances significativos, siendo una gran desventaja para el futuro, ya que seguramente estarán dentro de los sistemas de generación de energía eléctrica y otras aplicaciones como en los automóviles. Es por ello la importancia en la investigación de las celdas de combustible a nivel tecnológico y los mercados que abarcaran.

La presente tesis nos muestra los mercados de las celdas de combustible estacionarias en México, basándonos en conceptos de planeación estratégica. Los mercados abarcados van desde los generadores de la Comisión Federal de Electricidad y otros como las tiendas de autoservicios, bancos, el servicio a las zonas apartadas, con lo cual se muestra que las celdas de combustible tienen un mercado muy amplio y variado en nuestro país. Esperando que en la próxima década estén operando en nuestro país, es de vital importancia prepararnos para la utilización de celdas de combustible.

Para ello la metodología utilizada es la que ha continuación se presenta:

METODOLOGIA

PROBLEMÁTICA

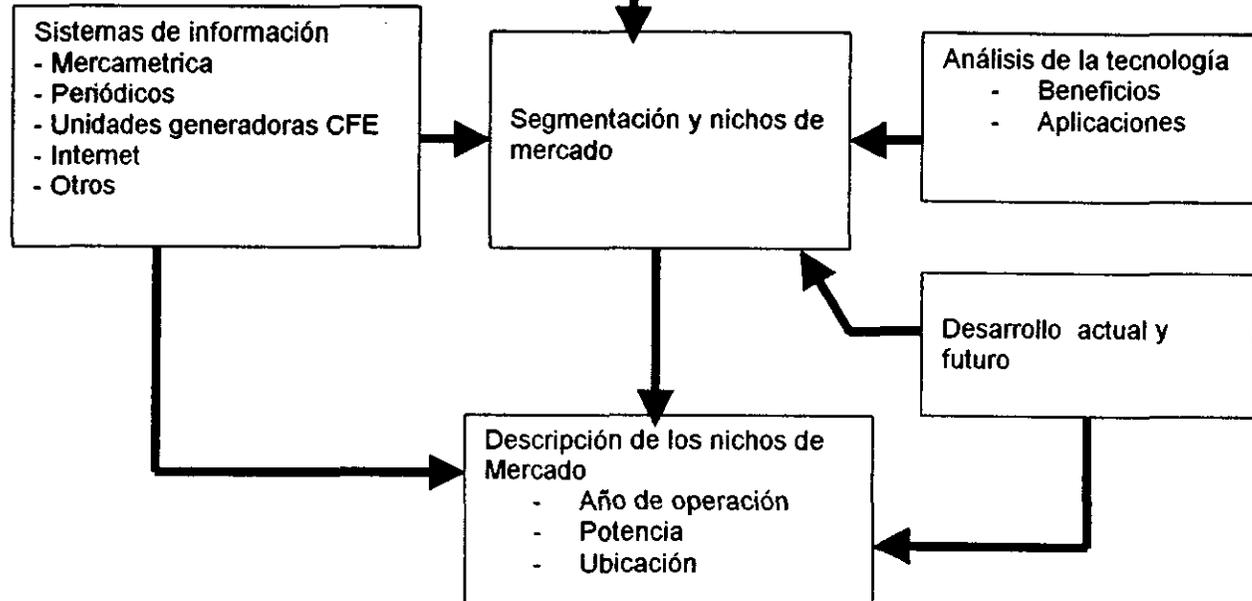
Se requieren sistemas de generación de energía con:

- Baja contaminación ambiental
- Mejores eficiencias de los equipos
- Bajar los niveles de ruido

Además de interés que existe por tener nuevos sistemas de generación de energía que no dependan de combustibles derivados del petróleo

PROBLEMA

Identificar el mercado de las celdas estacionarias de combustible, como inicio para su operación en el futuro en diferentes sectores productivos en nuestro país.



En el capítulo 1 se describe el principio de operación de las celdas de combustible, los tipos de celdas de combustible, combustible usados y su forma de obtención, los beneficios producidos por su uso, la problemática del hidrógeno actualmente, las características de las celdas como la modularidad, la flexibilidad, el impacto ambiental y las mejores eficiencias.

En el capítulo 2, se hace un análisis de la tecnología, comparando la tecnologías actuales de generación de energía eléctrica y las celdas de combustible, mostrando el costo en dólares por cada kilowatt generado y la durabilidad en horas. Se describe el desarrollo actual y futuro de las celdas de combustible, así como los tipos de celdas de combustible apropiadas para fuentes estacionarias. El uso de las celdas de combustible en procesos de refinación es muy interesante en México y los sistemas de generación de energía eléctrica en el futuro.

El capítulo 3, se hace una aportación importante, haciendo la segmentación de mercado y la descripción de los nichos de mercado de las celdas estacionarias de combustible de acuerdo al mercado de México. Posteriormente se describen cada uno de los nichos de mercados mencionados, algunos datos están incompletos o no se pudieron obtener, como las plantas de emergencia y los estadios existentes actualmente en nuestro país.

CAPITULO 1.

CELDA DE COMBUSTIBLE

1.1 Principio de Operación

Una celda de combustible consta de dos electrodos separados por un electrolito, el Oxígeno pasa sobre un electrodo y el hidrogeno sobre el otro, cuando el hidrógeno es ionizado pierde un electrón, al ocurrir esto ambos (hidrógeno y el electrón) toman diferentes caminos hacia el segundo electrodo. El hidrógeno emigra hacia el otro electrodo a través del electrolito mientras el electrón lo hace a través de un material conductor. Este proceso produce agua, energía eléctrica y calor. Para generar cantidades utilizables de corriente las celdas de combustible se apilan en un emparedado de varias capas.

En principio una celda de combustible opera como una batería. Genera electricidad combinando hidrogeno y oxígeno electroquímicamente sin ninguna combustión. A diferencia de las baterías, una celda de combustible no se agota ni requiere recarga. Producirá energía en forma de electricidad y calor mientras se le provea de combustible. El único subproducto que se genera es agua 100% pura.

Las celdas de combustible forman una familia de tecnologías que usan diferentes electrolitos y que operan a diferentes temperaturas, cada miembro de esta familia tiende a ser más apropiada para ciertas aplicaciones. Por ejemplo, las celdas de combustible de membrana eléctrica de polímero han demostrado ser apropiadas para su aplicación en autos, mientras que las celdas de combustible de carbonatos fundidos parecen ser más apropiadas para uso con turbinas a gas.

La primera celda de combustible fue construida en 1893 por Sir William Grove, un honorable juez galés y científico. El verdadero interés práctico en celdas de combustible, vino hasta comienzos de los años 1960 cuando el programa espacial de los Estados Unidos seleccionó las celdas de combustible en lugar del riesgoso generador nuclear y de la costosa energía solar. Fueron celdas de combustible las que proporcionaron electricidad y agua a las naves espaciales Geminis y Apollo.

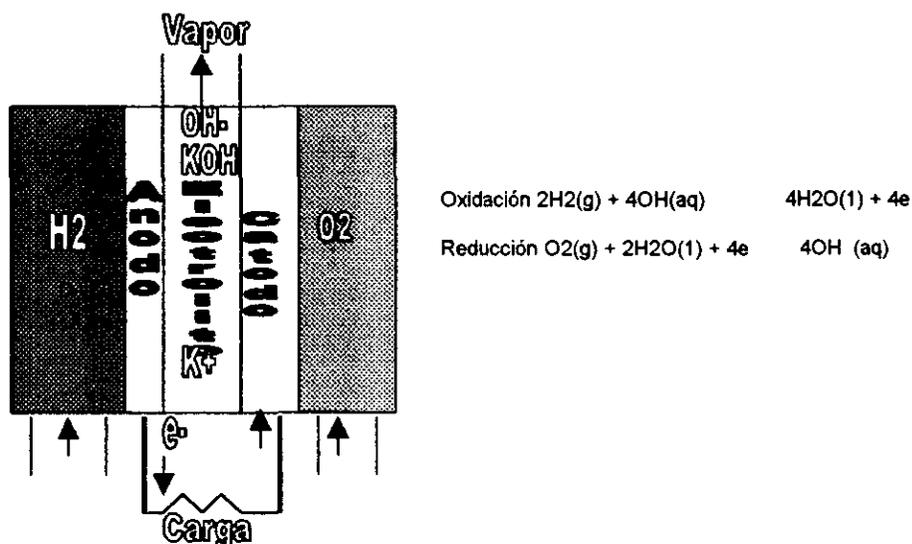


Figura 1.1 Principio de operación de las celdas de combustible

1.2 Clasificación de los sistemas de celdas de combustible

Todos los diferentes tipos de celda de combustible, pueden ser abarcadas con la descripción, celda de combustible, directa, indirecta o regenerativa. En una celda de combustible directa, el producto de las reacciones de la celda son desechados, mientras que en la celda de combustible regenerativa, el reactante gastado es regenerado de los productos por muchos métodos como se muestra en la tabla 1.2. Un tercer tipo de celda de combustible es la indirecta, un ejemplo de este tipo es el reformador de la celda de combustible usando combustible orgánicos que pueden ser convertidos a hidrógeno. Una celda de combustible bioquímica es otro ejemplo: una sustancia bioquímica es descompuesta por medio de una enzima en solución para producir hidrógeno.

La mayoría de las investigaciones están tratando con el desarrollo de celdas de combustible primarias y reformadores. Otra subdivisión según al rango de temperatura con la que operan las celdas de combustible, por esto se propone la siguiente clasificación: celdas de combustible con temperatura, baja, intermedia, alta, y muy alta, operando en rangos de 25 a 100 °C , 100 a 500 °C, 500 a 1000 °C y sobre 1000 °C, respectivamente.

En cada uno de estos rangos de temperatura, los diferentes tipos de celdas de combustible, pueden ser subdivididas en otra forma, dependiendo en el tipo de uso de las celdas de combustible. Algunos combustibles de las celdas de combustible pueden estar disponibles inmediatamente, como el gas natural, o puede ser producido fácilmente como el hidrógeno. Entre los compuestos orgánicos, una variedad de combustibles potenciales son concebibles como los hidrocarburos, alcoholes. El carbón (o grafito) pueden ser considerados como un combustible. Los combustibles que contienen nitrógeno pueden ser usado como amonía, la hidrozina e hidrozinas con metil sustituto. El oxígeno puro es usado como aire, usándolo en prácticamente en todas las celdas de combustible como oxidante.

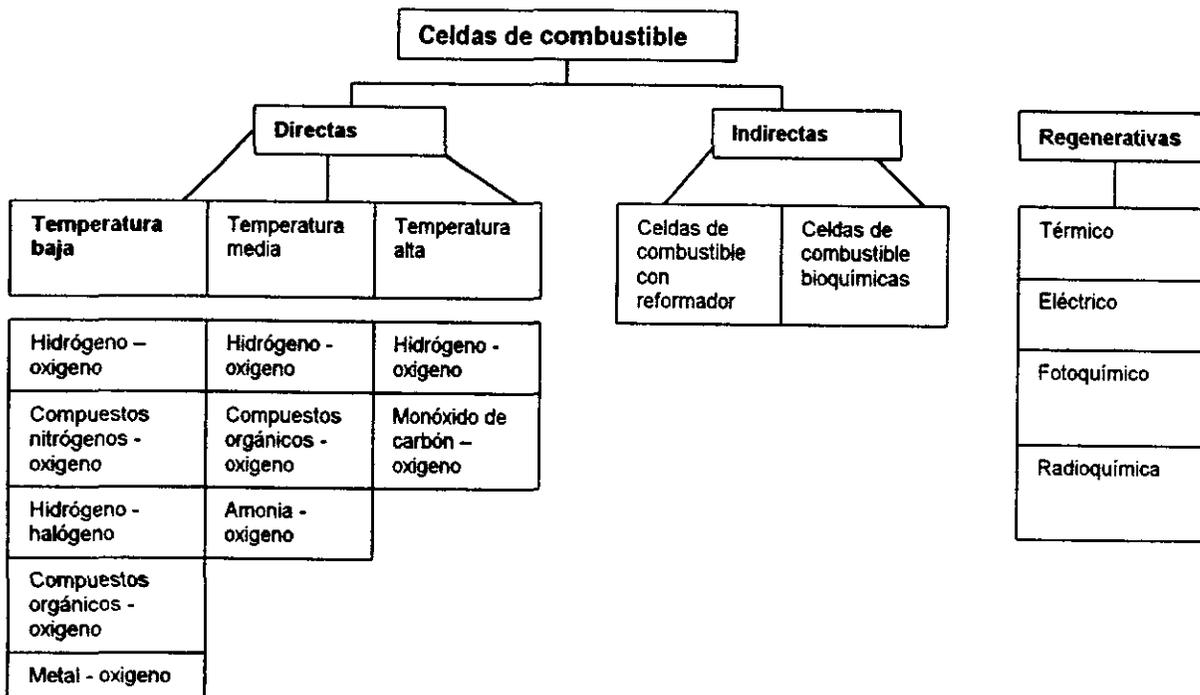


Figura 1.2. Clasificación de las celdas de combustible

1.3 Tipos de celdas.

En la tabla 1, se muestran los tipos de celdas y sus características más importantes. A continuación se consideran más en detalle.

1.3.1 Ácido Fosfórico PAFC

Este es el tipo de celda de combustible más desarrollada a nivel comercial, ya se encuentra en uso en aplicaciones tan diversas como clínicas y hospitales, hoteles, edificios de oficinas, escuelas, plantas eléctricas y en terminales aeroportuarias. Las celdas de combustible de ácido fosfórico generan electricidad a más del 40% de eficiencia y cerca del 85% si el vapor que ésta produce es empleado en Cogeneración, superando con mucho el 30% de la máquina de combustión interna. Este tipo de celdas pueden ser usadas en vehículos grandes, tales como autobuses y locomotoras.

Tiene una eficiencia real, más baja que la MCFC o la SOFC su temperatura de operación es baja 160 - 220 °C, es considerada la celda ideal para pequeños y medianos generadores de electricidad.

Para generadores medianos de 200 KW. AC su eficiencia en el orden de 40%, y para generadores grandes de 11 Mw. aproximadamente de 45% cuando trabajan con gas natural. Estas eficiencias son comparables con las PEFC.

1.3.2 Electrolito Polímero PEFC

Estas celdas operan relativamente a bajas temperaturas, tienen una densidad de potencia alta, pueden variar su salida rápidamente para satisfacer cambios en la demanda de potencia y son adecuadas para aplicaciones donde se requiere una demanda inicial rápida, como en el caso de los automóviles. De acuerdo con el Departamento de Energía de los Estados Unidos, son los principales candidatos a usarse en los automóviles y autobuses en el futuro.

La PEFC en condiciones ideales opera a 80 °C generalmente, para pequeñas aplicaciones que permiten el uso de materiales económicos. Un catalizador se requiere para provocar una reacción química a bajas temperatura. El catalizador es de platino, usado en el tubo de escape y esto hace que este tipo de celda de combustible sea cara. Nuevas técnicas para el revestimiento son capas muy delgadas del catalizador en el electrolito de polímero reducirá el costo del catalizador por alrededor de 150 dólares por automóvil.

La PEFC es un caso particular en que solo se puede usar hidrogeno como combustible en la celda de combustible. Los combustibles hidrocarburos pueden ser transformados cuidadosamente. Incluso pequeñas cantidades de monóxido de carbono en la celda pueden ser tóxico al catalizador permanentemente. La transformación también requiere algunos minutos para calentarse. El deposito de hidrogeno puede ser usado en la fase de arranque.

Por arriba de 1 KW. PEFC son generalmente presurizadas para incrementar la reacción química debido a sus bajas temperaturas. La presión del aire, alrededor de las 3 atmósferas o más, pueden ser convenientes para tener una razonable densidad de generación. En pequeños sistemas esto provoca una pérdida sustancial de eficiencia, la presión del aire aumenta considerablemente la complejidad en las celdas de combustible. En automóviles y autobuses, frecuentemente se usan dos compresores de aire, uno como un turbó cargador y el otro como un súper cargador.

Muchos especialistas opinan que en un futuro la DMFC puede remplazar la PEFC, esto sin embargo requiere que la gasolina sea transformada y perfeccionada. Es así como el sistema de celdas de combustible puede hacerse confiable y económico. Sin embargo muchos expertos no están tan seguros de esta posibilidad.

1.3.3 Carbonatos Fundido MCFC

Las celdas de combustible de carbonatos fundido prometen altas eficiencias combustible-electricidad y la posibilidad de consumir combustible a base de carbón. La primera pila de carbonatos fundidos a gran escala están en su fase de prueba, en California desde 1996.

Las celdas de combustible de carbonatos fundido ha sido desarrollados como un generador de electricidad desde hace 15 años. La temperatura de operación está dentro de los 600 - 650 °C, es baja en comparación a PAFC. La desventaja en este tipo de celda es la corrosión por el electrolito de carbonatos fundidos. En los grandes generadores de AC usan turbina de gas de baja con ciclos de extracción en la caldera y pueden tener una eficiencia del 60% cuando operan con gas natural. Cuando los problemas con la SOFC sean resueltos, trabajar en la MCFC puede ser apropiado.

1.3.4 Oxido Sólido SOFC

Otra celda de Combustible altamente prometedora, la celda de combustible de Oxido Sólido, podría ser usada en aplicaciones grandes de alta potencia, incluyendo estaciones de generación de energía eléctrica a gran escala e industrial. Algunas organizaciones que desarrollan este tipo de celdas de combustible también prevén el uso de estas en la fabricación de vehículos. En Europa se está terminando una celda de 100 KW, y en Japón dos pequeñas unidades de 25 KW se encuentran ya en línea de producción. Un sistema de Oxido de Sólido normalmente utiliza un material cerámico duro en lugar de un electrolito líquido, permitiendo que la temperatura de operación alcance los 1000 °C. Las eficiencias de generación de potencia pueden alcanzar hasta un 60%. Un tipo de celda de combustible de Oxido Sólido utiliza un arreglo de tubos de un metro de longitud mientras que otras variaciones incluyen un disco comprimido semejando la parte superior de una lata de sopa.

La celda de combustible de óxido sólido es considerada la más atractiva para la generación de electricidad con combustibles de hidrocarburos. Esto es porque, su eficiencia es alta, tolerante a las impurezas y puede transformar internamente combustible de hidrocarburos.

La SOFC trabaja a temperaturas entre 800 a 1000 °C. Westinghouse estuvo trabajando en desarrollar una SOFC de estilo tubular, que operó a 1000 °C, estos tubos largos tienen alta resistencia eléctrica, pero requieren de un sellado simple. Muchas compañías como la Global Thermoelectric, están ahora trabajando en una SOFC plana, compuesta de capas cerámicas delgadas, que opera a 800 °C, o menos. Estas capas delgadas tienen baja resistencia eléctrica y hacen posible altas eficiencias. Pueden usarse materiales económicos a temperaturas bajas. Anteriormente expertos pronosticaron que la SOFC tendrá un camino largo para convertirse en una realidad comercial.

Uno de los grandes ventajas de la SOFC sobre la MCFC es que el electrolito es un sólido. Una pequeña SOFC plana de 1 KW puede ser construida con capas muy pequeñas resultando un empaque muy compacto.

Otro avance importante de la SOFC es que tanto el hidrogeno como el monóxido de carbono son usados en las celdas de combustible. En la PEFC el monóxido de carbono es tóxico, mientras en la SOFC se usa como combustible, esto hace que la SOFC pueda usar libremente y sin peligro hidrocarburos comunes como combustibles como puede ser el hidrogeno gas, el diesel, la gasolina, el alcohol y carbón gas. En la PEFC un convertidor externo es requerido para producir hidrogeno gas cuando en la SOFC, puede convertir estos combustibles en hidrogeno y monóxido de carbono dentro de la celda de combustible.

Por las altas temperaturas requeridas en las SOFC no pueden aplicarse para potencias que se encuentren por debajo de los 1,000 Watts, o para tamaños pequeños.

Para lograr una mayor eficiencia, en tamaños medianos y grandes de SOFC, generalmente son combinadas con turbinas de gas. Las celdas de combustible son presurizadas y las turbinas de gas producen electricidad de las extracciones de energía térmica producida por las celdas. El resultado de la eficiencia de una SOFC de tamaño medio puede ser de 60% y para una grande será del 70%.

1.3.5 Alcalinas AFC

Utilizadas desde hace mucho por la NASA en misiones espaciales, este tipo de celdas puede alcanzar eficiencias de generación eléctrica de hasta 70%. Estas celdas utilizan hidróxido de potasio como electrolito. Hasta hace poco tiempo eran demasiado costosas para aplicaciones comerciales, pero varias compañías están examinando formas de reducir estos costos y mejorar la flexibilidad en su operación.

Las celdas de combustible alcalinas no pueden operar con dióxido de carbono como combustible u oxidante, además la pequeña porción de dióxido de carbono en el aire es dañina. Por lo tanto este tipo de celda de combustible esta generalmente limitada a las aplicaciones donde están disponibles el hidrogeno y el oxigeno puro.

Estas operan a diversas temperaturas, que van desde los 250 °C, la eficiencia en corriente directa esta por arriba del 60%.

1.3.6 Metanol Directo DMFC

En este tipo de celda de combustible el alcohol metanol no es transformado en gas hidrogeno usándolo directamente.

Su temperatura de operación esta entre 50 y 100 °C, es ideal para pequeñas y medias aplicaciones. Su electrolito es un polímero similar al de la PEFC. Este tipo de celda de combustible, al inicio de 1990 su eficiencia estaba por debajo del 25%.

Las eficiencias actualmente de la DMFC son altas y pronostican eficiencias en el futuro por arriba del 40% para celdas de combustible para automóviles de corriente directa. Se supone que la DMFC será más eficiente que la PEFC para automóviles usando metanol como combustible.

El combustible de paso del ánodo al cátodo produce electricidad sin ningún problema de trabajo. Algunos prototipos de la DMFC son usados en equipo militar de generación electrónica.

Tabla 1. Celdas de combustible para aplicaciones móviles y estacionarias.

TIPO DE CELDA DE COMBUSTIBLE	EFICIENCIA	ELECTROLITO	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	CARACTERÍSTICAS ESPECIALES.	APLICACIONES
AFC Alcalina	50 – 60%	Solución de hidróxido de potasio diluido	60 - 120	Alta eficiencia, es adecuada solo para hidrogeno y oxigeno puro	Sistemas espaciales y sistemas de defensa.
PEFC Electrolito polímetro	50 – 60%	Membrana de polímero con membrana y protón conductor	20 – 120	Comportamiento de operación flexible Alto densidad de electricidad	Vehículos Pequeñas plantas descentralizadas
PAFC De Ácido fosfórico.	55%	Ácido fosfórico	160 – 220	Limitada eficiencia Problemas por corrosión	Generación de electricidad descentralizada Cogeneración
MCFC De Carbonato fundido	60 – 65%	Carbones fundidos	600 - 500	Procesos de control complejos Problemas de corrosión.	Generación de electricidad centralizada y descentralizada Cogeneración
SOFC De Oxido sólido	55 – 65%	Dióxido de Zirconio sólido.	850 – 1000	Generación de electricidad directa con gas natural y tecnología de cerámica (alta temperatura)	Generación de electricidad centralizada y descentralizada Cogeneración
DMFC De Metanol Directo	No hay datos	Metanol Directo	50 - 100		Autobuses, automóviles, electrodomésticos

FUENTE: Fuel Cells Hit the Road.

1.4 Características de las celdas de combustible

Las celdas de combustible ofrecen ventajas en eficiencia, seguridad, economía, limpieza, característica única de operación, flexibilidad de operación, y potencial de desarrollo futuro.

1.4.1 Alta eficiencia y seguridad de suministro

Las celdas de combustible convierten cerca del 90 % de la energía contenida en combustibles usados para la generación eléctrica además de calor. Las celdas de combustible de ácido fosforico están diseñadas para ofrecer 42% de eficiencia en conversión eléctrica con alto valor calorífico, con 46% de eficiencia de conversión eléctrica por la PAFC es posible en un plazo cercano.

La eficiencia de las celdas de combustible es independiente del tamaño de estas. Las celdas de combustible estacionarias, pueden reducir el costo en líneas de transmisión y perdidas en las mismas.

Otro atributo importante de las celdas de combustible es su capacidad para cogenerar, produciendo agua caliente y vapor a baja temperatura, al mismo tiempo que genera electricidad. La relación de electricidad con energía térmica de salida es aproximadamente de 1.0 cuando en la turbina de gas es cerca de 0.5. Esta ventaja en que una celda igualara la carga térmica tendrá que ser aproximadamente dos veces que la electricidad de salida de una turbina de combustión igual que a la misma carga. En tamaños pequeños y en sistemas de generación utilitarios, las celdas de combustible son más eficientes (por un factor de dos), cuando se compara, por ejemplo los 150000 Btu/kWh de régimen de calor de un sistema de ciclo combinado de 2 MW. Las celdas de combustible, siguiendo la capacidad de carga (cuando mantienen alta eficiencia), puede darnos un avance en mercados con cogeneración con diferentes demandas de calor.

Como tienen menos partes móviles, los sistemas con celdas de combustible tendrán alta rentabilidad que los sistemas de ciclo combinado con turbinas a combustión o motores de combustión interna. Las celdas de combustible no tienen experiencia en problemas de funcionamiento delicados, como ocurre con las turbinas a combustión o los motores de combustión interna, cuando las partes rotantes fallan; esta experiencia se mostrara como una gradual perdida de eficiencia. Los sistemas de celdas de combustible se espera que tengan una línea alta de disponibilidad para competir con las tecnologías existentes.

1.4.2 Cumplimientos ambientales

La sustitución de las plantas convencionales de generación de electricidad por los sistemas de celdas de combustible, puede mejorar la calidad del aire, reduciendo el consumo de agua y reduciendo también la descarga de aguas residuales. La generación convencional de electricidad produce partículas suspendidas, óxidos de sulfuro y óxidos de nitrógeno combinándose con la emisión de otras fuentes industriales estacionarias. Las emisiones de las celdas de combustible son diez veces más bajas que las especificadas en las regulaciones ambientales más exigentes. Las celdas de combustible producen bajas emisiones de bióxido de carbono (CO₂), en comparación con las plantas generadoras convencionales, además evita el efecto invernadero.

Por la reacción electroquímica, las celdas de combustible producen agua como un producto, la cantidad es pequeña en comparación con la requerida por las plantas generadoras de electricidad. Esto es un marcado contraste en el bajo tratamiento del agua usada en grandes plantas generadoras de vapor, que son requeridas en cantidades masivas. Las celdas de combustible eliminan o reducen los problemas en la calidad del agua, asociados con la descarga térmica y al disposición de residuos en los sistemas de control de emisión de contaminantes.

El silencio de la naturaleza electroquímica de las celdas de combustible, eliminan muchas fuentes de ruido asociado con sistemas convencionales de vapor y puede fácilmente cumplir con los estándares de OSHA (Occupational Health and Safety Administration). No existen cenizas o grandes volúmenes de residuos en su operación. Las celdas de combustible están entre los métodos menos peligrosos de conversión de energía en comparación a los pequeños tamaños, la ausencia de un ciclo de combustión, sus sistemas de seguridad y baja emisión de contaminantes.

Tabla 2. Resultados de la emisión de NO_x

Plantas generadoras	Capacidad (kW)	Combustible	NO _x (ppm)
NEDO (Kansai EPC)	1000	Gas natural	10
Tohoku EPC	50	Gas natural Gas LP	4.5
Tokio Gas	50	Gas natural	Cero
Okinawa EPC	200	Metanol	< 2
Shikoku EPC	4	Metanol	Cero
Forklift Truck	5	Metanol	Cero
Bus (DOE)	25	Metanol	Cero

FUENTE: Fuel cells an their applications. Karl Kordesh. VCH

1.4.3 Características de operación

Las celdas de combustible tienen beneficios en sus características, como son el ahorro en los costos requeridos en los sistemas de operación. Los beneficios en la operación dinámica, incluye, la carga, factor de corrección de potencia, respuesta rápida a generadores con interrupciones, control del voltaje en líneas de distribución y control de calidad. La condición de potencia las plantas de celdas de combustible pueden ser usadas en control real e independientemente de la potencia reactiva. El control en el factor de potencia, voltaje en línea y frecuencia pueden minimizar las pérdidas en la transmisión y reducir los requerimientos para capacidad de reserva y equipo auxiliar eléctrico, como capacitores, transformadores y reguladores de voltaje.

Las unidades de celdas de combustible tienen una excelente proporción calor- carga y puede responder rápidamente con cargas transitorias. Uno de los problemas en el control de suministro de energía, es como operar el sistema durante periodos de alta demanda de carga, cuando se mantiene una reserva y margen de regulación.

1.4.4 Flexibilidad de planeación

La flexibilidad de planeación, incluye la modularidad, resultados en beneficios estratégicos y financieros en la utilidad y los clientes. Tienen un mejor manejo en el incremento de la demanda eléctrica, evita largos periodos de sobrecapacidad y el costos promedio pueden ser bajo. Si el crecimiento en la demanda es incierto, las celdas de combustible, en un tiempo corto se volverán más valiosas.

Los beneficios para la comunidad del aumento en la seguridad de unidades pequeñas de distribución directa a la red. La generación estacionaria en los niveles de distribución, reducen la posibilidad de interrupciones debido a la falta de suministro en la transmisión externa.

Al inicio las celdas de combustible fueron diseñadas con combustibles como el gas natural o nafta, pero su combustible requerido es el hidrógeno. Un reformador químico que produce gas rico en hidrógeno, permite el uso de gases bajos en sulfuros y combustibles líquidos. El avance en las celdas de combustible será el operar con carbón gasificado.

Esta flexibilidad de planeación no es la única para las celdas de combustible. Unidades de ciclo combinado y motores de combustión interna pueden ser parte de esta flexibilidad.

1.5 El mercado potencial de las celdas de combustible, producción volumen y costos estimados.

La dificultad a la que se enfrentan celdas de combustible es romper el aislamiento, para llamar la atención y el interés de la sociedad, así como al mundo de los negocios. Muchos escenarios tienen que ser presentados con más proyecciones optimistas de mercado.

Los pronósticos presentados evidentemente prometen hacer las celdas, PAFC, MCFC y la SOFC comercialmente viables en el sector utilitario en los años próximos.

El desarrollo de la tecnología de celdas de combustible para uso utilitario (estacionarias o transportables) muestran progresos firmes y son la esperanza del futuro.

La visión a futuro que algún día el uso potencial de las celdas de combustible, reemplacen a los motores de combustión interna en el sector de transporte, si son activamente consideradas y promovidas. En 1987 el Departamento de Energía de los Estados Unidos inicia un programa de desarrollo de autobuses con celdas PAFC. Esto es seguido por un programa desarrollado en 1990 con celdas PEFC para automóviles.

En un sistema de 60 kW PEFC es claramente más complejo que una planta estacionaria PAFC de 200 kW, será viable cuando tenga un costo en manufactura de \$50 a 100 dólares/kW. Un costo estimado para una mejor manufactura de automóviles, basada en la curva de aprendizaje de producción en masa, sugieren que los sistemas PEFC pueden ser construidos en \$90 dólares/kW, si se producen un millón de unidades por año. Las primeras unidades de PAFC de IFC/ONSI tenía un costo de \$2,500 dólares/kW, aunque el costo actual es alto; el costo de las próximas unidades se espera que bajen por alrededor de \$1,500 dólares/kW, además de mejores avances tecnológicos.

Los sistemas SOFC se cree que tendrán un costo de \$100,000 dólares/kW, cuando un prototipo de sistema PEFC no puede ser obtenido por menos de \$25,000 dólares/kW. Se espera que los costos de producción decrezcan a razón del aumento en el volumen de producción. Si este costo proyectado se confirma a través de los años, entonces los sistemas de celdas de combustible pueden de verdad reemplazar a los motores de combustión en muchas aplicaciones.

Tabla 3. Valor objetivo de introducción de las celdas de combustible.

	Año 2000	Año 2010
Uso comercial	900 MW	2800 MW
Uso industrial	300 MW	2400 MW
Uso utilitario	1050 MW	5000 MW
Total	2250 MW	10 700 MW

FUENTE: Fuel cells and their applications. Karl Kordesch. 1996. VCH.

1.6 Combustibles para las celdas de combustible.

Las celdas de combustibles permiten promover una diversidad de fuentes de energía renovables. Así, como una variedad de combustibles, como hidrógeno, metanol, etanol, gas natural y gas licuado (LPG).

1.6.1 Hidrogeno

El Hidrógeno es el único combustible práctico, usado en la presente generación de celdas de combustible. La razón principal de esto es su alta reacción electroquímica comparada con combustibles comunes que son derivados de, hidrocarburos, alcoholes o carbón.

Los hidrocarburos y el agua son las principales fuentes de producción de hidrógeno a escala industrial. Cuando el hidrógeno es usado como combustible, el agua es producida como desecho. Así de esta manera, se vuelve un ciclo cerrado, y el agua es considerada en una fuente ilimitada de hidrógeno.

El hidrógeno puede ser producido en grandes cantidades de una fuente de energía primaria, como combustibles hidrocarburos (carbón, aceite y gas natural), de una variedad de productos químicos intermedios (productos refinados, amonía y metanol), y de fuentes alternativas como biomasa, biogás y materiales residuales. El Hidrógeno puede ser producido también de la electrolisis del agua, usando la electricidad para descomponer el hidrógeno y el oxígeno, y puede ser considerada como una fuente secundaria de energía. Otra posibilidades, son la electrolisis del carbón o el reformado del hierro esponja.

1.6.2 Hidrogeno por reformación catalítica de vapor del gas natural.

Por muchas décadas, el reformado del vapor de hidrocarburos fue más eficiente, más económico y el proceso más usado para la producción del hidrógeno y mezclas de monóxido hidrógeno / carbón. El proceso comprende la conversión catalítica de hidrocarburos, hidrógeno vapor y óxidos de carbón. Cincuenta por ciento del hidrógeno producido llega del agua (vapor), cuando se usa metano y 64.5% cuando el nafta es usado.

Una simplificación del diagrama de flujo del proceso de reformado convencional es mostrado en la figura 1.4. El proceso consiste en tres pasos: (1) generación de gas por síntesis, (2) cambio de agua – gas y (3) purificación del gas.

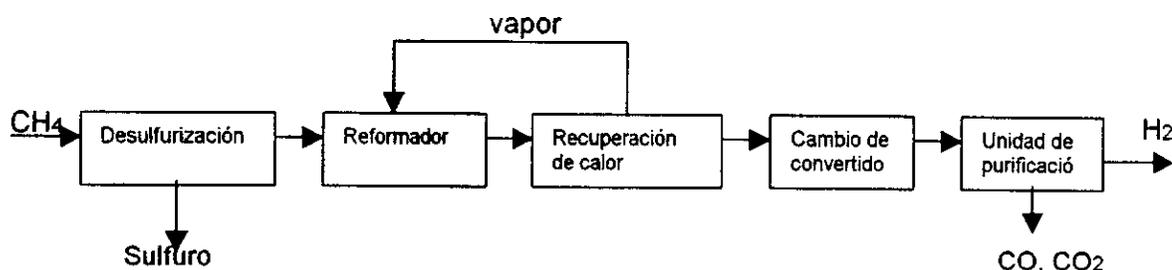


Figura 1.4. Simplificación del diagrama de flujo de la producción del hidrógeno por reformación catalítica de vapor del gas natural.

1.6.3 El Hidrógeno por descomposición del metano

La descomposición térmica de el metano fue conocida por muchos años. Este fue desarrollado para producir originalmente productos del carbón de alta calidad (carbón negro, grafito, etc.) y no para la producción de hidrógeno. Este método de producción de hidrógeno fue propuesto por no contaminar ya que usa gas natural. En resumen los resultados del estudio establece que en cada objetivo actualmente puede ser llevado a cabo por el empleo de la tecnología de las celdas de combustible. Otro de los problemas es como anular o disponer el bióxido de carbono generado en los procesos. El estudio puntualiza un método de descomposición de metano que produce carbón puro en vez de bióxido de carbón.

1.6.4 Oxidación parcial de hidrocarburos pesados

La oxidación parcial de hidrocarburos líquidos es un proceso usado para producir hidrógeno, donde el gas natural no es económicamente viable o el exceso de aceites pesados están disponibles a bajo costo.

A altas temperaturas las reacciones endotérmicas en la oxidación parcial de hidrocarburos pesados producen altas cantidades de hidrógeno.

1.6.5 Hidrogeno proveniente del carbón

A lo largo del planeta, programas a gran escala son desarrollados para celdas MCFC y SOFC y estas celdas de combustible prometen operar con hidrógeno producido por la gasificación de carbones típicos. En este proceso, el carbón reacciona con el oxígeno y el vapor produce una mezcla, que primeramente consiste de monóxido de carbón e hidrógeno. El principal tipo de gasificador de carbón bajo estudio incluye aquellos usos de lecho fluidizado con alta temperatura, baja temperatura fija o lechos fluidizados, junto con sistemas de flujo con alta temperatura y reactores de sales fundidas.

1.6.6 Reformador de vapor metanol

El metanol es sustituto prometedor para productos del petróleo si se convirtiese en un combustible costoso para usarse en motores. Como un resultado de la crisis de los años 1970s, un gran numero de proyectos se iniciaron, basados en el supuesto de que el uso del metanol producido del carbón, puede ser más económico que el uso de los productos derivados del petróleo. Las estimaciones hechas al principio de los años 1980s resultan ser optimistas, así como algo costosas tratando de superar problemas técnicos y ambientales implicando la producción de gas del carbón. Los pronósticos realizados fueron muy pesimistas con el precio y la disponibilidad del petróleo crudo.

El hidrógeno y el monóxido de carbono puede ser obtenidos de la descomposición del metanol. La descomposición endotérmica ocurre a temperaturas >700 °C con una catálisis, o a 350-450 °C con una catálisis basada en cobre-níquel zinc-aleaciones de cromo. La alta producción de hidrógeno es obtenida por catálisis de vapor reformado o metanol.

1.6.7 La producción de hidrógeno y metanol de biomasa sólida

El enfoque de la atención pública en conservación ambiental y el efecto invernadero fue resultado de una controversia referente a las tecnologías actuales para el suministro de energía. Como es imposible cambiar rápidamente los combustibles fósiles para el actual suministro de energía y la oportuna transición tecnológica llegó a ser un objetivo importante. Una fuente de energía renovable que puede ser usada en todas las tecnologías es la biomasa.

El uso en gran escala de la biomasa como energía, así como el metanol y el hidrógeno, en gran parte es motivado por cuestiones ambientales locales y globales. La biomasa puede hacer una buena contribución a la atmósfera y a la baja concentración de gases que producen el efecto invernadero. El metanol y el hidrógeno si se usan en gran escala en el transporte sería de gran interés porque ello puede tener impactos ambientales sobre los combustibles fósiles.

El metanol y el hidrógeno puede ser producido de la biomasa por rutas de procesamiento comparables. Los pasos implicados son similares a los usados en la producción de metanol por carbón. Todos los pasos del proceso pueden ser comercialmente y tecnológicamente viables con la excepción del primer paso: gasificación termoquímica.

1.6.8 Hidrogeno producido por la electrolisis del agua

La electrolisis del agua basada en la tecnología actual es solo industrial, los procesos de producción del hidrógeno no necesariamente dependen de la energía fósil. La energía eléctrica requerida puede ser obtenida de la energía fósil, solar o nuclear. Aunque actualmente no compite económicamente con la producción de hidrógeno proveniente de hidrocarburos. La producción del hidrógeno por electrolisis tiene varios avances como su alta pureza en la producción y flexibilidad de operación. Una planta de electrolisis puede operar con un amplio rango de generación de potencia que es atractiva para los niveles de carga eléctrica, en cualquier lugar de generación o cualquier parte en la red. En suma esta tecnología es conveniente para operar en capacidades pequeñas.

La electrolisis del agua implica dividir el agua en hidrógeno y oxígeno por el paso de una corriente eléctrica a través del agua que fue producida por la conductividad eléctrica y por la adición de hidrógeno o iones de hidróxido (hidróxido de potasio). En la figura 1.5 se muestra el diagrama de bloques simplificado del proceso de obtención de hidrógeno por electrolisis del agua. El proceso consiste de una planta purificadora de agua, una sección electrolítica, separación de gases, transformador de potencia, regulador y rectificador, así como también un sistemas de compresión. La Electrolisis del agua es una operación tecnológica modular. El oxígeno puede ser usado tecnológicamente o para el enriquecimiento de el abastecimiento de aire catódico.

La razón de generación de hidrógeno por unidad de área de electrodo, esta relacionada con la densidad de corriente. El tamaño de la planta de electrolisis, y la inversión de capital decrece con el incremento de la densidad de corriente. El diseño de un nueva planta de electrolisis se puede hacer un equilibrio entre el costo de capital y los costos de operación para minimizar el total.

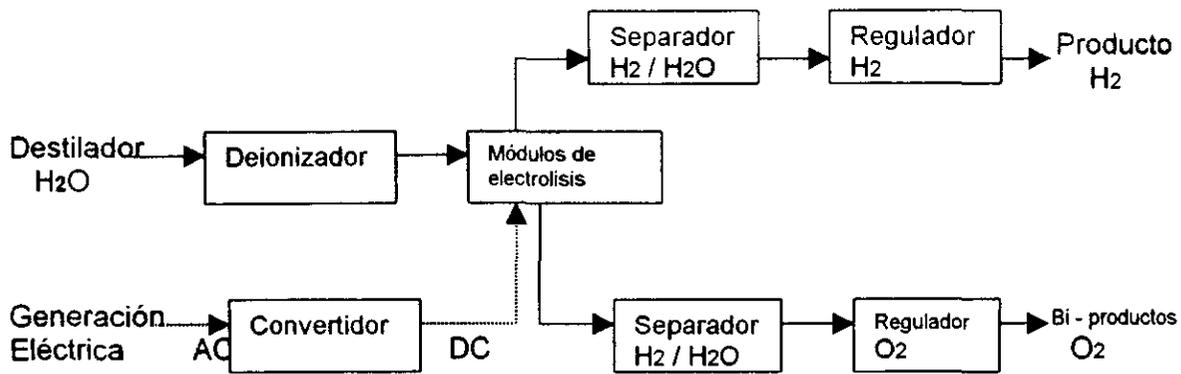


Figura 1.5. Diagrama de flujo simplificado de la producción del hidrógeno de la electrolisis del agua.

1.6.8 Hidrogeno del vapor proveniente del proceso del hierro

El vapor del proceso del hierro, que es una de las viejas maneras de producción de hidrógeno, está teniendo un renovado interés. Este proceso implica la reacción del vapor con hierro caliente, produciendo un gas rico en H₂ y óxido de hierro. La síntesis del gas es usada principalmente para la reducción del óxido de hierro. Desde que el hidrógeno no es derivado de la síntesis del gas, el aire puede ser usado en el gasificador. En la figura xx se muestra el proceso de producción con el uso del carbón con el vapor de la turbina de gas. El gasificador de carbón convierte óxido de hierro (Fe₃O₄) en lecho de hierro esponja a bióxido de carbono, vapor de agua, hierro esponja.

En suma el hierro esponja actúa como un purificador de el gasificador y como un almacén de hidrógeno, esto permite que las celdas de combustible funcionen por largos periodos con un nuevo abastecimiento de combustible. El costo del hierro esponja es probablemente más bajo que el de un tanque de almacenamiento con purificador sofisticado.

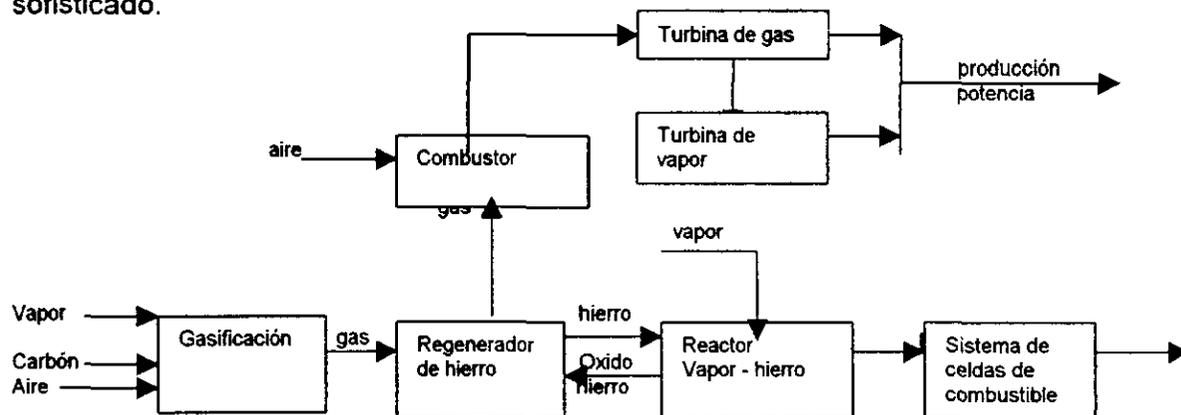


Figura 1.6. Diagrama de flujo simplificado de la producción de hidrógeno por el proceso vapor-hierro

1.7 Problemática del hidrogeno.

El hidrogeno se ha considerado como un combustible conveniente y limpio, puesto que puede obtenerse de una diversa gama de fuentes, el hidrógeno podría reducir los costos económicos y ambientales de los sistemas de energía.

Las desventajas del hidrógeno derivan de sus propiedades físicas básicas. La molécula del hidrógeno es la más ligera, más pequeña y es de las más simples, además es relativamente estable. El hidrógeno tiene el más alto contenido de energía por unidad de peso que cualquier otro combustible y, en caso de accidente, se dispersa rápidamente haciéndolo altamente peligroso. También permite la combustión con altas relaciones de compresión y altas eficiencias en máquinas de combustión interna. Cuando se le combina con el oxígeno en celdas de combustible electroquímicas, el hidrógeno puede producir electricidad directamente, rebasando los límites de eficiencia del ciclo de Carnot obtenidos actualmente en plantas generadoras de potencia.

Como desventajas, el hidrógeno tiene una temperatura de licuefacción extremadamente baja (-253 °C) y una energía muy baja por unidad de volumen como gas o como líquido (más o menos una tercera parte del gas natural o gasolina, respectivamente). Otras desventaja son: la obtención del hidrógeno líquido requiere de un proceso altamente consumidor de energía, el transporte del hidrógeno gaseoso se hace por ducto, dado que para otros gases, los contenedores para su almacenamiento son grandes y el almacenamiento de cantidades adecuadas de hidrógeno a bordo de un vehículo todavía representa un problema significativo. El hidrógeno no es tóxico y no es contaminante, pero es difícil de detectar sin sensores adecuados ya que es incoloro, inodoro y su flama en el aire es casi invisible.

Por numerosas razones, se espera que la introducción de la energía con base en el hidrógeno será el sector transporte. Los consumidores pagan considerablemente más por la energía utilizada en el transporte que por la electricidad o el gas para fines domésticos. Está relación podría ser conservadoramente de 8 a 1 para una familia de clase media. Más aún, el sector transporte tiene también una gran potencial de ganancias por eficiencia de combustible. En efecto, la eficiencia de los automóviles modernos es de alrededor de 13 por ciento, durante el ciclo de manejo urbano, en tanto que los vehículos con hidrógeno, ya sea híbrido – eléctrico o de celdas de combustible, podrían alcanzar eficiencias entre 35 y 45%. Los vehículos impulsados por hidrógeno también pueden cumplir con la demanda creciente de cero emisiones.

En conclusión, aunque todavía hay factores pendientes de resolver para una utilización rentable, la tendencia parece indicar que este combustible es uno de los más convenientes para mejorar la eficiencia energética y conservar limpio el medio ambiente.

1.8 Cogeneración con celdas de combustible.

Las características de las celdas de combustible hacen posible su empleo en distintos campos de utilización de la energía, con notables ventajas sobre los sistemas actualmente en uso en los distintos sectores. En la siguiente tabla se demuestran los porcentajes del ahorro de energía primaria que se derivan de la utilización de celdas de combustible en distintos sectores.

Tabla 4. Ahorro de energía por uso de celdas de combustible.

Sectores	Demanda atendida	Reducción del consumo de energía primaria (%).
Residencial	Demanda térmica y eléctrica	40 - 50
Industria. Cogeneración	Calor + Electricidad	40 - 50
Transporte	Autobuses, trenes, coches, Camiones	30 - 50
Producción eléctrica	Producción Central con gas natural	20 - 40
	Producción Central con gas carbón	30 - 40

FUENTE: Comisión para el Ahorro de Energía (CONAE)

Las ventajas más destacadas de las celdas de combustible frente a los equipos de Cogeneración disponibles actualmente se centran en cuatro aspectos: mayor eficiencia eléctrica, mínimo impacto ambiental, mayor flexibilidad y modularidad.

1.8.1 Eficiencia eléctrica

La eficiencia eléctrica de los sistemas convencionales de Cogeneración, expresada como fracción de la energía consumida que se transforma en energía eléctrica apta para el consumo, depende de un amplio conjunto de variables. Por ello, existe una gran dispersión de valores, en el rango 20 - 35 %

Las celdas de combustible, como se reseña en la tabla 3, pueden alcanzar eficiencias de 45% es el caso de las celdas de ácido fosfórico, y del 60 - 65% con recuperación de calor residual. Además, estos rendimientos son independientes del tamaño de la celda, al contrario de lo que ocurre con los sistemas actuales.

1.8.2 Impacto ambiental

La celdas de combustible reduce sustancialmente las emisiones de CO₂ por unidad de energía producida, como consecuencia de su mayor eficacia, y, prácticamente eliminan los problemas de producción de SO₂ y NO_x, al no existir azufre en el gas alimentado a la celda, y no darse en ella las condiciones de temperatura necesarias para la formación de NO_x.

Otro aspecto importante de esta tecnología, especialmente para su aplicación residencial, es el bajo nivel de emisión sonora, al carecer de partes móviles. El ruido generado por estos sistemas no supera los 45 dB, a 10 metros de la celda.

En la tabla 3 se presentan datos comparativos de emisiones producidas por distintos sistemas de Cogeneración: motores diesel, turbinas de gas y celdas de combustible.

Tabla 5 Emisiones para diferentes sistemas de Cogeneración.

	Motores diesel	Turbinas de gas	PAFC
CO ₂	1570 g/kWh	565 g/kWh	375 g/kWh
SO ₂	5000 – 12000 ppm	n.d.	n.d.
NO _x	600 – 1500 ppm	100 – 200 ppm	5 ppm
Ruido	95 dB	n. a.	45 dB

FUENTE: Comisión para el Ahorro de Energía (CONAE)

1.8.3 Modularidad

Los sistemas de producción de energía mediante celdas estacionarias de combustible se diseñan a partir de módulos básicos de decenas de KW, que se acoplan hasta alcanzar la potencia demandada.

Esta concepción permite cubrir cualquier demanda de usuarios potenciales, en vez de recurrir a equipos de dimensiones específicas. Además, se pueden incrementar en cualquier momento la potencia instalada sin que ello suponga el cambio de todo el equipo, sino sólo la instalación de las unidades adicionales necesarias.

1.8.4 Cogeneración eficiente

La eficiencia eléctrica de los equipos de Cogeneración conocidos (motores o turbinas) dependen fuertemente de la carga a la que opere el sistema respecto de la nominal. Normalmente, el rendimiento de estos equipos disminuye considerablemente cuando funciona a carga parcial.

Sin embargo, las celdas de combustible no se ven afectadas por este problema. Su rendimiento es prácticamente el mismo en un amplio intervalo de carga (25 – 100%), e incluso es ligeramente superior a carga parcial. Por esta razón, estas unidades, pueden seguir produciendo electricidad en periodos de baja carga, sin penalizar el consumo específico de combustible.

CAPITULO 2. ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Los diferentes tipos de celda de combustible tienen características diferentes, como son las eficiencias a diferentes cargas, el combustible usado, el mantenimiento requerido, el costo en algunas es más alto que otras. Otro de los aspectos importantes a tratar en este capítulo es como en el futuro las celdas de combustible van a ser usadas con los sistemas actuales de generación de energía.

2.1 Las tecnologías actuales de generación de energía.

En la siguiente figura se hace referencia a las eficiencias de cada uno de los sistemas actuales de generación de energía y las celdas de combustible, a diferentes cargas.

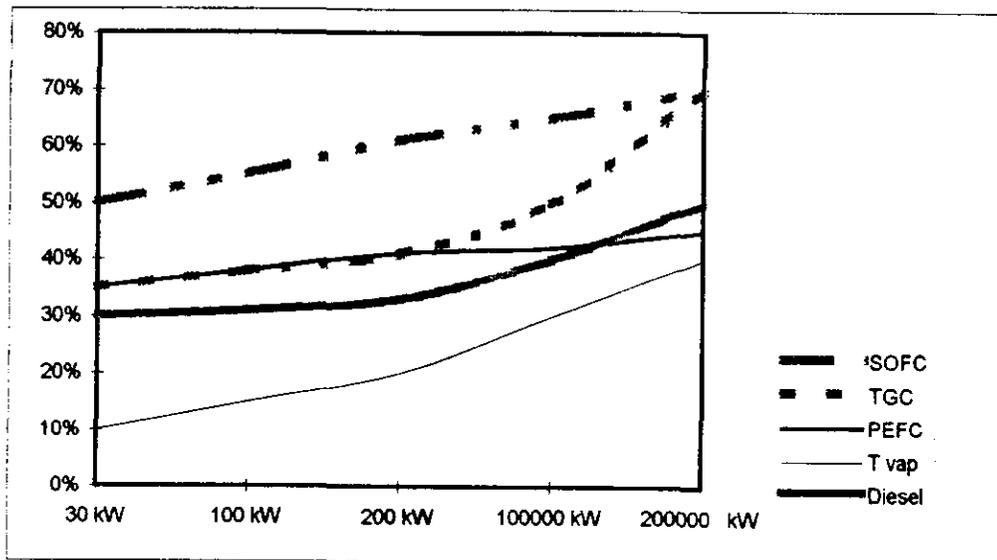


FIGURA 2.1. Comparación de las diferentes eficiencias de los generadores de electricidad y las celdas de combustible

FUENTE: <http://www.benwiens.com/energy4.html>

SOFC: Celda de combustible de oxidó sólido

TGC: Turbina de gas con cerámicos

PEFC: Celda de combustible de electrolito polímero

T vap: Turbina de vapor

Diesel: Motor a diesel

2.2 Costo y durabilidad

Los costos actuales de las celdas de combustible, son altísimos, van en relación a los kilowatts generados. A medida que la tecnología de las celdas avance, estos precios descenderán. A continuación se muestra una tabla 4 mostrándonos el costo y la durabilidad de las celdas de combustible.

Tabla 6. Costo y durabilidad para las celdas de combustible en el 2005

Tipo de aplicación	Celdas de combustible estacionarias	Celdas de combustible para transporte
Costo (dólar/Kw.)	< 1000	< 100
Durabilidad (hrs.)	> 40 000	> 5 000*

* Para una vida útil de 10 años.

FUENTE: www.benwiens.com/energy4.html

2.3 Futuro de introducción de las celdas de combustible.

En la figura 2.2 se muestra el desarrollo actual y futuro de las celdas de combustible. Se puede observar que su desarrollo actual es muy insuficiente, pero a medida que se destinen más recursos para la investigación de las celdas de combustible, el desarrollo será más rápido, esperando cumplir con las expectativas que se presentan a continuación.

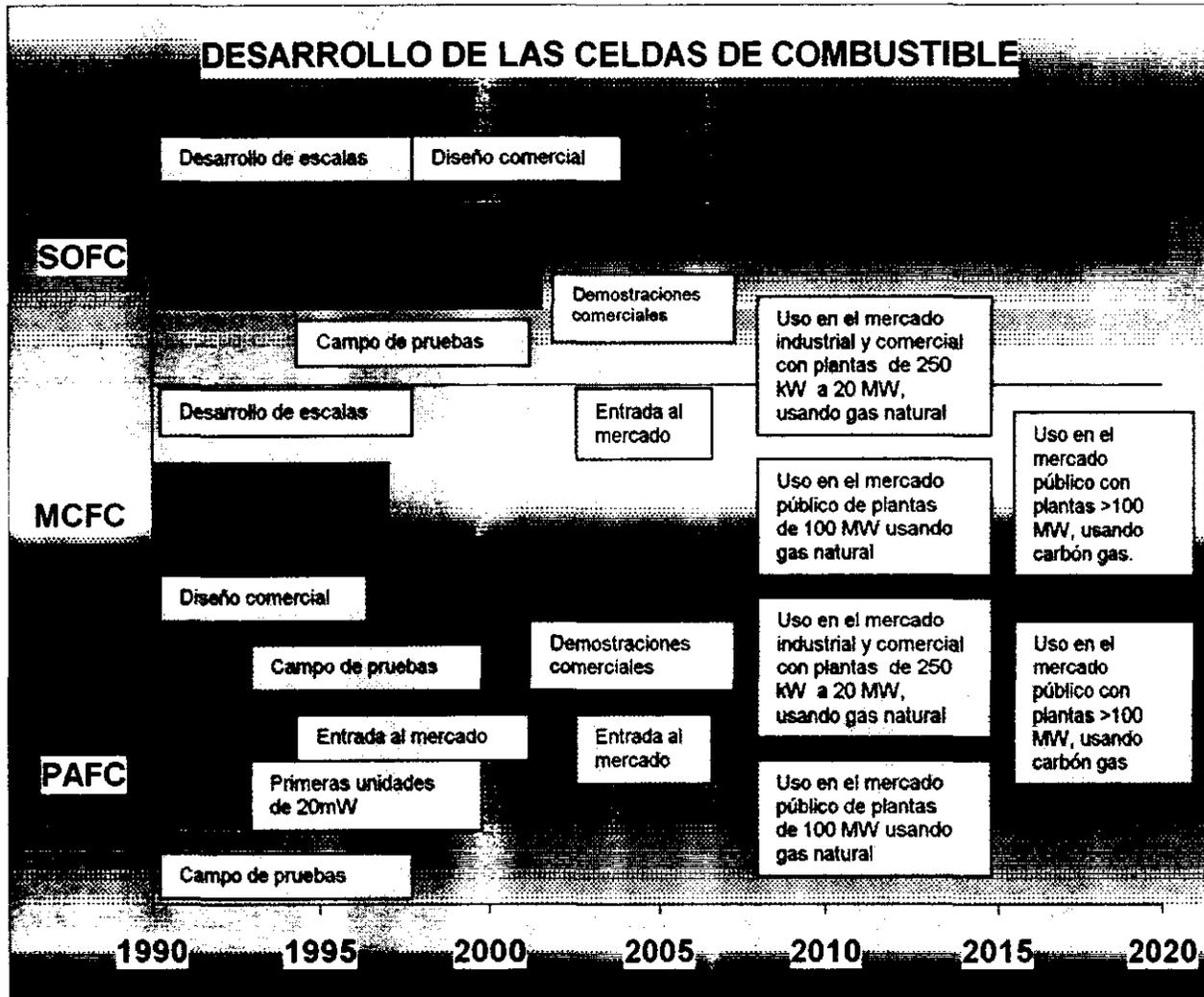


FIGURA 2.2 Desarrollo de las celdas de combustible y sus perspectivas futuras

FUENTE: : Fuel Cells, U: S. Department of energy, Federal Energy Technology Center. FETC.

2.4 Tipos de celdas de combustible utilizadas en fuentes estacionarias.

Actualmente existen tres diferentes tipos de tecnologías en celdas estacionarias de combustible. Estas difieren en la composición del electrolito y se encuentran en distintos escenarios de desarrollo:

Las celdas de combustible de Ácido Fosfórico (PAFC) se encuentran en la fase más madura de la tecnología de las celdas. A través de vínculos organizacionales con el Instituto de Investigación de Gas, compañías de servicio de energía y grupos de usuarios. El Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) ha ayudado a proporcionar la comercialización de la primera celda de combustible en el mundo por ONSI. Actualmente se encuentran disponibles plantas de 200 KW. y han sido instaladas en más de 100 lugares en los Estados Unidos, Europa y Japón. Operando las PAFC a 200 °C, producen calor para agua caliente doméstica y calentamiento en el espacio y su eficiencia eléctrica es de 36 a 38 por ciento.

Las celdas de combustible de carbonatos fundidos (MCFC) están siendo ahora probadas en plantas experimentales de gran escala. Estas ofrecen eficiencias de conversión de combustible a electricidad mayores al 60 %. Las MCFC operan a temperaturas mayores a 650 °C, convirtiéndolas en candidatas ideales para aplicaciones de ciclo combinado, en las cuales el calor de salida es usado para generar electricidad adicional. Cuando el calor de desecho es usado para la cogeneración, las eficiencias térmicas totales pueden aproximarse al 85%. Existen dos pequeñas empresas que son líderes en el diseño de MCFC: Energy Research Corporation (ERC) en Connecticut y M-C Power Corporation (MCP) en Illinois.

Las celdas de combustible de óxidos sólidos (SOFC) están siendo actualmente demostradas en una planta de 100 KW. Esta tecnología de celdas de combustible ofrece estabilidad y confiabilidad de todas las construcciones cerámicas de estado sólido. Su alta temperatura de operación, mayor a 1000 °C proporciona mayor flexibilidad en la elección de combustibles y produce muy buenos diseños en aplicaciones de ciclo combinado. Un ajuste del flujo de aire y combustible permite a las SOFC seguir fácilmente los requerimientos en los cambios de carga. La eficiencia en estas celdas es de casi 60 % en un ciclo simple y 85 % en la eficiencia térmica total en aplicaciones de cogeneración. Actualmente, el Departamento de Energía de los Estados Unidos se apoya para el desarrollo de estas celdas en Westinghouse Electric Corporation (WEC).

2.5 Recuperación de calor.

Se sabe que las celdas de combustibles no son bombas de calor, sin embargo cantidades significativas de calor siguen siendo producidas en un sistema de potencia a base de dichas celdas, el cual podría ser utilizado para producir vapor o agua caliente por medio de una turbina de gas o por cogeneración en un ciclo inferior, o alguna combinación de estos.

Cuando pequeñas cantidades de calor y bajas temperaturas tipifican el calor de desecho, éste es rechazado o usado para producir agua caliente o vapor de baja presión. Por ejemplo, en un ciclo de celdas de combustible de ácido fosfórico donde las celdas de combustible operan aproximadamente a 205 °C, la presión de vapor más grande que podría ser producida sería menor a 14 atm. Obviamente esto no es suficiente para un ciclo inferior eficiente con una turbina de vapor, sin importar la cantidad de calor disponible. Por el lado de las celdas de combustible de óxidos sólidos, que operan a 1000 °C y casi siempre tienen una temperatura de salida de aproximadamente 815 °C después del precalentamiento del aire. Las temperaturas de gas a este nivel son capaces de producir temperaturas de vapor mayores a 540 °C, lo que la hace más que recomendable para un ciclo de cogeneración de ciclo inferior de vapor.

Como sea, incluso en los sistemas de potencia SOFC, si la cantidad de calor de desecho es relativamente pequeña, lo más que se podrá hacer con ese calor sería hacer vapor o agua caliente. En estudios realizados por Westinghouse en sistemas de SOFC de 50 a 2000 KW, el calor de desecho era simplemente utilizado para generar vapor a 8 atm.

Opciones para sistemas inferiores: Cuando existan cantidades significativas de calor de desecho a altas temperaturas, un ciclo inferior de cogeneración puede aumentar significativamente la eficiencia de generación eléctrica total. El calor contenido podría estar dentro de una corriente de gas a alta presión, y entonces el gas de la turbina estará seguido por el calor recuperado del generador y el vapor de turbina podría considerarse. Si la corriente de calor es de baja presión, entonces es lógico pensar en un ciclo inferior de vapor.

Si un ciclo inferior de vapor es apropiado, muchas decisiones de diseño necesitarían ser hechas e incluida la selección del ciclo de la turbina (recalentamiento o no recalentamiento) y las condiciones de operación. Usualmente las turbinas de vapor por debajo de 100 MW no tienen recalentamiento mientras que las turbinas por arriba de 150 MW. son con recalentamiento.

2.6 Celdas de combustible / turbinas de gas.

La oxidación de H_2 , CO , CH_4 o hidrocarburos en las celdas de combustible producen energía eléctrica y calor. Para obtener mayor eficiencia, la energía térmica rechazada debe ser recuperada y convertida en energía eléctrica adicional. La turbina de gas cumple con este papel con eficiencias de conversión menos cara que los sistemas de turbina de vapor alternativos.

El Centro Federal de Tecnología de la Energía del Departamento de Energía de los Estados Unidos (FETC y DOE) ha realizado estudios para asegurar la eficiencia de ciclos de generación de energía avanzados que utilizan celdas de combustible y turbinas de gas. Los componentes clave de esta tecnología están siendo ahora utilizados o demostrados bajo programas actuales de DOE, incluyendo los Sistemas de Turbina Avanzados (STA), cuando estén disponibles y los programas de desarrollo de las celdas de combustible de carbonatos fundidos y de óxidos sólidos. El ciclo Tándem, el ciclo triple, ciclo combinado con celda de combustible y el ciclo híbrido son algunas de las tecnologías aplicadas a los sistemas de ciclo combinado de celdas de combustible y bomba de calor. El interés en la alta eficiencia de estos sistemas de turbina de gas y celdas de combustible ha logrado que se esté desarrollando la investigación de los mismos en varios países aparte de Estados Unidos y Canadá como Holanda, Gran Bretaña, Alemania, Japón Dinamarca y otros más.

El concepto de una planta eléctrica con sistema celda de combustible y turbina de gas configura las altas temperaturas convencionales de las MCFC o de las SOFC con una turbina de gas, un compresor de aire, un quemador e intercambiadores de calor metálicos. Los efectos de sinergia en esta combinación la llevan a ser líder en eficiencias de conversión eléctrica de 72 a 74 % para sistemas menores a 10 MW. El tamaño típico de un sistema varía entre 1 y 10 MW.

El aire comprimido y el combustible pasan a través de un intercambiador de calor metálico gas a gas (recuperador) para recuperar el calor de los gases producidos por combustión saliendo de la turbina de gas. El combustible calentado y la corriente de aire pasan al ánodo o el cátodo de los compartimentos de la celda de combustible, donde las reacciones electroquímicas toman lugar.

Los gases de escape de las celdas de combustible son mezclados y quemados, aumentando la temperatura de entrada a la turbina mientras se reemplaza la sección de combustión convencional del sistema de turbina de gas. La expansión de los gases de escape de las celdas a través de la turbina de gas proveen una oportunidad no cara para recuperar el calor de desecho de éstas. La utilización efectiva de este calor asegurará la alta eficiencia del ciclo.

Los beneficios potenciales son obvios, ya que altas eficiencias de conversión eléctrica serán posibles. La combinación de las celdas de combustible y el sistema con ciclo de Carnot provee un nuevo sistema efectivo en costos con mayor flexibilidad para conocer el mercado de generación de electricidad desregulada especialmente para la generación de energía distribuida. La competencia en manufactura de celdas de combustible y turbinas de gas podrían trabajar juntos para integrarla tecnología en el sistema más eficiente y efectivo en costos posible. Los efectos de sinergia abrirán mercados a los sistemas combinados de celdas / bombas de calor. Los beneficios ambientales serán una de las mejores entrada a los mercados.

2.7 Uso de las celdas de combustible en procesos de refinación.

En el refinado tradicional la gasolina se obtiene mediante un craqueo catalítico fluidizado y con la unidad de reformación de naftas, la cual produce como subproducto una gran cantidad de hidrógeno. De este último sólo se utiliza una parte para los procesos de hidrodesulfuración de naftas y destilados intermedios, y los excedentes fácilmente pueden ser utilizados en una celda de combustible para generar la electricidad requerida por la refinería e incluso para excedentes de venta [Rivero, 1997], los siguientes diagramas muestran como se puede aplicar tal esquema en la refinación.

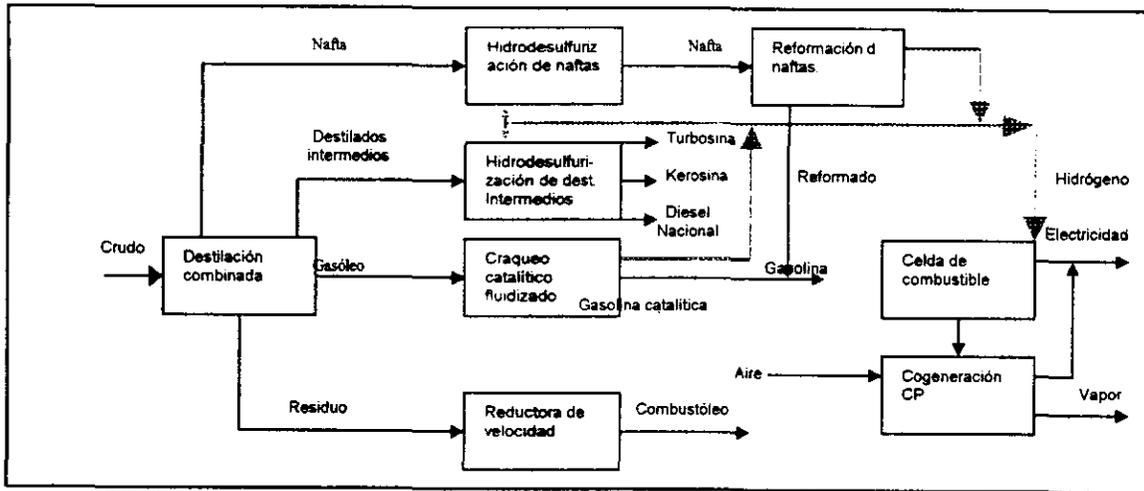


FIGURA 2.3 Esquema simple de refinación con celda de combustible acoplada a la salida del hidrógeno

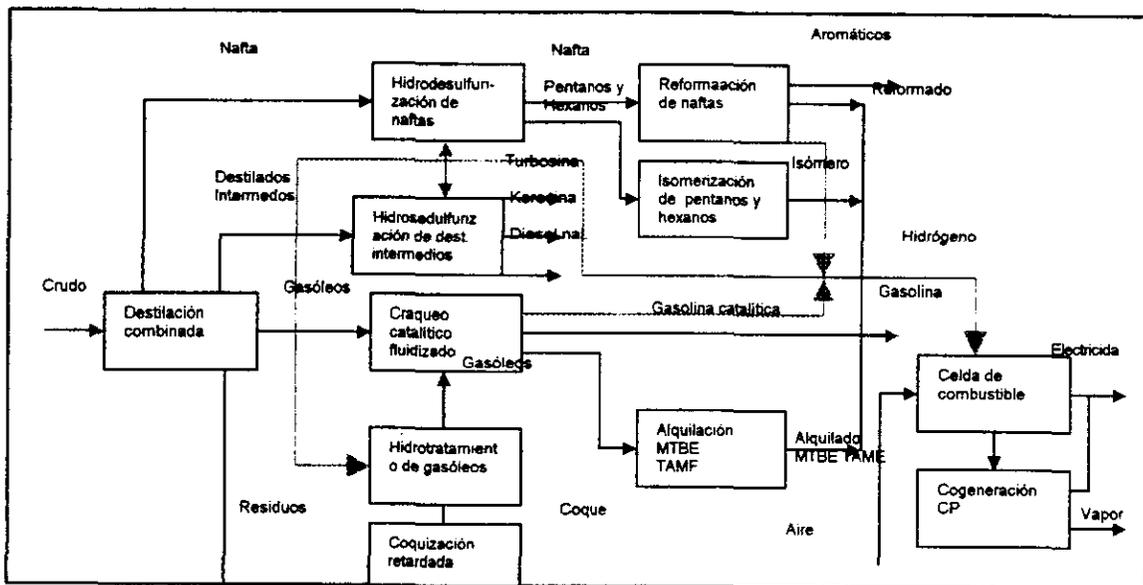


FIGURA 2.4. Esquema de refinación de gasolina con celda de combustible para aprovechamiento del hidrógeno con gasificación del coque, enviado a un sistema de cogeneración.

Sin embargo, este esquema también presenta problemas, ya que la sustitución de unidades de reducción de viscosidad que producían combustóleo, que ya no se podrá utilizar debido a la gran contaminación que produce, por unidades de coquización, se generarán cantidades considerables de coque a las se tendrá que encontrar un uso. Una opción es la gasificación.

En la figura 2.5. se muestra un esquema en el cual el coque es gasificado para producir un gas de síntesis, el cual es llevado a un separador (existe otra opción, no mostrada con figuras, en la cual una parte de ese gas es llevada a un a un ciclo combinado de cogeneración), donde obtenemos hidrógeno para alimentar a la celda de combustible. Con este esquema se obtiene una total autosuficiencia, es decir, todo se obtiene a partir del crudo, incluyendo una gran cantidad de electricidad, de una forma altamente eficiente y no contaminante.

Es importante señalar que para la operación de la celda de combustible en este esquema, se podría usar directamente el gas de síntesis obtenido de la gasificación del coque y aire atmosférico, con lo que la unidad de reformación no sería indispensable, si el hidrógeno de proceso se obtiene a partir de otras fuentes. Con respecto a la unidad de separación de aire, ésta se requiere únicamente para el tratamiento de coque con nitrógeno antes de la gasificación y para la gasificación propiamente dicha con oxígeno. La celda de combustible puede usar el aire directamente.

2.8 Acondicionamiento de energía.

El acondicionamiento de la energía para una celda de combustible incluye consolidación de la potencia, control de corriente, inversores de corriente directa a alterna (a menos que la aplicación sea de corriente directa) y aumentar el voltaje a través de un transformador. En un análisis del sistema, el aspecto importante de acondicionamiento de la potencia es la eficiencia de la conversión de energía e incorporación de pequeñas pérdidas de potencia en la eficiencia del ciclo. El acondicionamiento de la energía se encuentra típicamente en el orden de 94 a 97 %.

2.9 Las celdas de combustible hacia el siglo 21

La tarea es estimar y pronosticar el futuro del potencial de las celdas de combustible, en el cambio de un escenario de energía, representado por la creciente demanda de energía eléctrica debida al incremento de la población mundial y al desarrollo de los países en vías de desarrollo.

La economía y las normas ambientales puede decidir el destino de la tecnología de las celdas de combustible. En ambos casos como una tecnología en extensión, aplicable para compañías publicas debido a su costo elevado o solamente como un nicho tecnológico restringido para aplicaciones especiales.

El Electric Power Reseach Institute (EPRI), tuvo recientemente investigando la posibilidad de descentralizar la generación eléctrica, y publicar los resultados. La factibilidad de remplazar las turbinas de gas, motores a gas, motores a diesel con plantas de celdas de combustible, fue críticamente investigado. Celdas de combustible, baterías de almacenamiento, generación eólica y solar (como fuente de energía renovable) pueden ser combinadas como una red de computadora.

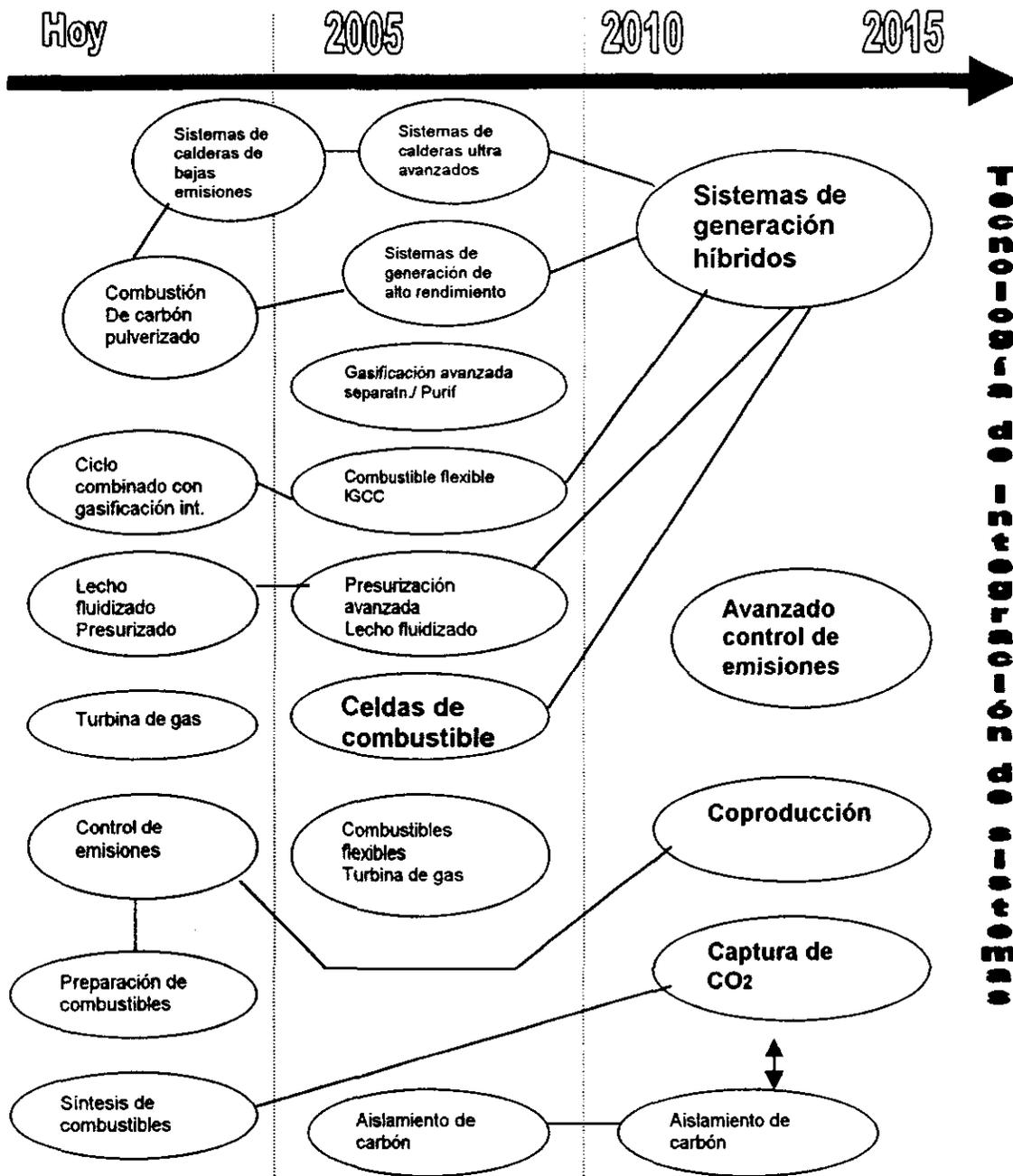
Al año se requiere de la reducción de diez millones de toneladas de emisiones de bióxido de azufre , además de reducir 2 millones de toneladas de emisiones de oxido de nitrógeno para el año 2000. La generación nuclear no se ha desarrollado, como se había previsto. Las celdas de combustible ayudaran en la generación de electricidad y en la transportación aérea. Las celdas de combustible obviamente tienen capacidad para emitir bajas cantidades de CO₂ por kWh. producido por el uso de combustibles derivados del petróleo y biomasa.

La generación central de electricidad con celdas de combustible suministrara energía a un amplio mercado, basadas en celdas de combustible integradas con gasificación de carbón (IGFC), en estaciones centrales de carga. Sin embargo, rendimiento, vida útil y costos estimados, pueden estar compitiendo con los sistemas existentes. Afortunadamente, la alta eficiencia y la mejor compatibilidad ambiental están a favor de las celdas de combustible.

Una tecnología capaz de producir electricidad limpia, será necesario de un precio razonable. Esto significa que el acumulador de electricidad puede ser mejorado, buscando una mejor utilidad. Las celdas de combustible, idealmente son mejores plantas de generación en tamaños de 50 kW a 1 MW, cuando las turbinas y motores a gas tienen un desempeño que no es eficiente..

Para aplicaciones en estaciones fijas de acuerdo a su rango de consumo se incluyen edificios de oficinas, hospitales, centros comerciales, bases militares, etc. En estos casos, el 80% del combustible usado puede ser alcanzado, comparado con el 35% de los métodos convencionales. Con el uso de reformadores, el gas natural tendrá una mayor disponibilidad y en el futuro será uno de los combustible preferidos. Muy pronto la PAFC será el sistema más apropiado para aplicaciones estacionarias. Estimaciones conservadoras consideran que la demanda en el año 2000 será alrededor de 20000 MW.

2.10 La generación de electricidad con las celdas de combustible en el futuro.



FUENTE: Visión 21. U. S. Department of Energy. Office of Fossil Energy & Federal Technology Center

La protección del medio ambiente, por encontrarse en una etapa en la cual se tiene que cumplir con estándares de protección ambiental, ha cambiado en gran medida los sistemas de generación de energía. Es por ello que el Departamento de energía de los Estados Unidos (DOE) hizo la anterior proyección de cara al siguiente milenio. El futuro de la utilización del petróleo como combustible para la generación de energía eléctrica ahora es mezclado con otros tipos de generación de energía como las celdas de combustible con lo cual se busca bajar la emisión de contaminantes y hacer más eficiente la producción de electricidad.

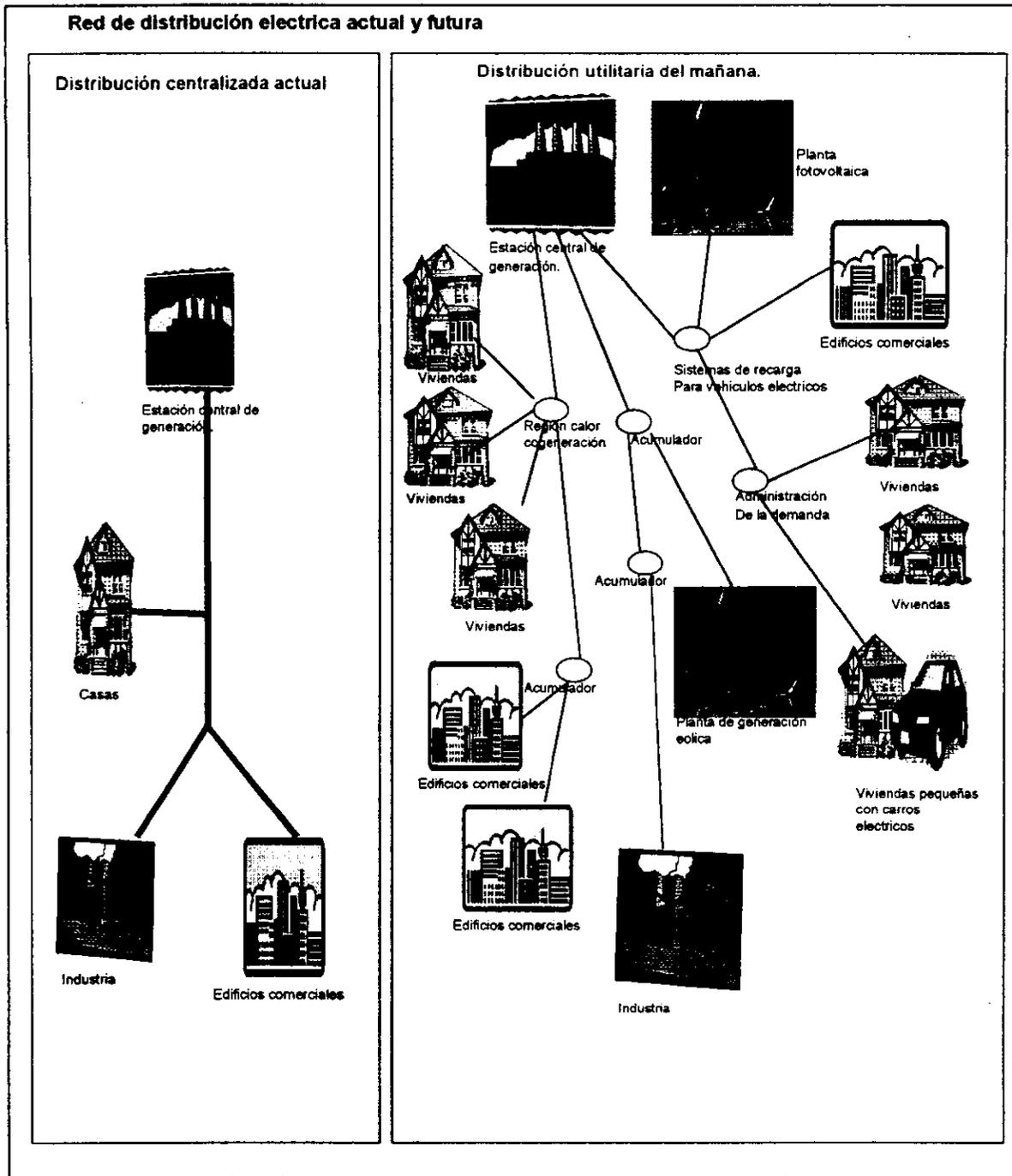


Figura 2.6. Comparación de red de distribución eléctrica actual y futura

La red de distribución actual tiene grandes pérdidas en las líneas de transmisión, debido a las distancias que existen de la central de generación a los lugares de consumo. En el futuro la red de distribución tendrá cambios como los mostrados en la figura anterior. Con este esquema de red de distribución se tendrán ahorros por pérdida en las líneas de transmisión, por lo tanto será más eficiente la producción y distribución de electricidad.

CAPITULO 3. EL MERCADO DE MEXICO PARA LAS CELDAS DE COMBUSTIBLE

El mercado para las celdas de combustible en nuestro país es muy variado, de acuerdo a las aplicaciones que se hicieron referencia anteriormente y el potencial que tienen en un futuro no muy lejano es muy atractivo, una de sus aplicaciones más importantes esta en la industria. En el futuro competirá fuertemente con los equipos convencionales de generación de energía eléctrica y con el motor de combustión interna, así como en el segmento de los autos.

3.1 Potencial a largo plazo de las celdas de combustible

El potencial de las celdas de combustible en el mundo según el Departamento de Energía de los Estados Unidos es el siguiente.

Tabla 7. Potencial de las celdas de combustible

Segmento de mercado	Capacidad típica (Mw)	Tamaño del mercado (Mw/año)	Opciones de competencia	Costo de instalación para Celdas de Combustible (dólares/Mw)
Alto valor de construcción comercial	0.2 - 2	10 - 125	Generación comercial Motor a diesel	1500 - 2500
Generación comercial amplia y Cogeneración.	0.2 - 2	125 - 250	Generación comercial Motor a diesel	100 - 1500
Distribución de electricidad	5 - 20	300 - 600	Turbina de gas de ciclo combinado Turbina de gas con recuperación Motor a diesel	1000 - 1500
Generación de electricidad pura	50 - 500	800 - 900	Turbina de gas de ciclo combinado Generación comercial	900 - 1500
Cogeneración industrial	5 - 200	100 - 200	Turbina de gas Generación comercial	600 - 1400
Estación central	100 - 500	1000 - 2000	Carbón pulverizado Combustión por circulación de lecho fluidizado Turbina de gas de ciclo combinado.	700 - 1100

FUENTE: Fuel Cell. U.S. Department of Energy. Federal Energy Technology Center.

3.2 Segmentación del mercado de las celdas de combustible

Por las particularidades que nos ofrecen las celdas estacionarias de combustible en la generación de energía, se realiza la siguiente tabla con la segmentación del mercado y la identificación de los nichos de mercado de acuerdo al mercado de México y de los beneficios que nos ofrecen las celdas de combustible.

Los mercados industriales pueden segmentarse, utilizando muchas variables que se emplean en la segmentación del mercado de consumo, como su geografía, beneficios que se buscan, algunas variables nuevas como las demográficas, consideradas las más importantes, seguidas por las variables de operación hasta llegar a las características personales del comprador.

Un nicho de mercado es un grupo definido en forma más estrecha que busca una combinación particular de beneficios. En la medida que se subdivide un mercado al introducir características más singulares, los segmentos tienden a convertirse en un conjunto de nichos.

Tabla 8. Segmentación del mercado y nichos de mercado de las celdas de combustible

SEGMENTOS DEL MERCADO	SEGURIDAD EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA	BAJA EMISION DE CONTAMINANTES	INACCESIBILIDAD A LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN	COMO PARTE DEL PROCESO DE LAS EMPRESAS.
NICHOS DEL MERCADO	Bancos y Aseguradoras Estadios Centros comerciales y de espectáculos Edificios de oficinas Hoteles Parques de diversiones Hospitales Aeropuertos Plantas de emergencia.	Generación de respaldo por parte de CFE y de CIA de LUZ, además de las compañías que deseen generar en ciudades que tengan problemas de contaminación (una opción muy buena para ciudades como el DF)	Centros ecoturísticos Electrificación de zonas apartadas	Cogeneración Autoabastecimiento

En esta investigación no se siguen los pasos convencionales de la investigación de mercados, porque se trata de un producto nuevo. Por lo tanto este estudio de mercado es exploratorio, con base en la segmentación y los nichos de mercado, según se mostró en la tabla anterior, únicamente se hará referencia a los nichos de mercado en los cuales, las celdas de combustible son un producto sustituto o simplemente son atractivas por sus características antes mencionadas.

3.3 Como parte del proceso de las empresas.

De acuerdo a la segmentación del mercado y de los nichos de mercado se describen los nichos de mercado de celdas de combustible en nuestro país.

3.3.1 Autogeneración

En este tipo de producción las empresas de cualquier parte del país podrán adquirir, establecer y operar plantas de generación eléctrica para la satisfacción de necesidades propias. La electricidad generada que exceda los requerimientos propios de suministro de la empresa debe ser vendida a CFE y esta deberá comprar dicha electricidad bajo los términos y condiciones acordados entre CFE y la empresa.

A continuación se hace referencia a empresas que tienen autogeneración, por lo que las celdas de combustible pueden ser usadas en el futuro como sustituto del equipo con el que están generando su electricidad.

Tabla 9. Empresas que generan su propia electricidad.

NUM	PERMISIONARIO	CAPACIDAD MW	ENERGETICO PRIMARIO	TECNOLOGIA	UBICACIÓN DE LA PLANTA
1	MINERA HECLA	2.80	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	SONORA
2	MINERA MANHATAN	2.73	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	CHIHUAHUA
3	PEP. PLATAFORMA CAYO ARCAS	1.57	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	CAMPECHE
4	PEP. COMPLEJO KUH	1.05	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	CAMPECHE
5	PEP. COMPLEJO REBOMBEO	1.94	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	CAMPECHE
6	COMPAÑIA MINERA EL BAZTAN	2.20	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	MICHOACAN
7	POLIMARA S.A. DE C.V.	0.85	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	TAMAULIPAS
8	ARANCIA CPC S.A. DE C.V.	21.30	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	QURETARO
9	RESIDUOS INDUSTRIALES MULTIQUM S.A. DE C.V	0.80	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	NUEVO LEON
10	PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN EK BALAM	22.91	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	CAMPECHE
11	TERMINAL DE PRODUCTOS ESPECIALIZADOS	2.89	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	TAMAULIPAS
12	ENERGIA Y AGUA PURA DE COZUMEL	25.71	COMBUSTOL EO	COMBUSTION INTERNA	QUINTAN ROO
13	PETROQUIMICA COSOLOACAQUE	59.20	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	VERACRUZ
14	PETROQUIMICA ESCOLIN S.A. DE C.V.	48.0	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	VERACRUZ

15	PGPB: COMPLEJO PROCESADOR DE GAS REYNOSA	6.0	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	TAMAULIPAS
16	PGPB: COMPLEJO PROCESADOR DE GAS LA VENTA	24.80	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	TABASCO
17	PGPB: COMPLEJO PROCESADOR DE GAS CIUDAD PEMEX	64	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	TABASCO
18	PGPB: PROCESADOR DE GAS AREA COATZACOALCOS	76.80	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	VERACRUZ
19	MINERA BISMARCK S.A. DE C.V.	3.20	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	CHIHUAHUA
20	BASF MEXICANA	10.60	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	TAMAULIPAS
21	BIMBO DEL NOROESTE S.A DE C.V.	1.66	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	SONORA
22	PEP: COMPLEJO MARINO DE PRODUCCIÓN AKALC	9.80	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	CAMPECHE
23	PEP: COMPLEJO MARINO PRODUCCIÓN AKAL-J	10.30	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	CAMPECHE
24	PEP: COMPLEJO MARINO DE PRODUCCIÓN AKAL-N	3.15	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	CAMPECHE
25	PEP: COMPLEJO MARINO DE PRODUCCIÓN AKAL-A	18.73	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	CAMPECHE
26	PEP: CENTRO DE PROCESO Y TRANS. DE GAS ATASTA	8.10	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	CAMPECHE
27	PEP: TERMINAL MARITIMA DOS BOCA	99.15	DIESEL	TURBINA DE GAS	TABASCO
28	DUIMICA DEL REY	16.20	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	COAHUILA
29	MINAS SAN LUIS S.A. DE C.V.	4.44	DIESEL	COMBUSTIÓN INTERNA	DURANGO
30	PROZUCAR S.A. DE C.V.	10.50	COMBUSTOL EO	COMBUSTION INTERNA	SINALOA
31	OSCA DE MEXICO	1.90	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	TABASCO

FUENTE: Permisos para la generación privada de electricidad. Comisión Reguladora de Electricidad.

La autogeneración de electricidad en nuestro país se realiza como se mostró con motores a diesel o combustoleo y turbinas a gas, emitiendo una gran cantidad de

emisiones contaminantes, problema que se agrava en las grandes ciudades. Por lo cual las celdas de combustible pueden ser un producto sustituto que nos ofrecen mejores eficiencias y baja emisión de contaminantes .

3.3.2 Cogeneración

La Cogeneración de energía, es la producción simultánea de energía eléctrica o mecánica y de energía térmica útil, a partir de una fuente de combustible, ha sido objeto de fuerte promoción en el mundo como una de las soluciones a la demanda creciente de energía, ya se trate de sistemas del sector público o privado, de esquemas que sirvan a un solo usuario o de aquellos que satisfacen a un conjunto de empresas. El crecimiento que está experimentando la aplicación de la Cogeneración es un factor importante al impulso de la investigación y desarrollos tecnológicos.

Las características de la celdas de combustible hacen posible su empleo en distintos campos de utilización de la energía, uno de ellos es la Cogeneración de energía, en la tabla 10 se hace referencia a las empresas que actualmente realizan actividad, describiendo también la capacidad en MW, el tipo de combustible utilizado, la ubicación y la tecnología con la cual están realizando la cogeneración.

Las ventajas más destacadas de las celdas de combustible frente a los equipos de Cogeneración disponibles actualmente se centran en cuatro aspectos: mayor eficiencia eléctrica, mínimo impacto ambiental, mayor flexibilidad y modularidad.

Tabla 10. Empresa que generan electricidad por Cogeneración.

NUM	PERMISIONARIO	CAPACIDAD MW	ENERGETICO PRIMARIO	TECNOLOGIA	UBICACION DE LA PLANTA
1	FABRICA LA ESTRELLA S.A. DE C.V.	8.38	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	COAHUILA
2	PRODUCTORA DE PAPEL S.A DE C.V.	9.23	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	NUEVO LEON
3	FERSINSA GISTBROCADES S.A. DE C.V.	5.30	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	COAHUILA
4	PRODUCTOS ECOLOGICOS S.A. DE C.V.	42.40	GAS RESIDUAL	TURBINA DE GAS	VERACRUZ
5	ALMIDONES MEXICANOS S.A. DE C.V.	12.0	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	JALISCO
6	INDUSTRIAS MONFEL S.A. DE C.V.	2.55	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	SAN LUIS POTOSI
7	CARTONES PONDEROSA S.A. DE C.V.	9.0	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	QUERETARO
8	TAZCOMEX S.A. DE C.V.	47.0	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	ESTADO DE MEXICO
9	ALBRIGHT & WILSON TROY DE MEXICO S.A. DE C.V.	6.25	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	VERACRUZ

10	PRITSA POWER S.A. DE C.V.	30.0	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	HIDALGO
11	CORRUGADOS LA ESTRELLA S.A. DE C.V.	26.27	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	HIDALGO
12	ACEITERA LA JUNTA S.A. DE C.V.	2.33	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	JALISCO
13	COMPANÍA ELECTRICA COZUMEL S.A. DE C.V.	29.50	COMBUSTO LEO	COMBUSTION INTERNA	QUINTANA ROO
14	MINERA MANHATTAN S.A. DE C.V.	2.73	DIESEL	COMBUSTION INTERNA	CHIHUAHUA
15	GENERAL TIRE S.A. DE C.V.	5.13	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	SAN LUIS POTOSI
16	ENERTEK S.A DE C.V.	120	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	TAMAULIPAS
17	PEGI S.A. DE C.V.	617.30	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	NUEVO LEON
18	ENERGIA BIDARENA S.A. DE C.V.	1.90	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	ESTADO DE MEXICO
19	PGPB: COMPLEJO PROCESADOR DE GAS CACTUS	120.70	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	CHIAPAS
20	PETROQUIMICA PAJARITOS S.A. DE C.V.	53.5	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	VERACRUZ
21	PAPELERA INDUSTRIAL POTOSINA S.A. DE C.V.	3.53	GAS NATURAL	TURBINA DE GAS	SAN LUIS POTOSI

FUENTE: Unidades generadoras en operación (Sistema Eléctrico Nacional 1998), CFE.

Una de las principales características de las celdas de combustible en la cogeneración de energía, es la utilización del gas residual, esto hace aumentar la eficiencia de la generación de electricidad y en general del proceso industrial.

3.4 Baja emisión de contaminantes

Uno de los problemas que sufre nuestro país en la generación de electricidad es la emisión de contaminantes, producto de los combustibles derivados del petróleo y la baja eficiencia de los equipos utilizados. Actualmente se realizan grandes esfuerzos por bajar emisiones de contaminantes, a esos esfuerzos se les podría agregar la utilización de celdas de combustible para la generación de electricidad. Las siguientes tablas se indican los equipos que actualmente se utilizan en CFE para la generación de electricidad en nuestro país y en el futuro se podrían remplazar por las celdas de combustible.

3.4.1 Generación a turbogas de CFE.

En la tabla 11, se describen los generadores a turbogas existentes en nuestro país.

Tabla 11. Generadores turbogas en México

NOMBRE	NUM	UNIDADES	CAPACIDAD MW	COMBUSTIBLE	ESTADO DE LA REPUBLICA	AÑO DE OPERACIÓN
CHANKANAAB	1	1	14.0	DIESEL	Q. ROO	1968
CHANKANAAB	2	2	14.0	DIESEL	Q. ROO	1968
LAS CRUCES	3	1	14.0	DIESEL	GRO	1969
XUL-HA	4	4	14.0	DIESEL	Q. ROO	1969
LAS CRUCES	5	2	14.0	DIESEL	GRO	1970
CHAVEÑA	6	1	14.9	DIESEL	CHIH	1970
LA LAGUNA	7	2	14.0	GAS Y DIESEL	DGO	1970
LA LAGUNA	8	1	14.9	GAS Y DIESEL	DGO	1970
CABORCA	9	1	14.0	DIESEL	SON	1970
UNIVERSIDAD	10	1	14.0	GAS	N. L.	1970
FUNDIDORA	11	1	14.0	GAS Y DIESEL	N. L.	1971
CHAVEZ	12	1	14.9	GAS Y DIESEL	COAH	1971
ESPERANZAS	13	1	14.0	DIESEL	COAH	1971
UNIVERSIDAD	14	2	14.0	GAS	N.L.	1971
CHAVEZ	15	2	14.9	GAS Y DIESEL	COAH	1971
CHINUANUA	16	1	15.3	DIESEL	CHIH	1972
CHINUANUA	17	2	16.3	DIESEL	CHIH	1972
NONOALCO	18	2	32.0	GAS Y DIESEL	GRO	1972
NONOALCO	19	1	32.0	GAS Y DIESEL	GRO	1972
CD OBREGON	20	1	16.0	DIESEL	SON	1972
VALLE DE MEXICO	21	4	28.0	GAS Y DIESEL	MEX	1972
LEONA	22	2	14.0	GAS	N.L.	1972
LEONA	23	1	14.0	GAS	N.L.	1972
VALLE DE MEXICO	24	3	32.0	GAS Y DIESEL	MEX	1972
VALLE DE MEXICO	25	2	28.0	GAS Y DIESEL	MEX	1972
CD OBREGON	26	2	16.8	DIESEL	SON	1972
LECHERIA	27	2	32.0	GAS Y DIESEL	MEX	1972
LECHERIA	28	3	32.0	GAS Y DIESEL	MEX	1972
LECHERIA	29	1	32.0	GAS Y DIESEL	MEX	1972
EL VERDE	30	1	26.0	DIESEL	JAL	1973
LAS CRUCES	31	3	15.5	DIESEL	GRO	1973
LA LAGUNA	32	4	15.5	GAS Y DIESEL	DGO	1973

CANCUN	33	1	14.0	DIESEL	Q. ROO	1974
TECNOLOGICO	34	1	30.0	DIESEL	N.L.	1974
MEXICALI	35	1	31.2	DIESEL	B.C.N	1974
PARQUE	36	1	14.9	DIESEL	CHIH	1974
CANCUN	37	2	14.0	DIESEL	Q. ROO	1975
MONCLOVA	38	1	23.5	GAS Y DIESEL	COAH	1975
NONOALCO	39	3	44.2	GAS Y DIESEL	D.F.	1975
NONOALCO	40	4	44.2	GAS Y DIESEL	D.F.	1976
LA LAGUNA	41	3	15.5	GAS Y DIESEL	DGO	1976
MEXICALI	42	3	20.65	DIESEL	B.C.N.	1977
MEXICALI	43	2	20.85	DIESEL	B.C.N.	1977
LECHERIA	44	4	44.0	GAS Y DIESEL	MEX	1977
LA PAZ	45	1	20.65	DIESEL	B.C.S	1977
LA PAZ	46	2	27.43	DIESEL	B.C.S.	1977
INDUSTRIAL	47	1	20.0	DIESEL	CHIH	1977
PARQUE	48	2	20.0	DIESEL	CHIH	1977
CHIHUHUA	49	4	20.0	DIESEL	CHIH	1980
PARQUE	50	5	30.0	DIESEL	CHIH	1980
NVO LAREDO	51	1	14.0	DIESEL	TAMPS	1980
MONCLOVA	52	2	31.0	GAS Y DIESEL	COAH	1980
NVO LAREDO	53	2	14.0	DIESEL	TAMPS	1980
CHIHUAHUA	54	3	20.0	DIESEL	CHIH	1980
CULIACAN	55	1	30.0	DIESEL	SIN	1980
XUL-HA	56	1	14.0	DIESEL	Q.ROO	1980
PARQUE	57	3	14.0	DIESEL	CHIH	1980
PARQUE	58	4	30.0	DIESEL	CHIH	1980
MONCLOVA	59	3	31.0	GAS Y DIESEL	COAH	1980
CANCUN	60	3	30.0	DIESEL	Q. ROO	1981
MERIDA II	61	3	30.0	DIESEL	YUC	1981
NIZUC	62	1	50.0	DIESEL	Q.ROO	1981
NIZUC	63	2	50.0	DIESEL	Q. ROO	1981
CANCUN	64	5	60.0	DIESEL	Q. ROO	1981
CIPRES	65	1	27.0	DIESEL	B.C.N	1981
CABORCA	66	2	30.0	DIESEL	SON	1981
TIJUANA	67	2	40.0	DIESEL	B.C.N	1982
CIPRES	68	2	27.5	DIESEL	B.C.N	1982
TIJUANA	69	1	31.0	DIESEL	B.C.N	1982
CABORCA	70	3	30.0	DIESEL	SON	1983
CD	71	1	33.2	DIESEL	B.C.S	1984
CONSTITUCION						
CD DEL CARMEN	72	1	14.0	DIESEL	CAMP	1986
NACH-COCOM	73	3	30.0	DIESEL	YUC	1987
CHANKANAAB	74	4	30.0	DIESEL	Q. ROO	1990
EL SAUZ	75	5	150	GAS	QRO	1998
HERMOSILLO	76		150.0	GAS	SON	1998

FUENTE: Unidades generadoras en operación (Sistema Eléctrico Nacional 1998), CFE.

La dificultad más importante para los generadores a turbogas es el año de operación, la mayoría de ellos ha rebasado su vida útil, por lo tanto sería una buena oportunidad para emplear nuevas tecnologías de generación de electricidad en nuestro país, ofreciéndonos eficiencias más altas y con menor emisión de contaminantes.

3.4.2 Generación mediante combustión interna en CFE

La tabla 12 se citan los generadores que utiliza actualmente CFE para generar electricidad y que operan por lo general en lugares apartados y en horas pico.

Tabla 12 Generadores de combustión interna en CFE.

NUM	NOMBRE	UNIDADES	CAPACIDAD MW	COMBUSTIBLE	ESTADO	AÑO DE OPERACIÓN
1	MEXICALI	1	1.5	DIESEL	BCN	1966
2	MEXICALI	2	1.5	DIESEL	BCN	1967
3	HUICOT	10	0.05	DIESEL	NAY	1973
4	HUICOT	4	0.05	DIESEL	NAY	1967
5	HUICOT	13	0.03	DIESEL	NAY	1969
6	HUICOT	1	0.05	DIESEL	JAL	1969
7	ESMERALDA	1	0.259	DIESEL	COAH	1970
8	ESMERALDA	1	0.259	DIESEL	COAH	1971
9	HUICOT	12	0.050	DIESEL	NAY	1971
10	HUICOT	3	0.03	DIESEL	NAY	1971
11	HUICOT	7	0.03	DIESEL	NAY	1971
12	ESMERALDA	3	0.10	DIESEL	COAH	1971
13	VILLA CONSTITUCION	4	3.2	DIESEL	BCS	1971
14	VILLA CONSTITUCION	5	3.2	DIESEL	BCS	1972
15	HUICOT	14	0.25	DIESEL	NAY	1976
16	HUICOT	10	0.05	DIESEL	JAL	1973
17	HUICOT	11	0.05	DIESEL	NAY	1973
18	HUICOT	2	0.05	DIESEL	NAY	1973
19	HUICOT	8	0.05	DIESEL	NAY	1973
20	HUICOT	9	0.08	DIESEL	NAY	1974
21	HUICOT	6	0.1	DIESEL	NAY	1974
22	SANTA ROSALIA	4	1.08	DIESEL	BCS	1975
23	HUICOT	15	0.03	DIESEL	NAY	1975
24	SANTA ROSALIA	5	3.2	DIESEL	BCS	1975
25	SANTA ROSALIA	7	1.540	DIESEL	BCS	1975
26	SANTA ROSALIA	6	1.540	DIESEL	BCS	1975
27	VILLA CONSTITUCION	8	3.2	DIESEL	BCS	1975
28	VILLA CONSTITUCION	7	3.2	DIESEL	BCS	1976
29	YECORA	1	0.25	DIESEL	SON	1977
30	GUERRERO NEGRO	1	0.8	DIESEL	BCS	1982
31	GUERRERO NEGRO	2	0.8	DIESEL	BCS	1982
32	ESMERALDA	4	0.350	DIESEL	COAH	1982

33	SANTA ROSALIA	5	1.020	DIESEL	BCS	1982
34	SANTA ROSALIA	8	1.5	DIESEL	BCS	1982
35	SANTA ROSALIA	12	1.5	DIESEL	BCS	1982
36	GUERRERO NEGRO	10	1.5	DIESEL	BCS	1982
37	HOLBOX	1	0.32	DIESEL	Q. ROO	1982
38	HOLBOX	2	0.25	DIESEL	Q. ROO	1982
39	HOLBOX	3	0.20	DIESEL	Q. ROO	1982
40	YECORA	3	0.850	DIESEL	SON	1982
41	GUERRERO NEGRO	3	0.80	DIESEL	BCS	1985
42	HUICOT	5	0.25	DIESEL	NAY	1982
43	ESMERALDA	5	0.25	DIESEL	COAH	1986
44	YECORA	2	0.250	DIESEL	SON	1987
45	OLACHEA	1	32.5	COMB Y DIESEL	BCS	1991
46	OLACHEA	2	32.5	COMB Y DIESEL	BCS	1992

FUENTE: Unidades generadoras en operación (Sistema Eléctrico Nacional 1998), CFE.

Para este tipo de generadores de electricidad, las celdas de combustible son una buena opción, porque la mayoría de estos equipos son para satisfacer demandas de punta y la electrificación de lugares apartados. La mayoría de estos generadores ha rebasado su vida útil, por lo tanto las celdas de combustible se vuelven una opción excelente, ofreciéndonos grandes beneficios como el de modularidad y flexibilidad, para satisfacer la demanda requerida, además de los beneficios descritos con anterioridad.

3.4.3 Emergencia de CFE (Combustión interna Móvil)*

La generación de electricidad de zonas apartadas o de zonas con altas demandas, requiere de plantas de emergencia, para asegurar el suministro de energía a los usuarios. La tabla 13 se muestra las plantas de emergencia que tiene CFE.

Tabla 13. Unidades de emergencia de CFE.

NUM	NOMBRE	UNIDADES	CAPACIDAD MW	COMBUSTIBLE	ESTADO	AÑO DE OPERACIÓN
1	PENAL ISLAS MARIAS	2	0.5	DIESEL		1958
2	PENAL ISLAS MARIAS	1	0.5	DIESEL		1958
3	ISLA HOLBOX	4	0.5	DIESEL		1958
4	PENAL ISLAS MARIAS	3	0.5	DIESEL		1960
5	GUERRERO NEGRO	6	1.0	DIESEL		1962
6	NICARAGUA	1	1.0	DIESEL		1962
7	GUERRERO NEGRO	5	1.0	DIESEL		1963
8	TALLER	9	1.0	DIESEL		1965

	PLANTAS MOVILES					
9	GUERRERO NEGRO	7	1.0	DIESEL		1965
10	GUERRERO NEGRO	15	2.5	DIESEL		1966
11	PETACALCO	1	1.5	DIESEL		1966
12	MANZANILLO	1	1.5	DIESEL		1967
13	NICARAGUA	2	1.0	DIESEL		1967
14	SANTA ROSALIA	2	2.5	DIESEL		1967
15	GUERRERO NEGRO	9	1.5	DIESEL		1967
16	SANTA ROSALIA	3	2.5	DIESEL		1968
17	GUERRERO NEGRO	16	2.5	DIESEL		1969
18	GUERRERO NEGRO	12	2.5	DIESEL		1970
19	SANTA ROSALIA	1	2.5	DIESEL		1976
20	GUERRERO NEGRO	1	2.5	DIESEL		1976
21	LERMA	1	2.5	DIESEL		1976

* La ubicación de estas unidades no es fija, depende de las necesidades del servicio

FUENTE: Unidades generadoras en operación (Sistema Eléctrico Nacional 1998), CFE.

Al igual que los anteriores, estas unidades de generación de emergencia sirven para satisfacer demandas de punta y electrificar lugares apartados. La vida útil de estos equipos ya ha sido rebasada por ello sería muy benéfico que se utilizaran las celdas de combustible, con su modularidad y flexibilidad permitirían satisfacer la demanda requerida, asegurando el suministro de energía eléctrica.

3.4.4 Baja capacidad de CFE*

Estos generadores son de baja capacidad, por lo general por debajo de 1 Mw. Algunas de ellas son transportables y se usan en lugares que requieren de un suministro especial.

Tabla 14. Unidades generadoras de baja capacidad de CFE.

NUM	NOMBRE	UNIDADES	CAPACIDAD Mw	COMBUSTIBLE	ESTADO	AÑO DE OPERACIÓN
1	LOS PINOS	1	0.8	DIESEL		
2	EDIFICIO RODANO	1	0.3	DIESEL		
3	TALLER DE PLANTAS MOVILES	6	0.150	DIESEL		
4	CABO SAN LUCAS	1	0.150	DIESEL		
5	MUSEO TECNOLOGICO	1	0.150	DIESEL		
6	TALLER DE PLANTAS MOVILES	7	0.3	DIESEL		
7	TALLER DE PLANTAS MOVILES	8	0.150	DIESEL		
8	P.H. EL CAJON	2	0.150	DIESEL		
9	P.H. EL CAJON	2	0.150	DIESEL		
10	XUL-HA	1	0.150	DIESEL		
11	CANCUN	1	0.05	DIESEL		
12	AGUAMILPA	1	1.5	DIESEL		
13	CHANKANAAB	1	0.05	DIESEL		
14	ALMACEN TENAYUCA	1	0.150	DIESEL		
15	AGUAMILPA	2	0.5	DIESEL		
16	COZUMEL	1	0.05	DIESEL		

* La ubicación de estas unidades no es fija, depende de las necesidades del servicio

FUENTE: Unidades generadoras en operación (Sistema Eléctrico Nacional 1998), CFE.

Estas unidades sirven para dar servicio a lugares que no pueden quedarse sin energía eléctrica, lo principal es seguridad y calidad del servicio, las celdas de combustible pueden dar sin ningún problema, además de ofrecemos mejores eficiencias y seguridad de suministro de energía.

3.5 Inaccessibilidad a las líneas de transmisión

Desde hace mucho tiempo existe la generación de electricidad en zonas apartadas, sobre todo con generadores diesel como una forma de autoabastecimiento o plantas de emergencia para asegurar la confiabilidad del suministro eléctrico.

Para la generación distribuida aislada en lugares apartados con pequeñas demandas, los sistemas fotovoltaicos, eólicos, híbridos (fotovoltaicos/eólicos), y las pequeñas centrales hidroeléctricas. Las celdas de combustible en el futuro serán la tecnología que otorgue mejores perspectivas económicamente viables, debido a las características que nos ofrecen, como la modularidad y flexibilidad, dependiendo de la capacidad que se requiera satisfacer. Uno de los problemas a resolver a futuro son los combustibles usados, se tendrá que tener mucho cuidado en la transportación del hidrogeno, metanol u otro combustible.

3.5.1 Centros ecoturísticos

Los obstáculos a los que se ha enfrentado lo dueños de los centros ecoturísticos no son pocos; desde modificar el estilo de vida de las personas que los administran hasta invertir en plantas de energía eléctrica que alimenten el sistema eléctrico del centro ecoturístico porque en las comunidades donde se encuentran se carece de estos servicios.

Por esto los centros ecoturísticos es un nicho de mercado para las celdas de combustible, por las características que tienen las celdas de combustible y que las hacen atractivas para estos centros.

Tabla 15. Centros ecoturísticos en México.

NUM	NOMBRE	TIPO	COMBUSTIBLE	ESTADO	AÑO DE OPERACIÓN
1	SAN JOSE EL HUEYATE	CENTRO ECOTURISTICO		CHIAPAS	
2	ESCUDO JAGUAR	CENTRO ECOTURISTICO		CHIAPAS	
3	ARA MACAO	CENTRO ECOTURISTICO		CHIAPAS	
4	MISOL-HA	CENTRO ECOTURISTICO		CHIAPAS	
5	SNA AJAW	CENTRO ECOTURISTICO		CHIAPAS	
6	SANTO DOMINGO	CENTRO ECOTURISTICO		CHIAPAS	
7	LAGUNA VERDE	CENTRO ECOTURISTICO		CHIAPAS	
8	BARRANCAS DE HUIRACHI	CENTRO ECOTURISTICO		CHIHUAHUA	
9	PARAISO PEÑITAS	CENTRO ECOTURISTICO		CHIHUAHUA	
10	CUEVA DE LEONES	CENTRO		CHIHUAHUA	

11	AREREKO	ECOTURISTICO CENTRO ECOTURISTICO		CHIHUAHUA	
12	HOSTAL OTEVIACHI	CENTRO ECOTURISTICO		CHIHUAHUA	
13	BARRANCA DEL COBRE	SENDERO Y SERVICIOS		CHIHUAHUA	
14	MARJATA	CENTRO ECOTURISTICO		MICHOACAN	
15	ISLA YUNUEN	CENTRO ECOTURISTICO		MICHOACAN	
16	ASELOTZIN	CENTRO ECOTURISTICO		PUEBLA	
17	SANTA MARIA DE LOS COCOS	CENTRO ECOTURISTICO		QUERETARO	
18	BOTADERO SAN PASTOR	CENTRO ECOTURISTICO		Q. ROO	
19	TETAJIOSA	CENTRO ECOTURISTICO		SONORA	
20	GOMEZ FARIAS	SENDERO Y SERVICIOS		TAMAULIPAS	

FUENTE. Periódico Reforma, 23 de Mayo de 1999. Sección De Viaje.

Lo importante de la posible aplicación a estos centros ecoturísticos, es que las celdas de combustible ofrecen beneficios muy acordes con la ecología, como la baja emisión de contaminantes, además de ofrecemos seguridad en el suministro de energía eléctrica, modularidad y flexibilidad para satisfacer la potencia demandada.

Uno de los problemas que se vislumbran será la disponibilidad de los combustible según sea el caso.

3.5.2 Electrificación de zonas rurales.

De la población total de México en 1990, alrededor del 70% vivía en zonas urbanas, caracterizada por poblaciones con más de 2500 habitantes cada una; el resto era población rural. Siete estados de la República (Veracruz, México, Oaxaca, Chiapas, Puebla, Michoacán, y Guanajuato), concentran al 50% de la población rural total del país. Estados como Baja California, Coahuila, México, Morelos, y Nuevo León, tienen menos de un 20% de su población asentada en comunidades rurales. Por el contrario, en los estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Zacatecas, el 60% o más de la población vive en zonas rurales.

El grado de electrificación en las zonas rurales del país varía dependiendo del tamaño de la localidad, su grado de dispersión, la existencia de caminos, la cercanía a las líneas de distribución, y la topografía del terreno.

Como observa en la siguiente tabla, el grueso de las comunidades rurales cae en los rangos de menos de 500 habitantes, no así el número de personas asentadas en ellas.

Tabla 16. Población rural en México en 1990.

Rango de población	Total		Sin electrificar	
	Numero de localidades (miles)	Numero de personas (millones)	Numero de localidades (miles)	Numero de personas (millones)
1000 – 2500	5.1	7.6	0.02	1.3
500 – 1000	8.6	6.0	0.3	1.6
100 – 500	32.5	7.8	7.9	3.6
10 – 100	46.5	1.8	27.1	1.3
< 10	62.0	0.4	43.8	0.4
Total	154.7	23.6	79.2	8.2

FUENTE: Integración de mercados. XII curso sobre la planificación energética. P. 117. 1994

Estudios de campo han demostrado que el consumo eléctrico en muchas comunidades rurales ya electrificadas por extensión de red es menor de lo que originalmente se esperaba que fuera.

En electrificación rural México es uno de los líderes, ya que se han instalado a la fecha 36,000 pequeños sistemas aislados a nivel nacional, formados por módulos fotovoltaicos, una batería tipo automotriz, un controlador electrónico de carga y lámparas eficientes; estos sistemas se instalan en comunidades remotas.

Se han instalado también una docena de sistemas centralizados, pero aislados de la red eléctrica nacional, sistemas que van desde 10 a 200 Kw. en plantas híbridas fotovoltaico/eólicas que alimentan un banco de baterías con o sin respaldo de diesel, o pequeñas centrales hidroeléctricas, que suministran el servicio eléctrico a comunidades rurales a través de una red local de distribución. Se han energizado también más de 8000 teléfonos rurales con sistemas fotovoltaicos.

La mayoría usa electricidad básicamente para alumbrado doméstico y de entretenimiento, principalmente a través de la radio. Más aún, la disponibilidad de electricidad ha probado no ser una condición suficiente para promover el desarrollo de tales comunidades: una vez que la electricidad se introduce, poca gente la utiliza para actividades realmente productivas.

Para pequeñas aplicaciones de iluminación la tecnología de celdas de combustible se perfila como una de las mejores opciones para abastecer electricidad a comunidades rurales alejadas de la red eléctrica, con cargas eléctricas pequeñas y dispersas. Conforme bajen los costos de la tecnología y su desarrollo avance, las oportunidades de aplicación crecen.

Desde el punto de vista estrictamente tecnológico, la modularidad de los sistemas de energía que presentan las celdas de combustible, permite concebir una variedad de esquemas de electrificación, desde muy pequeños (40 – 50 watts) para iluminación básica de viviendas individuales, hasta los sistemas centralizados de varias decenas de kilowatts, para electrificar comunidades enteras mediante una pequeña red local de distribución, o bien la combinación de estos. La elección entre unos y otros depende de muchos factores, entre ellos se incluyen los patrones de demanda, el tamaño de la carga, el grado de dispersión de la comunidad, y parámetros socioculturales, económicos y ambientales de la localidad.

Lo importante en la electrificación de zonas rurales con celdas de combustible es que se puede dar este servicio con ellas dependiendo de la cantidad de habitantes, además se protegería la zona por la baja emisión de contaminantes.

3.6 Seguridad en el suministro de energía.

Uno de los problemas que se tienen en las empresas de servicios, es la seguridad en el suministro de energía. A continuación se señalan las empresas que a futuro serán el mercado de las celdas de combustible, esto como suministro seguro de energía o como plantas de emergencia.

3.6.1 Bancos

En este tipo de negocios, la energía eléctrica es de vital importancia, porque casi todas sus actividades están ligadas a su consumo, además de los servicios de los cajeros automáticos. La falta de electricidad, produce grandes pérdidas a los bancos. En la tabla 17 se listan los nombres de los bancos y sus sucursales.

Tabla 17 Bancos comerciales en México.

NOMBRE	OFICINAS	NO. PERSONAL	ACTIVIDAD	SUCURSALES
Banco Promex	Guadalajara	3428	Banca múltiple	197
Banca Mifel	México D.F	180	Banca múltiple	3
Banco Serfin	Monterrey	12206	Banca múltiple	560
Banco Anahuac	México D.F	100	Banca múltiple	3
Banco Capital	México D.F	183	Banca múltiple	183
BBV	México D.F	6943	Banca múltiple	549
Banco de Oriente	Puebla	1156	Banca múltiple	1156
Banco del Bajío	León Gto	150	Banca múltiple	8
Banco del Atlántico	México D.F	4661	Banca múltiple	189
Banco del Sureste	México D.F	268	Banca múltiple	27
Banco Inbursa	México D.F	318	Banca múltiple	5
Banco Interacciones	México D.F	130	Banca múltiple	1
Banco Industrial	Guadalajara	500	Banca múltiple	13
Banco Interestatal	Culiacán Sin	366	Banca múltiple	22
Banco Internacional (BITAL)	México D.F	17558	Banca múltiple	1533
Banco Invex	México D.F	150	Banca múltiple	3
Banco Inverlat	México D.F	10338	Banca múltiple	342
JP MORGAN	México D.F	53	Banca múltiple	1
Banco Mercantil del Norte (BANORTE)	Monterrey N.L	5641	Banca múltiple	235
Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT)	México D.F	1742	Banca de desarrollo	38
Banco Mexicano Somex	México D.F	6879	Banca múltiple	230
Banco Nacional de Comercio Interior (BNCI)	México D.F	2887	Banca de desarrollo	132
Banco Nacional de Crédito Rural (BANRURAL)	México D.F	7986	Banca de desarrollo	249
Banco Nacional de Obras y Servicios	México D.F	1883	Banca de	

Públicos (BANOBRAS)			desarrollo	
Banco Nacional de México (BANAMEX)	México D.F	30079	Banca múltiple	1271
Banco Nacional del Ejército, Fuerza Aérea y Armada (BANEJERCITO)	México D.F	1195	Banca múltiple de desarrollo, sociedad nacional de crédito	63
Banco Obrero	México D.F	868	Banca múltiple	25
BANCOMER	México D.F	25385	Banca múltiple	1357
Banco Santander de México	México D.F	5406	Banca múltiple	359
BANCRECER	México D.F	3717	Banca múltiple	539
Banco del Noroeste (BANORO)	Culiacán Sin.	2636	Banca múltiple	230
BANPAIS	Monterrey N.L	2637	Banca múltiple	160
CITIBANK MEXICO	México D.F	4675	Banca múltiple	248
CONFIA	México D.F	4602	Banca múltiple	308
IXE BANCO	México D.F	130	Banca múltiple	2
NACIONAL FINANCIERA	México D.F	2475	Sociedad Nacional de Crédito	64
Banca Afirme	Monterrey N. L.	89	Banca múltiple	2
Banca Quadrum	México D.F	256	Banca múltiple	1
Chase Manhattan Bank México	México D.F	50	Banca múltiple	1
Banco Alianza	México D.F	57	Banca múltiple	1
Banco Promotor del Norte	México D.F	100	Banca múltiple	8
Bank of America	México D.F	50	Banca múltiple	1
ING Bank	México D.F	50	Banca múltiple	1
Fuji Bank	México D.F	50	Banca múltiple	1
Republic National Bank of New York	México D.F	40	Banca múltiple	1
Banco del Centro	México D.F	1301	Banca múltiple	70

FUENTE: Mercamétrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

El uso de las celdas de combustible tendría muchos beneficios para este tipo de servicios porque se lograría un servicio seguro y además que los bancos generalmente se encuentran en grandes ciudades, esto ayudaría a bajar la contaminación. Se supone que los bancos tienen unidades de emergencia que por lo regular son a diesel, este dato no se pudo obtener, debido a que no se tiene un registro en México de ellos.

3.6.2 Aseguradoras:

Al igual que los bancos, las actividades de las aseguradoras están ligadas al consumo de energía eléctrica. La seguridad en su suministro es muy importante, porque con ello se evita la pérdida de grandes cantidades de dinero. En la tabla 18, se citan las aseguradoras de nuestro país.

Tabla 18. Aseguradoras en México.

NOMBRE	OFICINAS	NO. PERSONAL	ACTIVIDAD	SUCURSALES
Aseguradora Hidalgo	México D.F	708	Institución nacional de seguro sobre la vida	n.d
ABA Seguros	Garza Garcia N.L.	240	Institución de seguros	n. d
Afianzadora Insurgentes	México D.F	380	Institución de fianzas	n.d
Agrosemex	Querétaro, Qro	1063	Institución de ganaderos y agrícolas	n.d
Aseguradora Obrera	México D.F	136	Institución de seguros	n.d
Aseguradora AIG	México D.F	520	Institución de seguros (autos, vida accidentes, enfermedades y daños)	n. d
Anglo Mexicana de seguros	México D.F	150	Institución de seguros de todo tipo	5
Allianz México	México D.F	248	Institución de seguros de todo tipo	n.d
Aseguradora Interacciones	México D.F	247	Institución de seguros	3
La Latinoamericana Seguros	México D.F	185	Institución de seguros de vida accidentes y enfermedades	n.d
Reaseguradora Patria	México D.F	63	Reaseguradora en todos los ramos	n.d
General de Seguros	México D.F	337	Institución de seguros	11
Seguros BBV-Probursa	México D.F	166	Institución de seguros	4
Seguros Genesis	México D.F	270	Institución de seguros	6
Seguros CIGNA	México D.F	55	Institución de seguros	n.d
Seguros la Territorial	México D.F	280	Institución de seguros de todo	n.d

			tipo	
Reaseguro Alianza	México D.F	150	Reaseguradora	n.d
Seguros Atlas	México D.F	373	Institución de seguros de todo tipo	13
Seguros Banpais	México D.F	100	Institución de seguros	n.d
Seguros Renamex	México D.F	70	Institución de seguros	n.d
Seguros Serfin	México D.F	167	Institución de seguros	n.d
Seguros Inbursa	México D.F	1525	Institución de seguros	n.d
Seguros Comercial America	México D.F	3200	Institución de seguros (accidentes, vida, medico, daños, etc)	47
Seguros Monterrey Aetna	México D.F	2518	Institución de seguros (autos, vida, accidentes, enfermedades y daños)	n.d
Seguros Tepeyac	México D.F	777	Institución de seguros (daños, vida, accidentes)	n.d
Alexander & Alexander Mex. Agentes de Seguros y Fianzas	México D:F	250	Corredores de seguros y fianzas, servicios actuariales.	1
PHILLIPS; Agente de Seguros	México D.F	100	Agentes de Seguros	1

FUENTE: Mercamétrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

El principal uso de la energía eléctrica en los bancos y en las aseguradoras es para las computadoras, equipo de logística e iluminación, siendo la base para la realización de sus labores diarias.

3.6.3 Tienda departamentales.

En este tipo de negocios, la energía eléctrica es usada en la logística, la iluminación, cajas de cobro, aparatos eléctricos, conservación de productos, etc., por lo tanto, la seguridad de suministro es trascendental y las celdas de combustible tendrán una nicho de mercado muy atractivo.

Tabla 19. Tiendas departamentales en México.

NOMBRE	OFICINAS	ACTIVIDAD	SUCURSALES	
			PROVINCIA	TOTAL
AURRERA S.A	México D.F	Cadena de tiendas departamentales	34	127
Almacenes Garcia	México D.F	Cadena de ropa y variedades	20	7
Azcuncanga Hermanos	Monterrey N.L	Cadena de tiendas de autoservicio	10	10
Centros de Descuento Viana	México D.F	Venta de muebles y enseres domésticos	4	27
Centros Comerciales Soriana	Monterrey N.L.	Cadena de tiendas de autoservicio.	56	56
SAMS Club	México D.F	Cadena de tiendas	36	38
Compañía Hermanos Vazquez	México D.F	Tiendas departamentales	4	4
Comercial Mexicana	México D.F	Cadena de tiendas de autoservicio	65	94
D'ÉROPE Muebles	México D.F	Venta de muebles	4	9
LIVERPOOL	México D.F	Tiendas departamentales	4	11
GIGANTE S.A	México D.F	Cadena de tiendas de autoservicio y bodegas	143	187
EL PALACIO DE HIERRO	México D.F	Tienda de departamentos	0	5
HOME MART MEXICO	México D.F	Cadena de tiendas de materiales para la construcción	0	6
KMART MEXICO	México D.F	Cadena de tiendas de autoservicio	1	4
PRICE CLUB DE MEXICO	México D.F	Cadena de tiendas de descuento	10	13
SANBORNS HERMANOS	México D.F	Cadena de restaurantes y tiendas	32	68
SALINAS Y ROCHA (SYR)	México D.F	Tiendas departamentales	94	117
SEARS ROEBUCK DE MEXICO	México D.F	Tiendas de departamentos	37	48
SUPERMERCADOS S.A (SUMESA)	México D.F	Cadena de tiendas de autoservicio	0	17
TIENDAS CHEDRAHUI S.A	Jalapa Ver.	Cadena de tiendas de autoservicio	25	38
ISSSTESTIENDAS	México D.F	Cadena de tiendas para empleados	236	261

		del sector público		
WAL MART	México D.F	Cadena de tiendas de autoservicio	12	18
WOOLWORTH MEXICANA	México D.F	Cadena de tiendas de departamentos	22	28
Office Depot	México D. F.	Venta de artículos de oficina	n.d	n.d
Ofix	México D.F	Papelería, artículos de oficina	n.d	n.d
Unidad Comercial de Todo (De Todo)	México D.F	Cadena de tiendas de autoservicio	0	2
Muebles DICO	México D.F	Cadena de mueblerías	3	11
Telas Junco	México D.F	Ventas de Telas	1	7
JC Penney Operadora	México D.F	Cadena de tiendas de departamentos	2	3
Sistemas de Tiendas UNAM (TIENDAS UNAM)	México D.F	Tiendas de Autoservicio	0	3
Sistema Nacional de Tiendas IMSS-SNTSS (Tiendas IMSS)	México D.F	Cadena de tiendas de autoservicio	139	149

FUENTE: Mercamétrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

Las celdas de combustible se presentan como una gran oportunidad para satisfacer dichos requerimientos de electricidad ofreciéndonos seguridad en el suministro de energía, además de que son silenciosas en su funcionamiento.

3.6.4 Hoteles

Es de suma importancia para los hoteles sobre todo los de 5 estrellas, ofrecer seguridad en suministro de energía eléctrica en sus instalaciones, sus principales aplicaciones son la iluminación, la logística llevada en el hotel y los servicios que se ofrecen dentro de los cuartos (TV., refrigerador, microondas, aire acondicionado, etc.).

Tabla 20. Hoteles de cinco estrellas en México.

NOMBRE	OFICINAS	NO. PERSONAL	ACTIVIDAD	SUCURSALES
Camino Real Mazatlán	Mazatlán Sin	236	Hotel	1
Hotel Camino Real Puerto Vallarta	Puerto Vallarta Jal.	300	Hotel	1
Hotel Brisas Ixtapa	Ixtapa- Zihuatanejo	n.d	Hotel	1
Hotel Calinda Cancún	Cancún Q. Roo	261	Hotel	1
Hotel Royal Pedregal	México D.F	305	Hotel	1
Hotel Camino Real Guadalajara	Zapopan Jal.	380	Hotel	1
Hotel Caracol	Ixtapa- Zihuatanejo	326	Hotel	1
Hotel Aristos	México D.F	n.d	Hotel	1
Hotel Kristal	México D.F	303	Hotel	1
Hotel Continental Plaza Vallarta	Puerto Vallarta Jal	n.d	Hotel	1
Inmobiliaria Cancún Caribe	Cancún Q. Roo	n. d	Hotel (Hyatt Cancún y Caribe Villas & Resort)	2
Inversiones Turísticas del Caribe.	Cozumel Q. Roo	347	Empresa de servicios hoteleros	n.d
Hotel Plazas las Glorias	Puerto Vallarta Jal	300	Hotel	1
Promotora Dinatur de Sonora	Hermosillo Sonora	212	Hotel (Fiesta Americana)	1
Westin Galeria Plaza	México D.F	335	Hotel	1
Real Turismo (Camino Real)	México D.F	2351	Grupo Hotelero	10
Hoteles Presidente	México D.F	2408	Grupo Hotoero	n.d
Grupo Posadas (Promotora Mexicana de Hoteles)	México D.F	6690	Grupo Hotelero	n.d.
Grupo Hotelero Brisas	México D.F	1461	Grupo Hotelero	n.d
Inversiones ECA (Hotel Ambassador Camino Real)	Monterrey N.L	340	Hotel	1
Operadora Turística y Hotelera Playa Sabalo (Hotel El Cid Mega Resort)	Mazatlán Sin.	650	Operación de Hoteles, bares y discotecas	1
Organización IDEAL	México D.F	130	Hoteles	2

			(Acapulco Princess y Pierre Marques)	
Posadas de México	México D.F	230	Cadena de Hoteles	2
Prestadora y Arrendadora de Bienes y Servicios Hoteleros	Cancún Q. Roo	496	Hotel	1
Promotora de Desarrollo Turístico	Monterrey N.L.	n.d	Hotel (Crown Plaza Monterrey)	1
Promotora Turística Mexicana (Hotel Krystal Puerto Vallarta)	Puerto Vallarta Jal.	587	Hotel	1
Promotora Playa Mar (Hotel Continental Plaza Cancún)	Cancún Q. Roo	400	Hotel	1
Servimar (Hotel Marriot Aeropuerto)	México D.F	385	Hotel	1
SITINVEST	Guadalajara Jal.	5714	Hoteles	n.d
Grupo Costamex	México D.F	1100	Grupo Hotelero	n.d
Grupo Calinda (Hoteles Calinda)	México D.F	1473	Grupo Hotelero	n.d
Grupo El Cid Mega Resort	Mazatlán Sin	n. d.	Grupo Hotelero	n.d

FUENTE: Mercametrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

Las celdas de combustible tendrán en el futuro una gran oportunidad para ofrecer este suministro para este tipo de servicios.

3.6.5 Hospitales

El suministro de electricidad a los hospitales se encuentra dentro de las prioridades para el sector eléctrico de cualquier país del mundo, es de suma importancia el suministro a hospitales porque están en juego la vida de las personas.

Tabla 21. Hospitales privados en México.

NOMBRE	OFICINAS	NO. PERSONAL	ACTIVIDAD	SUCURSALES
Hospital Angeles del Pedregal	México D.F	n.d	Hospital	3
Hospital Infantil de México	México D.F	n.d	Hospital	1
Medica Sur	México D.F	n.d	Hospital	1
Hospital ABC	México D.F.	n.d.	Hospital	1
Clínica Londres	México D.F	n.d	Hospital	1

FUENTE: Mercamétrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

Tabla 22. Infraestructura física por institución de salud del sector público.

INSTITUCIÓN	TOTAL DE UNIDADES	CONSULTA EXTERNA	HOSPITALIZACIÓN		
			TOTAL	GENERAL	ESPECIALIDAD
Total	17109	16194	915	754	161
Población abierta	13233	12828	455	358	97
SSA 1/	9255	8890	365	270	95
IMSS- Sol	3607	3539	68	68	0
Universitarios	7	0	7	5	2
Cruz Roja	313	299	14	14	0
INI	101	100	1	1	0
Población Derechohabiente	3826	3366	460	396	64
IMSS	1755	1499	256	215	41
ISSSTE	1212	1114	98	87	11
PEMEX	206	183	23	15	8
SDN	330	299	31	29	2
SM	160	132	28	27	1
Estatal 2/	163	139	24	23	1

1/ : Incluye información del ISSDF, de la SSA, y de los Institutos nacionales de salud.

2/ : Incluye información del Sistema de Transporte Colectivo (METRO).

FUENTE: DGEI, Boletín de Información Estadística No. 17, Vol. 1, 1997

3.6.6 Cines y teatros.

La industria del entretenimiento en nuestro país cada día tiene más importancia, la falta de suministro de energía eléctrica, se refleja en pérdidas económicas para estas empresas. Consideramos que tienen plantas de emergencia actualmente, este dato no se pudo obtener.

Tabla 24. Salas de cines y teatros en México.

NOMBRE	OFICINAS	NÓ. PERSONAL	ACTIVIDAD	NO. DE SALAS
Cadena Mexicana de Exhibición	México D.F	n.d	Cadena de salas cinematográficas	n.d
Compañía Operadora de Teatros (COTSA)	México D.F	1800	Exhibición de películas en salas cinematográficas	25
Servicio CINEMARK de México (CINEMARK)	México D.F	n.d	Cadena de salas cinematográficas	n.d
Organización Ramirez	México D.F	n.d.	Cadena de salas cinematográficas	n.d

FUENTE: Mercamétrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

El empleo de las celdas de combustible, les ayudaría a cines y teatros tener mayor seguridad en los espectáculos que ofrecen.

3.6.7 Televisoras y Telefónicas.

En la tabla 25 se describen las empresas de televisión y de telefonía que actualmente operan en nuestro país.

Tabla 25. Empresas de Televisión y de Telefonía en México.

NOMBRE	OFICINAS	NO. PERSONAL	ACTIVIDAD	SUCURSALES
Avance en Telecomunicaciones de Latinoamérica (AVANTEL)	México D.F	n.d	Servicio telefónico de larga distancia	n.d.
Comunicaciones Celulares de Occidente	Zapopan Jal.	149	Telefonía celular	n.d
IUSACELL	México D.F	n.d	Telefonía celular	n.d
Servicio Alestra (ALESTRA)	México D.F	n.d	Telefonía celular	n.d
Teléfonos de México TELMEX	México D.F	48,810	Servicio Telefónico	n.d
TELEVISA	México D.F	n.d	Estaciones de Televisión	n.d
TV AZTECA	México D.F	800	Estaciones de Televisión	n.d
Teléfonos del Noroeste (TELINOR)	Tijuana B.C.	1357	Servicio Telefónico	n.d
Radio Móvil DIPSA TELCEL	México D.F	n.d	Telefonía celular	n.d

FUENTE: Mercamétrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

Al igual que los cines y teatros, las televisoras y las empresas de telefonía, dependen mucho su funcionamiento al suministro seguro de la electricidad, para que funcionen sin ningún contratiempo, la falla en el suministro de este les trae pérdidas de grandes proporciones en sus operaciones.

La aplicación de las celdas de combustible en sus instalaciones, será de gran utilidad, al ofrecer un suministro de energía eléctrica seguro y certidumbre en las operaciones que realizan diariamente.

3.6.8 Edificios de Oficinas.

En la tabla 26 se mencionan algunos de los edificios de oficinas existentes en nuestro país (no están todos, porque fue difícil encontrar esa información). Lo más importante, estos edificios serán en un tiempo no muy lejano un nichos de mercado de las celdas de combustible, que seguramente estarán operando en México.

Tabla 26. Edificios de corporativos en México.

NOMBRE	OFICINAS	NO. PERSONAL	ACTIVIDAD	SUCURSALES
Compañía Mexicana de Aviación (MEXICANA DE AVIACIÓN)	México D.F	6499	Línea de aviación comercial	n.d
Ferrocarriles de México FNM	México D.F	47703	Ferrocarriles	n.d
Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR)	México D.F	n.d	Desarrollo de centros turísticos y financiamiento.	n.d
ORACLE de México	México D.F	160	Programas de Computo para desarrollo de bases de datos	1
Prestaciones Mexicanas (SODEXHO)	México D.F	600	Empresa emisora de vales	1
Ruiz Urquiza y CIA	México D.F	1200	Servicio de contaduría y consultoría	1
Transportación Marítima Mexicana TMM	México D.F	106,411	Transporte marítimo internacional de carga	n.d
Transportes Aéreos Ejecutivos TAESA	México D.F	3200	Línea aérea comercial	n.d

FUENTE: Mercamétrica. Empresas medianas y grandes. 1997.

Para los edificios de oficinas, la electricidad es de suma importancia para realizar sus labores diarias. Sus aplicaciones principales son la iluminación, el uso en equipo de trabajo, equipo de logística y el aire acondicionado. La seguridad en el suministro que nos evitara los cortes de energía que se presentan cuando llueve o por accidente (lo que generalmente ocurre), nos evitara grandes pérdidas en oficinas o empresas. Las celdas de combustible son un producto sustituto para proporcionarnos electricidad segura en oficinas o edificios, evitando cualquier contratiempo.

3.5.9 Aeropuertos

La tabla 27 se mencionan los aeropuertos de nuestro país, algunos de carácter nacional o internacional.

Tabla 27. Aeropuertos Administrados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (1997)

ESTADO	AEROPUERTOS	TIPO
Aguascalientes	Aguascalientes	Internacional
BCN	Mexicali Tijuana	Internacional Internacional
BCS	La Paz Loreto San José del Cabo	Internacional Internacional Internacional
Campeche	Campeche Ciudad del Carmen	Internacional Nacional
Coahuila	Torreón	Internacional
Colima	Colima Manzanillo	Nacional Internacional
Chiapas	Tapachula Tuxtla Gutiérrez	Internacional Nacional
Chihuahua	Chihuahua Ciudad Juárez	Internacional Internacional
Distrito Federal	Internacional de la Ciudad de México	Internacional
Durango	Durango	Internacional
Guanajuato	Bajío	Internacional
Guerrero	Acapulco Zihuatanejo	Internacional Internacional
Hidalgo	-	-
Jalisco	Guadalajara Puerto Vallarta	Internacional Internacional
México	Toluca	Internacional
Michoacán	Morelia Ururapan	Internacional Nacional
Morelos	Cuernavaca	Nacional
Nayarit	Tepic	Nacional
Nuevo León	Monterrey	Internacional
Oaxaca	Oaxaca Puerto Escondido Bahías de Huatulco	Internacional Nacional Internacional
Puebla	Puebla Tehuacan	Internacional Nacional
Querétaro	Querétaro	Internacional
Quintana Roo	Cancún Chetumal Cozumel	Internacional Internacional Internacional
San Luis Potosí	San Luis Potosí Tamuín	Internacional Nacional
Sinaloa	Culiacán Los Mochis Mazatlán	Internacional Internacional Internacional
Sonora	Ciudad Obregon	Internacional

	Guaymas Hermosillo Nogales	Internacional Internacional Internacional
Tabasco	Villahermosa	Internacional
Tamaulipas	Ciudad Victoria Matamoros Nuevo Laredo Reynosa Tampico	Nacional Internacional Internacional Internacional Internacional
Tlaxcala	Tlaxcala	Nacional
Veracruz	Minatitlan Poza Rica Veracruz	Nacional Nacional Internacional
Yucatán	Mérida	Internacional
Zacatecas	Zacatecas	Internacional

TOTAL 58 Aeropuertos: 13 nacionales, 45 internacionales.

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Los aeropuertos deben tener seguridad en el suministro de energía eléctrica enfocándose actualmente dentro de las prioridades del sector eléctrico nacional. Es muy importante en el futuro, la utilización de celdas de combustible de gran capacidad, debido al gran consumo de electricidad existente en los aeropuertos.

CONCLUSIONES

El principal problema de las celdas de combustible actualmente es su alto costo, pero a medida que la producción en serie, el consumo masivo, las mejoras en los materiales usados en su fabricación, serán más accesibles para utilizarlas en la generación de electricidad y otros usos.

Las celdas de combustible serán de gran utilidad para la generación de electricidad, por lo tanto, la importancia en las acciones a tomar dentro de las instituciones de gobierno y las universidades, tendrán mucha importancia, para lograr buenos resultados en la utilización futura de las celdas de combustible.

Entre las instituciones que tendrán un papel relevante en este proceso están la Comisión para el Ahorro de Energía (CONAE), la Secretaría de Energía (SE), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), el Instituto de Ingeniería, Petróleos Mexicanos (PEMEX), en la realización de programas y planes para la utilización en el futuro de las celdas de combustible, así como la realización de eventos para dar a conocer la tecnología y los beneficios de las celdas de combustible. Actualmente no existe plan alguno en nuestro país para la aplicación de las celdas de combustible en edificios públicos o privados, u otra aplicación. Sin embargo en otros países como Estados Unidos, Alemania, Japón o Canadá, existen planes para investigación y la aplicación de las celdas de combustible en varios sectores, como sería el automotriz, el tecnológico, generación de electricidad, submarinos, barcos, trenes, etc.

En las universidades se tiene que fomentar los proyectos de investigación, que generen mejoras en las utilización y funcionamiento de las celdas de combustible porque el potencial será cada día mayor, por lo que México se está quedando rezagado en la investigación de las celdas. Es importante la realización de proyectos en las universidades públicas y privadas, así como realizar convenios con las armadoras de vehículos en nuestro país, haciendo más eficiente la investigación a generar.

El hidrógeno en los próximos años se convertirá en un combustible de gran importancia compitiendo con los derivados del petróleo, el gas natural, el gas LP y otros, por lo tanto es importante tener la visión de poner más atención a este combustible, porque será un negocio de mucha importancia. Se debe de realizar más estudios sobre la factibilidad de producir hidrógeno en nuestro país, así como su almacenamiento y distribución.

A partir del año 2000 en la Ciudad de México circularán 10 autobuses con celdas de combustible, donados por la ONU, este hecho puede aprovecharlo la UNAM para hacer proyectos de investigación dando a conocer los beneficios ofrecidos por las celdas de combustible buscando otras aplicaciones en México.

El mercado potencial de las celdas de combustible es muy grande y variado, cumpliendo con las expectativas de potencia y de emisión de contaminantes que se requiere en nuestro país. Lo que hace falta es la difusión de esta tecnología hacia los mercados que están dirigidas las celdas, combinándose con la falta de recursos para investigación además de la falta de interés por esta tecnología.

Una aplicación muy importante en PEMEX será el integrar las celdas de combustible para autogeneración en los procesos de refinación, la cantidad de hidrógeno producida es considerable y normalmente se quema o se utiliza para la hidrodesulfurización. Utilizando el hidrógeno producido en estos procesos, se podrá generar electricidad, y el gas residual se podrá utilizarlo en otro proceso que requiera de gas con altas temperaturas.

Otra forma de clasificar a las celdas de combustible es la que se muestra a continuación. Esta clasificación será de gran utilidad en el futuro, porque se muestra a las celdas de combustible de forma más sencilla, de acuerdo a su potencia que se requiera suministrar.

	Capacidad típica (MW)	Costo de instalación para Celdas de Combustible (dólares/MW)	Opciones de competencia	Generadores en México
Plantas de emergencia	0.2 - 2	1500 - 2500	Generadores comerciales Motor a diesel	Plantas de emergencia de CFE, LFC, y plantas de emergencia de edificios, negocios y otros Plantas generadoras de CFE Centros ecoturísticos y electrificación rural
Autogeneración Cogeneración.	0.2 - 2	100 - 1500	Generadores comerciales Motor a diesel	Empresas con autogeneración (tabla 7) Plantas generadoras de CFE Hospitales
Generación de electricidad de baja potencia Cogeneración	5 - 50	1000 - 1500	Turbina de gas de ciclo combinado Turbina de gas con recuperación Motor a diesel	Empresas con autogeneración (tabla 7) Empresas con cogeneración (tabla 8) Plantas generadoras de CFE Aeropuertos
Generación de electricidad media potencia Cogeneración	50 - 200	900 - 1500	Turbina de gas de ciclo combinado Turbina de vapor Generación comercial	Plantas generadoras de CFE y las nuevas plantas generadoras por parte de la iniciativa privada
Generación de electricidad de alta potencia Cogeneración	200 - 500	600 - 1400	Turbina de gas Turbina de vapor Hidroeléctrica Carbón pulverizado Combustión por circulación de lecho fluidizado Turbina de gas de ciclo combinado	Plantas generadoras de CFE y las nuevas plantas generadoras por parte de la iniciativa privada

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

La utilización de las celdas de combustible en la UNAM, se utilizaran donde actualmente se encuentran las subestaciones de transmisión, con el fin de utilizar la red de distribución existente en la universidad, aunque existen puntos en los cuales debido a los beneficios y características de las celdas de combustible su aplicación sería exitosa, estos sitios son el estadio de fútbol, las salas de computo, museos, los institutos de investigación. Para esto se deben de tener los registros de consumo de energía eléctrica, para que sus aplicación sea más exitosa.

ANEXO 1 Generalidades sobre investigación de mercados.

Segmento de mercado

Son grupos extensos susceptibles de ser identificados. Por lo regular estos atraen numerosos competidores.

Nicho de mercado

Es un grupo definido en forma más estrecha, que busca una combinación particular de beneficios. En la medida que se subdivide un mercado al introducir características más singulares, los segmentos tienden a convertirse en un conjunto de nichos.

Todo mercado contiene pequeños espacios que por sus dimensiones o requerimientos especiales pueden ser servidos en forma ventajosa por empresas nuevas o de recursos limitados, ya que dichos espacios están fuera del alcance o carecen de interés para rivales más poderosos.

Segmentación de mercados industriales

Los mercados industriales pueden segmentarse, utilizando muchas variables que se emplean en la segmentación del mercado de consumo, como su geografía, beneficios que se buscan, algunas variables nuevas como las demográficas, consideradas las más importantes, seguidas por las variables de operación hasta llegar a las características personales del comprador.

Principales variables de segmentación para mercados industriales

Demográficas

- Industria. En cuales industrias debemos de enfocarnos
- Tamaño de la industria. En que tamaño de empresas debemos de enfocarnos
- Lugar. En que zonas geográficas debemos enfocarnos.

Variables operativas

- Tecnología
- Estado del usuario
- Capacidades del cliente

Enfoques de compra

- Organización de función de compra
- Estructura de poder
- Naturaleza de las relaciones existentes
- Políticas generales de compra
- Criterios de compra

Factores de situación

- Urgencia
- Aplicación específica
- Tamaño de pedido

Características personales

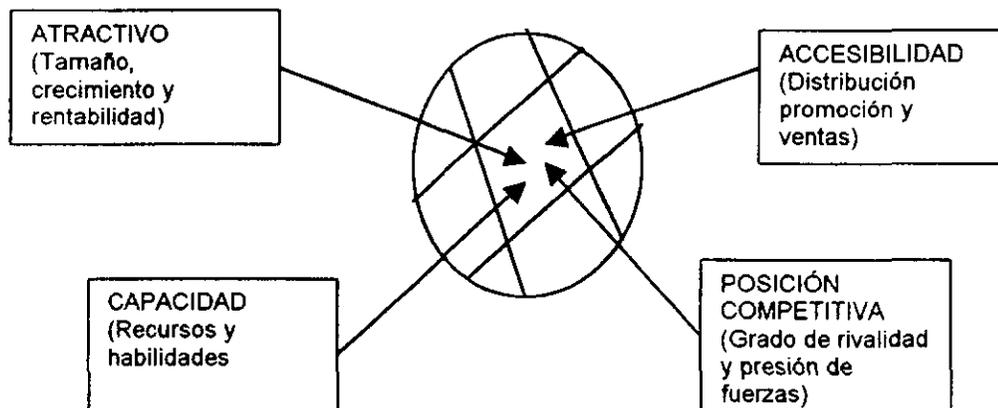
- Similitud entre comprador y vendedor
- Actitud hacia el riesgo
- Lealtad

En general las empresas industriales identifican segmentos de mercado a través de un proceso secuencial de segmentación.

Mercado meta

El mercado meta está representado por el segmento (o grupo de segmentos) hacia el que se decide dirigir la atención de la empresa, decisión que se apoya los criterios

Criterios para la selección del mercado



GLOSARIO

AC	Corriente alterna
AFC	Celda de combustible alcalina
DC	Corriente directa
DMFC	Celda de combustible de metanol directo.
MCFC	Celda de combustible de carbón fundido
PAFC	Celda de combustible de ácido fosforico
PEM	Celda de combustible de intercambio protónico
SOFC	Celda de combustible de óxido sólido

REFERENCIAS

- Fundamentos y técnicas de investigación comercial. Grande Esteban Idelfonso. Abascal Fernández Elena. Editorial ESIC. 1995
- Las Armas del Estratega. Fuentes Zenón Arturo. 1998
- Dirección de Mercadotecnia. Kotler Philip. Editorial Pretice Hall. 1996.
- Ventaja Competitiva. Michael E. Porter. Editorial CECSA. 1997
- Fuell Cells and their Applications. Kordesh K. Simander. VCH Press NY USA. Republic of Germany. 1996.
- Rivero, R. LAS CELDAS DE COMBUSTIBLE Y SUS PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN EN PROCESOS DE REFINACIÓN DE PETRÓLEO. Revista del IMIQ (ISSN: 0188-7319). Año XXXVIII, Vol. 11-12, Noviembre-Diciembre 1997. Pp.18-

REFERENCIAS DE INTERNET

- Air products & Chemichals. <http://www.airproducts.com/corp/spring98/road.htm>
- Alliance to Save Energy. <http://www.ase.org>
- Allied Signal
- Analytic Power Generation.
- Argonne National Laboratory. <http://www.anl.gov>
- Aspen Systems <http://www.aspensystems.com/products.html>
- ATP Alliance Network. <http://www.atp.nist.gov/alliance/>
- ATP Colaboration Bulletin Board.
<http://www.atp.nist.gov/hypermeous/collaboration.html>
- Ballard Power Systems, Inc.
- Clean fuels and Electric vehicles report. <http://www.energy-futures.com>
- DAIS Corporation.
- Depatment of Defense Fuel Cell Demonstration Program.
<http://www.dodfuelcel.com/index.html>
- Electric Power Research Institute
- Electrifying Time. <http://www.electrifyingtimes.com>
- ElectroChem, Inc.
- Electro -Chem Technic
- Energy Efficiency/Renewable Energy Network. <http://www.eren.doe.gov/>
- Energy Partners, Inc. <http://www.energypartners.org>
- Energy Research Corp.
- E-sources Fuel Cells Sources <http://www.e-sources.com/fuelcell.html>
- Fernández, Arturo y Arriaga, Luis. " Hidrógeno, el combustible del futuro". CIE-UNAM. Página de CONAE. 22 de Marzo de 1999. <http://www.conae.gob.mx>.
- Federal Energy Technology Center. <http://fetc.doe.gov>
- Federal Technology Alerts
- Fuel Cells 2000 <http://www.fuelcells.org/>
- Fuel Cell Commercialization Group <http://www.tccorp.com/fccg/>
- Fuel Cell Internet Information System. <http://www.ds-leipzig.de/fuelcell.html>
- Fuel Cell World <http://members.aol.com/fuelcells/>
- Gas Research Institute
- General Newsletter
<http://www.dri.edu/General/Newsletter/1998/summer1998/fuels.html>

Gridwatch http://www.gridwatch.com/guide/fuel_cells/
Gridwise Power Guide. <http://www.gridwise.com>
H Power, Inc.
Hydrogen and the Materials of a Sustainable Energy Future.
<http://education.lanl.gov/RESOURCE/h2/>
Hydrogen & Fuel Cell Letter. <http://mhv.net/~hfcletter/>
Hydrogen Energy Center. <http://www.h2eco.org/>
Hydrogen InfoNet. <http://www.erem.doe.gov/hydrogen/infonet.html>
Hydrogenies Corporation
HyWeb. <http://www.hyweb.de/index-e.html>
International Fuel cells <http://www.internationalfuelcells.com>
National Hydrogen Association. <http://www.ttcorp.com/nha/index.htm>
National Fuel Cell Research Center (NFCRC). Colloquium 1999. Página WEB
National Renewable Energy Laboratory. <http://www.nrel.gov>
Natural Gas Week. <http://www.naturalgas.org/FUELCELL.HTM>
Oak Ridge National Laboratory. <http://www.ornl.gov>
ONSI Corporation
Powerball
Refractories and Industrial Ceramics <http://www.ceramics.co.uk/index.html>
San Diego Earth Times <http://www.sdearthtimes.com/et0598/et0598s14.html>
Sánchez Dirzo Rafael. "Chan K'iin: Las Fuentes de las Energías Renovables".
UNAM Zaragoza, Ingeniería Química. Página de CONAE. 22 de Marzo de
1999. <http://www.conae.gob.mx>.
Scientific American. Página WEB. De enero de 1999.
Small-scale Fuel Cell Commercialization Group. Inc.
<http://www.oge.com/sgccg/sfccg.htm>
South Coast Air Quality Management District. <http://www.aqmd.gov/>
Southern California Gas. 1999. USA. Página WEB
U.S.DOE Federal Energy Technology Center
<http://www.fetc.doe.gov/products/power/fuelcells/overview.html>
U.S. Fuel Cell Council. <http://www.usfcc.com/>
World Fuel Cell Council. <http://members.aol.com/fuelcells/>

